ÉTUDE DE L'EXTENSION DU RÉSEAU HTA/BT/EP DE LA RÉGION DU TONKPI : CAS DE LA LOCALITÉ DE BIANKOUMA

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER

SPÉCIALITÉ : GÉNIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 20/01/2026 par

Abdoul Salame MOHA (20211015)

Encadrant 2IE : **ING. Ahmed ZONGO, enseignant au département GEEI, en Génie Electrique, Froid et Climatisation**

Maître de stage : **Désiré KOFFI, Responsable d'affaires**

Structure d'accueil du stage : VINCI-Energies CI / OMEXOM Distribution

Jury d'évaluation du stage :

Président :	Pr. Y. Moussa SORO
Membres et correcteurs :	Ing. Delbon NTUMBA
	Ing. Justin BASSOLE

Promotion [2025/2026]

DEDICACES

Je dédie ce travail à toute la grande famille MOHA SAÏDOU.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons tout d'abord notre profonde gratitude au Directeur Général de l'institut 2IE, professeur El Hadji DIAW, ainsi qu'au professeur Yrébégnan Moussa SORO, chef du département Génie Électrique, Énergétique et Industriel.

Nous adressons également nos sincères remerciements à Monsieur Ahmed ZONGO, notre encadrant interne pour son accompagnement constant, ses conseils avisés et son appui tout au long de la rédaction de ce mémoire. Ses orientations ont été précieuses pour enrichir notre compréhension du sujet.

Notre reconnaissance va aussi à l'entreprise OMEXOM DISTRIBUTION CI, et tout en particulier à son chef d'entreprise Monsieur MINOUNGOU Mahamoud, pour l'occasion offerte d'effectuer notre stage au sein de sa structure.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à notre maître de stage, Monsieur Désiré KOFFI, à Monsieur KOUASSI Gatien pour leur aide, conseils pertinents, qui nous ont permis de mener à bien ce travail de manière structurée et d'améliorer nos compétences en distribution électrique.

Enfin, nos remerciements vont à l'endroit de toutes les personnes, aussi modeste soit leur contribution, ayant participé à l'amélioration du contenu de ce mémoire.

RÉSUMÉ

Ce mémoire porte sur l'étude de l'extension du réseau électrique HTA/BT/EP dans la région du Tonkpi, précisément dans la commune de Biankouma, dans le cadre du programme national NEDA visant à améliorer l'accès à l'électricité en zones rurales. L'objectif principal est de proposer un planning de réalisation des travaux à travers une étude technico-économique complète, incluant le dimensionnement électrique et mécanique des lignes, l'évaluation des coûts et l'analyse des impacts environnementaux et sociaux.

Les études électriques ont permis d'évaluer les besoins énergétiques des sept (7) quartiers concernés et de définir les solutions techniques adaptées. Les résultats prévoient l'installation de six (6) transformateurs de puissances 100 et 160 kVA, ainsi que de deux (2) transformateurs de 250 kVA. Les lignes HTA seront construites avec de l'Almélec de section 54,6 mm², tandis que les réseaux BT avec des câbles torsadés PRC de 70 mm² et 150 mm². Par ailleurs, l'étude mécanique, validée à l'aide du logiciel CAMELIA, confirme la conformité des flèches, des gardes au sol et des efforts admissibles sur les supports, présentant un taux de similitude de 89,37 % par rapport à l'étude analytique.

Après étude, les résultats obtenus prévoient la construction de 3,645 km de lignes HTA et de 51,868 km de lignes BT. Le coût global des travaux est estimé à 706 559 569,14 FCFA pour une durée d'exécution de huit (8) mois et vingt-six (26) jours. Enfin, une notice d'impact environnemental et social a été élaborée afin d'anticiper les effets du projet sur le milieu naturel et humain, tout en proposant des mesures d'atténuation adaptées, dans une logique de développement durable et inclusif au bénéfice des populations locales.

Mots Clés :

1 – Extension de réseau

2 - HTA/BT/EP

3 – Biankouma

4 - Étude technico-économique

5 - CAMELIA

ABSTRACT

This thesis focuses on the study of the extension of the MV/LV/PL (Medium voltage/Low voltage/Public lighting) electrical grid in the Tonkpi region, specifically in the municipality of Biankouma, within the framework of the national NEDA program aimed at improving access to electricity in rural areas. The main objective is to propose a work implementation schedule through a comprehensive techno-economic study, including the electrical and mechanical sizing of the lines, cost evaluation, and analysis of environmental and social impacts.

The electrical studies made it possible to assess the energy needs of the seven (7) neighborhoods concerned and to define appropriate technical solutions. The results indicate the installation of six (6) transformers with power ratings of 100 and 160 kVA, as well as two (2) transformers of 250 kVA. The MV lines will be constructed with Almelec cables with a cross-section of 54.6 mm², while the LV networks will use PRC twisted cables of 70 mm² and 150 mm². Furthermore, the mechanical study, validated using CAMELIA software, confirms the conformity of the deflections, ground clearances, and permissible loads on the supports, showing a similarity rate of 89.37% compared to the manual study.

Following the study, the results obtained indicate the construction of 3.645 km of high-voltage (HV) lines and 51.868 km of low-voltage (LV) lines. The overall cost of the works is estimated at 706,559,569.14 FCFA for an execution period of eight (8) months and twenty-six (26) days. Finally, an environmental and social impact assessment has been prepared to anticipate the project's effects on the natural and human environment, while proposing appropriate mitigation measures, within a framework of sustainable and inclusive development for the benefit of local populations.

Keywords :

1 – Grid extension

2 – MV/LV/PL

3 – Biankouma

4 - Techno-economic study

5 – CAMELIA

LISTES DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

Al : Aluminium

AFNOR : Association française de normalisation

BT : Basse tension

CA : Console d'ancrage

CAMELIA : Calcul mécanique des lignes aériennes

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

CI : Côte d'Ivoire

CI-ENERGIES : Côte d'Ivoire ENERGIES

CIE : Compagnie Ivoirienne d'électricité

EAS : Ensemble d'Ancrage Simple

EAD : Ensemble d'Ancrage Double

EN : Norme européenne

EP : Eclairage public

Ens : Ensemble

HTA : Haute tension catégorie A

IACM : Interrupteur aérien à commande manuelle

IAT : Interrupteur aérien télécommandé

LED : Light-Emitting Diode

NEDA : National d'électrification, de développement et d'accès à l'électricité

NFC : Norme française

PA : Pince d'ancrage

PBA : Poteau béton armé

PRC : Polyéthylène réticulé chimiquement

Tfo : Transformateur

u : unité

UTE : Union technique de l'électricité

LISTE DES UNITÉS

Ω : ohm

A : ampère

daN : décanewton

Hz : Hertz

km/h : kilomètre par heure

kV : kilo volt

kVA : kilo volt ampère

kW : kilo watt

lm : lumen

m : mètre

mm² : millimètre carré

VA : Volt Ampère

W : watt

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX **3**
LISTE DES FIGURES **5**
INTRODUCTION **6**
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET **7**
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 7
II. PRESENTATION DU PROJET 9
CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LES RÉSEAUX ELECTRIQUES DE DISTRIBUTION HTA/BT **12**
I. RÉSEAU DE DISTRIBUTION HTA 12
II. POSTE DE TRANSFORMATION HTA/BT 16
III. RÉSEAU DE DISTRIBUTION BT [4] 17
CHAPITRE III : MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION **20**
I. METHODE DE REDACTION 20
II. OUTILS D'AIDE 22
CHAPITRE IV : ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE **23**
A. ÉTUDE DES LIGNES HTA **23**
I. ÉTUDE ÉLECTRIQUE 23
II. ÉTUDE MÉCANIQUE 30
B. ÉTUDE DES LIGNES BT **47**
I. DIMENSIONNEMENT ÉLECTRIQUE 47
II. DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE 49
C. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE D'ÉCLAIRAGE PUBLIC **52**
D. ÉTUDE ÉCONOMIQUE DU PROJET **55**
CHAPITRE V : PLANIFICATION DES TRAVAUX – NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE **57**
I. PLANNING DE REALISATION DES TRAVAUX 57
II. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL 62
CONCLUSION **63**
BIBLIOGRAPHIE **64**
WEBOGRAPHIE **65**
ANNEXES ..... **I**
TABLE DE MATIERES ..... **LXX**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les marques de VINCI ENERGIES CI [2] 8
Tableau 2 : Domaines de tensions alternatives (NFC11-201) [3] 12
Tableau 3 : Nombre de ménages et services à desservir 20
Tableau 4 : Puissances apparentes par usage de bâtiment[10] 21
Tableau 5 : Coefficient de simultanéité en fonction du nombre d'abonnés en aval[10] 24
Tableau 6 : Caractéristiques des conducteurs selon le guide HTA_CI-ENERGIES[7] 25
Tableau 7 : Caractéristiques comparées des matériaux utilisés[13] 26
Tableau 8 : Puissances à transiter par quartiers 27
Tableau 9 : Courant de ligne HTA par quartier 28
Tableau 10 : Chutes de tension des lignes HTA 29
Tableau 11 : Hypothèses climatiques des lignes aériennes HTA[14] 31
Tableau 12 : Coefficients de sécurité à retenir suivant l'hypothèse considérée et pour éléments constitutifs à dimensionner [3] 31
Tableau 13 : Caractéristiques des conducteurs HTA de section inferieure à 100mm² [3] 32
Tableau 14 : Conditions d'établissements des lignes HTA sur isolateurs suspendus[3] 32
Tableau 15 : Profondeur d'implantation des fondations des supports aériens de lignes BT et HTA[3] 38
Tableau 16 : Dimensions des fouilles en fonction des hauteurs et de l'effort des supports[7] 39
Tableau 17 : Récapitulatifs du calcul des flèches, gardes au sol et portées équivalentes des lignes HTA 42
Tableau 18 : Récapitulatif des efforts normalisés des lignes HTA 42
Tableau 19 : Résultats de dimensionnement sur CAMELIA CALCUL des supports du quartier GOMIMPLEU EXTENSION 43
Tableau 20 : Résultats de dimensionnement sur CAMELIA CALCUL des supports du quartier NOTRE DAME EST 44
Tableau 21 : Ecartements des conducteurs_GOMIMPLEU EXTENSION 44
Tableau 22 : Ecartements des conducteurs_NOTRE DAME EST 45
Tableau 23 : Comparatifs entre l'étude analytique et l'étude sur CAMELIA Calculs 46
Tableau 24 : Sections de câble en fonction de la puissance du transformateur 47
Tableau 25 : Valeur du facteur k en fonction de la section et la nature du câble[11] 48
Tableau 26 : Chute de tension des réseaux BT 48

Tableau 27 : Hypothèses climatiques des lignes aériennes BT[14].....49
Tableau 28 : Conditions d'établissements des lignes BT [3] 50
Tableau 29 : Composition et caractéristiques physiques des faisceaux de conducteurs isolés [3].....50
Tableau 30 : Formules utilisées pour les calculs mécaniques des lignes BT.....51
Tableau 31 : Récapitulatifs du calcul des flèches, gardes au sol et portées maximales des lignes BT.....51
Tableau 32 : Récapitulatif des efforts normalisés des lignes BT.....52
Tableau 33:Niveau d'éclairement moyen minimal à maintenir en zone rural (en lux) [17]....53
Tableau 34 : Les travaux à effectuer après étude.....55
Tableau 35 : Récapitulatif du coût du projet.....56
Tableau 36 : Structuration des travaux à effectuer 59
Tableau 37 : liste des ressources attribuée à la réalisation des activités.....60

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographies de la région de tonkpi et de la commune de Biankouma 9
Figure 2 : Taux de charge des transformateurs existants 11
Figure 3 : Schéma global du réseau HTA[4] 13
Figure 4 : Armement en technique suspendu 14
Figure 5 : technologies d'isolateurs [4] 15
Figure 6 : Schéma global du réseau BT[4] 18
Figure 7 : Etapes du dimensionnement électrique HTA 23
Figure 8 : Représentation de la flèche et d'un canton 33
Figure 9 : Représentation de la garde au sol 33
Figure 10 : Efforts exercés sur un support d'alignement[5] 35
Figure 11 : Efforts exercés sur un support d'arrêt[5] 36
Figure 12 : Efforts exercés sur un support d'angle[5] 37
Figure 13 : Saisie des hypothèses de calcul 40
Figure 14 : Saisie des supports 40
Figure 15 : Saisie des cantons 41
Figure 16 : Interface du logiciel MS Project 57
Figure 17: Interface du calendrier MS Project 58
Figure 18 : Données de pluviométrie de la commune de Biankouma (Décembre 2024-Octobre 2025) 61
Figure 19 : Planning des travaux (MS Project) 62

INTRODUCTION

Dans un contexte de développement durable et d'amélioration des infrastructures énergétiques en milieu rural, l'accès à l'électricité constitue un levier essentiel pour favoriser le développement économique, améliorer les conditions de vie des populations et réduire les inégalités territoriales. En Côte d'Ivoire, bien que les efforts d'électrification aient permis d'atteindre un taux de couverture territoriale de 92 % en 2021 et un taux d'accès à l'électricité de 77 % sur la même période[1], certaines zones reculées restent encore partiellement desservies, du fait de la distance au réseau.

Pour faire face à ces défis, l'État de Côte d'Ivoire à travers la CI-ENERGIES a mis en place le programme NEDA visant à renforcer et à étendre le réseau électrique dans plusieurs localités rurales du pays, afin de garantir un accès équitable à une électricité fiable, continue et de qualité. Dans ce cadre, des entreprises spécialisées ont été mobilisées pour exécuter les différents lots de travaux. VINCI Energies Côte d'Ivoire, en tant qu'attributaire du lot 3 du Programme NEDA 20 Localité, s'est vu confier l'exécution des travaux d'extension et de renforcement du réseau électrique dans quatre chefs-lieux de sous-préfecture, dont la commune de Biankouma.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit le présent mémoire, intitulé : « **Étude de l'extension du réseau HTA/BT/EP de la région du Tonkpi : Cas de la localité de Biankouma** », qui portera sur l'analyse, le dimensionnement électrique et mécanique du réseau HTA/BT, l'estimation financière, la planification des travaux et l'étude des risques environnementaux et sociaux.

Ce mémoire sera structuré en cinq (5) chapitres, un premier chapitre pour la présentation de la structure d'accueil et la zone d'étude, ensuite un portant sur les généralités des réseaux de distribution électrique et les trois (3) derniers chapitres porteront sur la méthodologie de conception, l'étude technico-économique et la planification des travaux et des impacts du projet.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET

Ce chapitre présente de manière concise l'entreprise **VINCI ENERGIES Côte d'Ivoire**, qui nous a accueillis dans le cadre de notre stage de fin d'études. Il expose également ses principaux domaines d'activités ainsi que son rôle dans le développement du secteur énergétique en Côte d'Ivoire.

Par la suite, une présentation détaillée du projet sur lequel nous avons été impliqués est proposée. Cette partie décrit le **contexte du projet**, ses **objectifs**, sa **localisation géographique** ainsi qu'un **état des lieux**.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1 VINCI ENERGIES Côte d'Ivoire

VINCI ENERGIES Côte d'Ivoire est une filiale du **groupe VINCI International**, intervenant dans les domaines d'ingénierie électrique et des solutions énergétiques. Implantée en Côte d'Ivoire depuis 2014, elle s'est progressivement imposée comme un acteur incontournable dans le secteur énergétique et des infrastructures électrique. Ses activités s'étendent à plusieurs secteurs tels que la production, le transport distribution électrique, les infrastructures électriques des bâtiments, l'entreprise intervient également dans le domaine des systèmes de communication. Forte de son expérience technique et de son savoir-faire, elle accompagne ses partenaires à chaque étape de leurs projets, en leur proposant des solutions adaptées à leurs besoins, à la fois fiables et pérennes. Une attention particulière est portée au respect des exigences en matière de qualité et de sécurité, considérées comme essentielles pour assurer de bonnes performances et la durabilité des réalisations.

Par ailleurs, l'entreprise s'inscrit dans une démarche de développement durable et de responsabilité sociale. Elle privilégie, dans la mesure du possible, des solutions énergétiques respectueuses de l'environnement et encourage le recours aux énergies renouvelables. En complément de ses activités techniques, elle participe également à des actions à caractère social et citoyen, notamment à travers le soutien à des initiatives liées à l'éducation, à la formation et à l'insertion professionnelle [2].

VINCI ENERGIES Côte d'Ivoire comprend en son sein plusieurs marques :

Tableau 1 : Les marques de VINCI ENERGIES CI [2]

Les marques de VINCI ÉNERGIES Côte d'Ivoire	
OMEXOM	Marque spécialisée dans la production, transport, transformation de l'électricité.
ACTEMIUM	Marque dédiée aux développements des solutions industrielles
axians	Marque dédiée aux technologies de l'information et de la communication.
Cegelec Solutions & Services	Marque proposant les services aux entreprises privées et collectivités.
VINCI FACILITIES	Marque accompagnant la performance de vos bâtiments dans la durée, avec une offre de Facility Management et de maintenance multitechnique sur-mesure

I.2 Omexom

OMEXOM est une entreprise intervenant dans le domaine de la production, le transport et la distribution électrique. Elle propose un ensemble complet couvrant aussi bien l'étude et l'exécution des installations électriques que les activités de maintenance et d'exploitation. L'entreprise dispose d'une expertise reconnue dans la construction et la mise en service de réseaux de distribution d'électricité, de postes de transformation. En tant que filiale du groupe **VINCI-ENERGIES, OMEXOM** bénéficie de l'appui technique et de la solidité d'un groupe international, ce qui lui permet d'offrir à ses clients une proposition de valeur complète et des solutions intégrées. Son objectif est de répondre aux besoins spécifiques de chaque projet tout en respectant les normes de qualité et de sécurité[2]. Parmi ses références figurent plusieurs projets d'envergure tels que la construction du réseau de distribution d'électricité dans des zones rurales, l'installation de systèmes d'éclairage public intelligent et la modernisation des postes de transformation électrique. Elle s'engage également dans une approche responsable et durable en favorisant l'utilisation des énergies renouvelables et en proposant des solutions d'efficacité énergétique[2]. **OMEXOM** comprend deux (2) sous-groupes, **OMEXOM DISTRIBUTION** et **OMEXOM POSTE**. Pendant notre stage, nous avons été intégrés à l'activité d'**OMEXOM DISTRIBUTION**.

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Présentation géographique et démographique de la zone d'étude

La commune de **Biankouma** de coordonnées **7.77°N**, **-7.51°E** est située dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, dans la région du **Tonkpi**. Elle se trouve à environ 630 km d'Abidjan et à 46 km de la ville de Man. C'est une zone montagneuse au climat tropical humide, avec une végétation dense et une pluviométrie abondante. La sous-préfecture de Biankouma s'étend sur une superficie de 2 640 km^2 (https://fr.wikipedia.org/wiki/Biankouma), elle compte aujourd'hui 10 quartiers urbains et 14 quartiers ruraux.

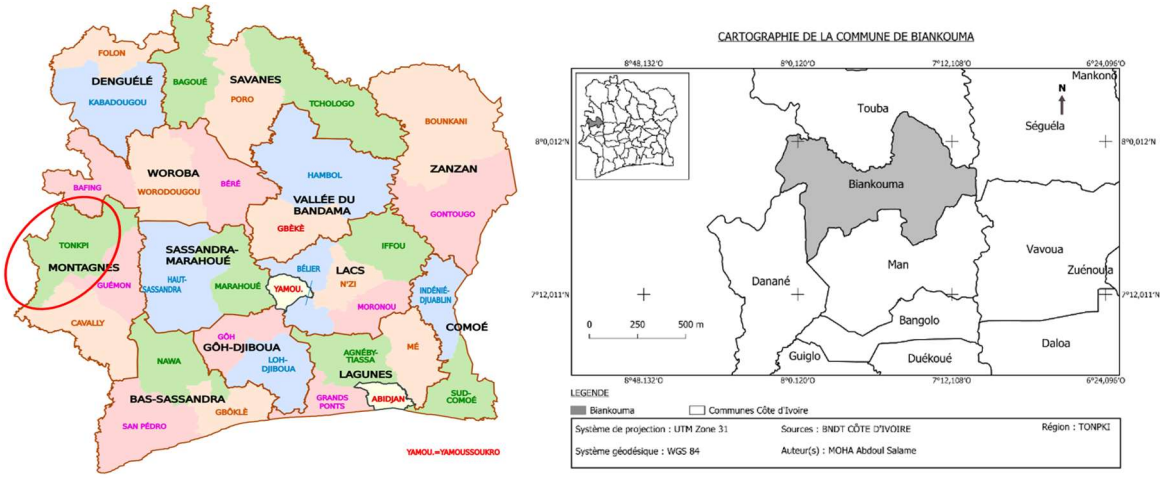


Figure 1 : Cartographies de la région de tonkpi et de la commune de Biankouma

II.2 Contexte, justificatifs et Objectif du projet

Le développement socio-économique, en particulier dans les zones rurales, demeure difficilement envisageable sans un accès fiable à l'électricité. En Côte d'Ivoire, malgré les avancées enregistrées ces dernières années dans le domaine de l'électrification nombreuses localités restent encore partiellement desservies, freinant ainsi les initiatives locales de développement, l'accès aux services sociaux de base et l'amélioration des conditions de vie des populations. Afin de répondre à ces enjeux, l'État ivoirien à travers la **CI-ENERGIES** a lancé le programme **NEDA 20 localités** (National d'Électrification, Développement et Accès à l'électricité) dans le but de renforcer la couverture énergétique des zones rurales où l'accès à l'électricité reste encore très limité et spécifiquement dans 20 localités dans le cadre de notre projet.

Réparties en neuf (9) lots d'intervention, le projet a pour objectifs principaux :

- ❑ Accroître l'accès des populations rurales à l'électricité ;

- Favoriser le développement économique et social local ;
- Améliorer les conditions de vie des habitants ;
- Contribuer à la réalisation de l'objectif national d'accès universel à l'électricité.

Le projet **NEDA 20 localités** constitue un pilier fondamental de la politique de développement des zones rurales mise en œuvre par le gouvernement ivoirien[2]. Sa réalisation vise notamment à :

- Contribuer à la diminution la pauvreté en milieu rural ;
- Renforcer l'accès des populations aux services d'éducation et de santé ;
- Favoriser l'émergence d'activités économiques ainsi que la création d'emploi.

VINCI-ENERGIES a été chargée de la réalisation des travaux du lot 3, lesquels concernent quatre (4) localités : Bangolo, Biankouma, Facobly et Kouibly. L'objectif principal sera d'alimenter certains quartiers de ces localités par dérivations des ligne HTA existantes. Les travaux consisteront en :

- La construction de 21 km de réseau HTA ;
- L'installation de 42 Transformateurs, dont :
  - 18 postes de type H61 100 kVA
  - 10 postes de type H61 160 kVA
  - 11 postes de type H59 250 kVA
  - 3 postes de type H59 400 kVA
- La construction de 154,41 km de réseau BT.

C'est dans ce contexte que notre étude a été orientée vers la commune de Biankouma, avec pour objectif principal **Proposer un planning de suivi des travaux d'un projet d'extension électrique à travers une étude technico-économique complète, et l'évaluation de ses impacts environnementaux et sociaux**.

Et de cet objectif général découle les objectifs spécifiques suivants :

- Réaliser l'étude électrique et mécanique des lignes HTA et BT ;
- Faire une estimation financière du projet ;
- Faire la planification de la réalisation des travaux ;
- Rédiger une notice d'impact environnemental et social.

L'étude se focalisera sur **sept (7) quartiers** spécifiques qui sont : **Cité des Cadres Guei Robert-Zone Rouge, Village Gogouin, Stade, Zone Rouge extension, Gomimpleu, Notre dame Est**.

II.3 Etat des lieux des réseaux existants

Avant d'envisager toute extension du réseau électrique, il est indispensable au préalable de dresser un bilan de l'existant. Cette étape vise à recenser les habitations et services déjà raccordés au réseau, à évaluer la charge actuelle des transformateurs et à déterminer la capacité du réseau actuel à accueillir de nouveaux raccordements.

Dans ce cadre, des échanges ont été réalisés avec la compagnie Ivoirienne d'Électrique (CIE) pour recueillir des données sur le nombre actuel d'abonnés afin d'estimer le taux de charges des transformateurs existants.

Les principales données sont présentées dans le tableau en annexe 2, mais ci-après un bref résumé du niveau de charge des transformateurs des quartiers.

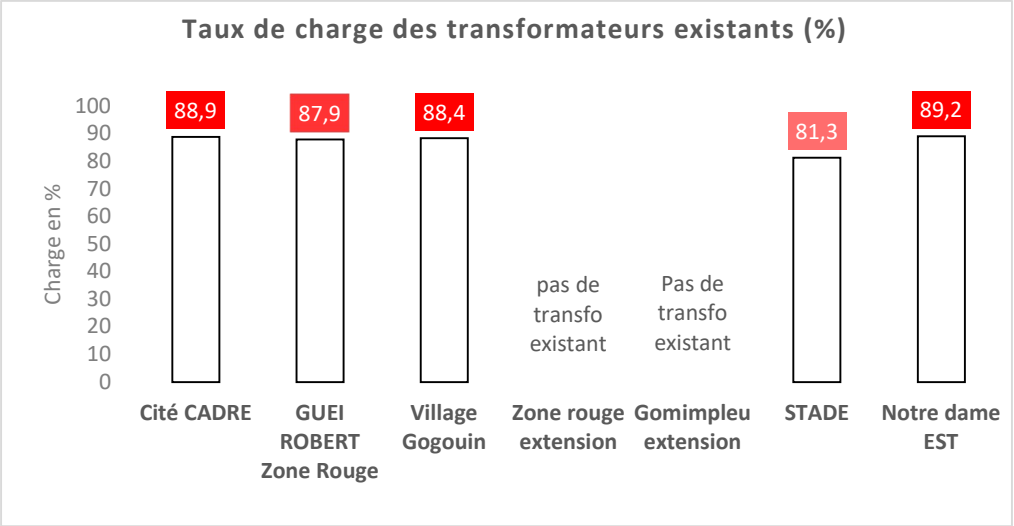


Figure 2 : Taux de charge des transformateurs existants

Une visite du terrain nous a aussi permis de faire ces remarques :

- Un grand nombre d'habitation n'ont pas un accès direct au réseau BT, et la plupart de ces habitations y ont accès grâce à des câbles de cuivre Cu de 2×2,5 mm², parfois soutenus par des branches, enterrés ou plus fréquemment reposant directement sur le sol ;
- Du fait de la distance séparant les habitations aux différents réseaux existants, il se peut qu'une dizaine d'habitations soient raccordées au même compteur d'énergie ;
- Des établissements éducatifs non desservis ;
- Insuffisance voire inexistence d'éclairage public dans certains quartiers ;
- Existence d'un réseau aérien BT nu pour le Quartier notre dame Est qui sera à remplacer.

CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LES RÉSEAUX ELECTRIQUES DE DISTRIBUTION HTA/BT

Ce chapitre présente les généralités ainsi que les technologies utilisées dans les réseaux de distribution électrique HTA et BT.

Le **réseau électrique de distribution** est l'étape finale du système de **transport de l'énergie**, il relie les **postes de répartition** aux **consommateurs finaux**. Il permet à cet effet la fourniture de l'électricité des zones urbaines, périurbaines et rurales.

Le réseau de distribution se divise en deux (2) niveaux de tension :

- La **Haute tension A (HTA)**, qui assure le transport de l'énergie sur des distances moyennes entre les postes sources, les lignes HTA existantes et les postes de transformation ;
- La **Basse tension (BT)**, qui alimente directement les **utilisateurs finaux** (ménages, établissements tertiaires, petites industries, etc).

Tableau 2 : Domaines de tensions alternatives (NFC11-201) [3]

Domaines de tensions		Valeur des tensions nominales (volts)
Basse tension	TBT	$Un \leq 50$
	BTA	$50 < Un \leq 500$
	BTB	$500 < Un \leq 1000$
Haute tension	HTA	$1000 < Un \leq 50.000$
	HTB	$Un > 50.000$

I. RÉSEAU DE DISTRIBUTION HTA

Dans le but de permettre une meilleure compréhension de l'architecture du réseau BT, une illustration synthétique est présentée en annexe 3.

La structure des réseaux aériens HTA est généralement arborescente et on peut classer ces lignes de la façon ci-après suivant la quantité d'énergie distribuée ainsi que sur la sensibilité de la clientèle desservie[3]:

- Ligne principale

Ce sont des lignes qui assurent la distribution à partir des postes de répartition, réalisées avec des conducteurs de grandes sections.

- Ligne secondaire

Ce sont des lignes de dérivation alimentant des zones rurales. La section de câbles de ces lignes sont faibles.

I.1 Le réseau HTA aérien

Les réseaux de distribution HTA sont des réseaux avec des équipements électriques à Haute tension (1 kV≤ Un ≤ 50 kV) à fréquence de 50 Hz. Ils sont aériens ou souterrains.

Le schéma ci-dessous définit les limites de ces réseaux[4].

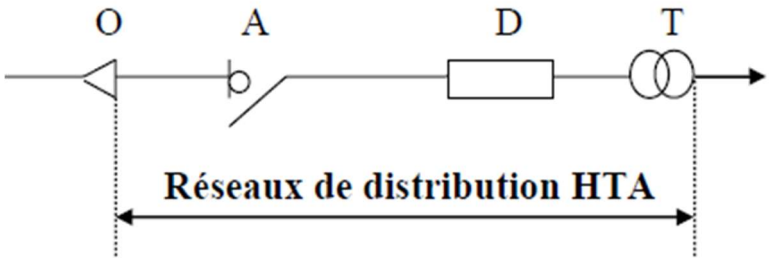


Figure 3 : Schéma global du réseau HTA[4]

O → Point de raccordement du poste source au réseau de distribution

A→ Appareil de sectionnement (sectionneur ou interrupteur-sectionneur)

D→ Dispositif de protection HTA

T→ Transformateur de distribution HTA/BT

I.1.1 Description du réseau HTA aérien

❖ **Les conducteurs nus**

Les conducteurs nus se caractérisent par l'absence de revêtement isolant. Ils sont le plus souvent réalisés en alliage d'aluminium, notamment de type Almelec, et sont largement employés dans la réalisation des lignes électriques aériennes. Ces conducteurs peuvent être constitués de fils de section circulaire ou, dans certaines configurations, de fils à géométrie trapézoïdale ou en forme de Z, ce qui leur confère une résistance mécanique à la traction particulièrement élevée, adaptée aux contraintes des ouvrages aériens. Les sections des conducteurs sont en général de :34,4 mm² ;54,6 mm²,75,5 mm² ;93,3 mm² et 148,1 mm²[5].

❖ **Les supports**

Les supports sont définis par les caractéristiques suivantes :

- Classe : A, B, C, D ou E
- Hauteur : de 12 à 14 m
- Effort : de 300 à 1250 daN
- Nature : Béton, métallique.

Les supports des lignes aériennes HTA peuvent être en béton armé, constitués d'assemblages de pièces en bois ou en béton (portiques), ou encore réalisés en structures métalliques.

Leur forme et leur taille varient considérablement, allant de simples poutrelles à de grands pylônes métalliques en treillis[6].les supports ont cinq (5) fonctions qui sont : arrêt double AD, arrêt simple AS, Semi-arrêt SA ,simple fixation SF et double ancrage DA.

❖ **Les armements**[7]

Les armements sont en menuiserie métallique galvanisée à chaud et sont montés sur les supports pour tenir les conducteurs.

Les armements sont les suivantes :

- Les armements en bras horizontaux
- Les armements en nappe-voûte

Les nappes-voûtes sont employées sur les supports d'alignement. Elles se composent de deux éléments principaux : une traverse, appelée voûte, et deux montants verticaux fixés au poteau à l'aide de boulons, assurant le maintien de la traverse.

- Les armements en bras inclinés

Les bras inclinés sont utilisés pour les portées courtes sur les lignes situées en zones urbaines, aussi bien en alignement qu'en angle. On distingue deux principaux types de bras inclinés : le Bras Incliné Suspendu (BIS), utilisé dans les installations de type suspendu, et le Bras Incliné Rigide (BIR), destiné aux montages de type rigide.

- Les armements en ancrage simple ou double

La traverse ou herse d'ancrage (TA) est destinée aux poteaux d'arrêt. Elle est fabriquée en une seule pièce, sans aucune soudure sur toute sa longueur. En revanche, la traverse d'ancrage double résulte de l'assemblage de deux traverses simples.

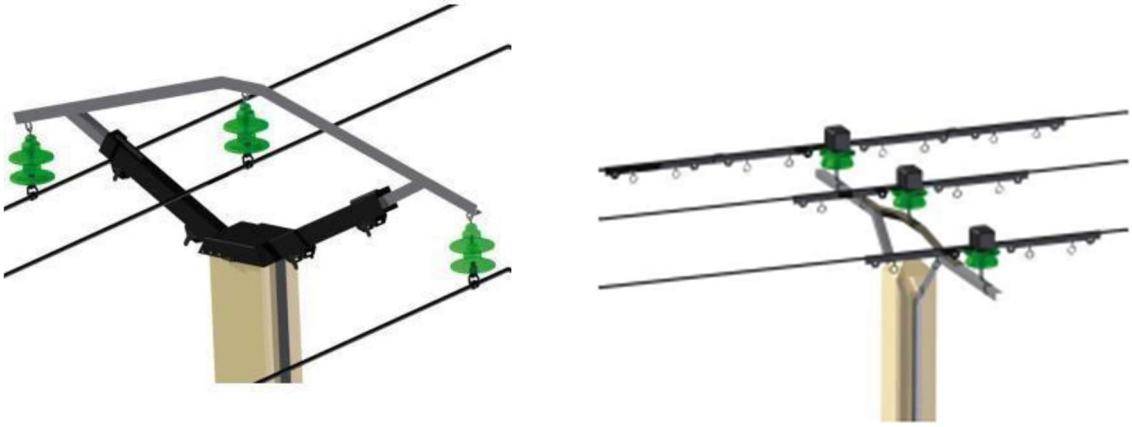


(a) Armement en bras incliné [4] (b) Armement en traverse d'ancrage

Figure 4 : Armement en technique suspendu

❖ **Les isolateurs et accessoires**[7]

- Les isolateurs sont des dispositifs en verre de silice trempé, en matière composite qui permettent d'isoler les conducteurs des masses métalliques. Ils sont utilisés en suspendus ou en rigide. Il en existe trois (3) types :
  - Les isolateurs (en verre) rigides ou fixes appelés VHT (Verre Haute Tension) ;
  - Les isolateurs (en verre) appelés CTV (Capot Tige Verre) ;
  - Les isolateurs composites ou synthétiques.



(a) Lignes sur isolateurs suspendus (b) Lignes sur isolateurs rigides

Figure 5 : technologies d'isolateurs [4]

- Les matériels d'ancrage sont utilisés pour les fixations des conducteurs sur des supports d'angle ou d'arrêt. Ils sont montés sur la chaîne d'isolateur des supports d'ancrage (arrêt ou angle) [5].
- Le matériel d'alignement est utilisé pour l'accrochage des conducteurs en suspension ; il est monté sur la chaine d'isolateurs des supports d'alignement[5].

I.1.2 Les interrupteurs HTA aériens

On distingue deux types d'interrupteurs HTA aériens qui sont conformes aux normes CEI 60265-1 ; NF C 64-140 :

- Les interrupteurs aériens à commande manuelle (IACM)

L'interrupteur aérien à commande manuelle est généralement installé en tête de chaque dérivation. Il a pour rôle principal de permettre l'isolement du réseau.

Il doit être manœuvrable en charge. On le retrouve généralement sur les lignes principales , les dérivations et les limites des exploitations[8].

- Les interrupteurs aériens télécommandés (IAT)

Les IAT sont manœuvrables sous charge. Ils sont habituellement installés sur les lignes principales de grande longueur les dérivations et les limites des exploitations. Sur les lignes d'ossature, il faut prévoir un organe de manœuvre (IAT, disjoncteur ré-enclencheur ou poste de manœuvre) tous les 25 km[8].

I.1.3 Les appareils de protection de surtensions[4]

- Les éclateurs ;
- Les parafoudres :

Les parafoudres sont installés en amont des remontées Aero-souterraines et des transformateurs sur poteau (H61)

- Terre de masse :

Les masses métalliques des postes de transformation, des interrupteurs aériens, des écrans des câbles des RAS, du support de parafoudres, des armatures métalliques sont mises à la terre. La mise à la terre des masses de ces ouvrages et destinée à assurer la protection des personnes et de l'appareillage. La résistance des prises de terre doit avoir une valeur inférieure ou égale à 30 Ω [3].

I.2 Le réseau HTA souterrain

Le réseau souterrain HTA est principalement constitué de câbles tripolaires torsadés, isolés au polyéthylène réticulé pour réseaux de distribution de tension nominale 12/20 kV[8]. Les sections de câble normalisés sont 3 × 50 mm², 3 × 95 mm²,3 × 150 mm²,3 ×240 mm² [3] :
Il existe 2 types de câbles HTA souterrains

- Le câble CPI (Câble au Papier Imprégné) ;
- Le câble CIS (Câble à Isolation Synthétique).

II. POSTE DE TRANSFORMATION HTA/BT

Les postes de transformation constituent les points de jonction entre le réseau de distribution moyenne tension (HTA) et le réseau en basse tension (BT).

II.1 Poste sur poteau en aérien

Les postes sur poteau (les transformateurs sur poteau) sont raccordés en dérivation ou en antenne sur les réseaux aériens de distribution dont les puissances sont :50,100 ou 160 kVA[3].

Un poste sur poteau communément appelé **H61** comporte :

- Le raccordement à la ligne aérienne HTA ;
- Les parafoudres ;
- Les fusibles HTA éventuels ;
- Le transformateur ;
- La liaison entre le transformateur et le disjoncteur BT ;
- Le disjoncteur BT ;
- La ou les sorties.

II.2 Postes préfabriqués, maçonnés ou en immeuble

Les postes en élévation préfabriqués, maçonnés ou en immeuble (**H59**) sont classifiés en deux groupes[3] :

- ❖ Les postes de puissance maximale de 250 kVA ;
- ❖ Les postes de puissance supérieure à 250 kVA.

Ils peuvent raccordés[3] :

- À partir d'un réseau aérien à conducteurs nus, par une liaison Aero-souterraine ;
- En dérivation à partir d'un réseau aérien en conducteurs isolés existant ou à construire ;
- En de dérivation à partir d'un réseau souterrain existant ou à construire ;
- En coupure d'artère ;
- Eventuellement en double dérivation.

III. RÉSEAU DE DISTRIBUTION BT [4]

Dans le but de permettre une meilleure compréhension de l'architecture du réseau BT, une illustration synthétique est présentée en annexe 5.

Les réseaux de distribution BT sont des réseaux de transit d'énergie électrique dont les tensions assignées sont du domaine basse tension. Ils se présentent sous trois formes : aérien nu, aérien isolé, et souterrain.

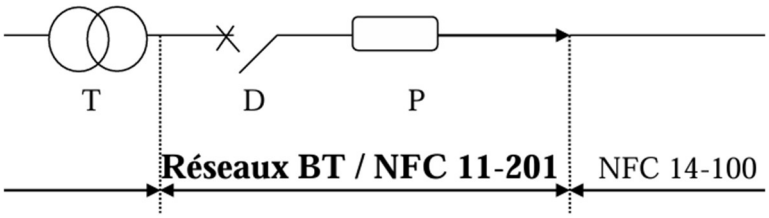


Figure 6 : Schéma global du réseau BT[4]

D → dispositif de séparation (interrupteur, disjoncteur)

P → dispositif de protection

T → transformateur HTA/BT

III.1 Réseau BT aérien nu

Le réseau BT aérien nu est composé des éléments suivants : les supports, ferrures, isolateurs, conducteurs nus, raccords et connecteurs. Les supports utilisés sont en bois ou en béton armé, avec des hauteurs variantes entre 9 et 12 mètres. Les conducteurs quant à eux sont soit en cuivre, soit en almélec, avec des sections : 22 mm² ; 29 mm² ; 34,4 mm² ; 48 mm² ; 54,6 mm².

III.2 Réseau BT aérien isolé

Le réseau BT aérien isolé est hissé en hauteur sur des supports bois (non usuels), béton armé et métalliques de 9 à 10m avec des efforts allant de 200 à 800 daN.

III.2.1 Description du réseau BT aérien

❖ **Câble aérien isolé BT**

Le câble BT isolé conforme à la norme NFC 33-209[9] est un faisceau de câble isolé, préassemblé et torsadé constitué de 5 conducteurs dont 3 conducteurs de phase en Aluminium, 1 conducteur EP (Eclairage public) en aluminium et un conducteur neutre en Almélec (Neutre porteur).

Le câble BT isolé préassemblé est appelé câble PRC (Pré-isolé au Polyéthylène Réticulé Chimiquement) dont les âmes conductrices sont de sections circulaires.

Les sections normalisées sont : 3×150 +70+16 mm² ;3×70 +54,6+16 mm² ;3×50 +54,6+16 mm² ;3×35 +54,6+16 mm².

❖ **Ensembles d'ancrage ou d'arrêt**

Les ensembles d'ancrage ou d'arrêt sont constitués de pièces qui permettent d'amarrer le faisceau de câbles aériens isolés sur le support. la console CA + la pince PA qui

constituent l'ensemble d'ancrage simple (EAS) et la console CA + 2 pinces PA qui constituent l'ensemble d'ancrage double (EAD).

❖ **Ensembles de suspension (ES)**

L'ensemble de suspension est constitué de pièces qui permettent de suspendre le faisceau de câbles aériens isolés sur le support. La console de suspension (CS ou CS14) ; La pince de suspension (PS) / La console CS + la pince PS → ES.

❖ **Connecteurs de réseau**

Les connecteurs à perforation d'isolant permettent le raccordement des conducteurs isolés torsadés basse tension. Ils sont de type à serrage simultané (conducteur principal et conducteur dérivé serrés simultanément) [4].

III.2.2 Mise à la terre du neutre

Les mises à la terre du neutre sur un réseau BT aérien sont reparties suivant la longueur du réseau :

- Pour une longueur du réseau inférieure à 100 m, la mise à la terre est réalisée en un seul point ;
- Pour une longueur de réseau supérieure à 100 m, la distance entre deux prises de terre doit être inférieure ou égale à 200 mètres.

La résistance de chaque prise de terre RN ≤ 100 Ω et la résistance équivalente de toutes les prises de terre de neutre du départ BT (terre globale) RNéq ≤ 15 Ω[3].

CHAPITRE III : MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

Ce chapitre présente les étapes ayant permis l'étude de l'extension de réseau HTA/BT dans la commune de Biankouma. Il détaille la méthodologie mise en œuvre pour la réalisation de cette étude.

I. METHODE DE REDACTION

L'étude a été menée selon une démarche rigoureuse, articulée en plusieurs étapes méthodiques allant de l'analyse des besoins initiaux à l'évaluation financière globale du projet. Les étapes sont présentées ci-après :

- **Recensement des ménages et services à desservir**, effectué à partir de l'analyse des plans de lotissement disponibles, et enquête sur le terrain, afin de déterminer précisément les zones à électrifier dans les sept (7) quartiers ciblés par le projet. Une intensité de **5 A** est attribuée à chaque ménage en zone rurale comme indiqué par le maitre d'ouvrage (CI-ENERGIES). Par ailleurs, il peut y avoir des ménages de **10 A**. Tous les ménages et services seront alimentés en monophasé (230 V)

Tableau 3 : Nombre de ménages et services à desservir

Quartiers	Types de ménages/Services	Nombres
Cité des Cadres	Ménage 5 A	170
	Ménage 10 A	7
	Ecole	1
Guei Robert-Zone Rouge	Ménage 5 A	151
	Lycée moderne	1
	Réserve administrative	1
Village Gogouin	Ménage 5 A	115
	Marché	1
Stade	Ménage 5 A	76
Zone rouge extension	Ménage 5 A	100
	Collège	1
Gomimpleu Extension	Ménage 5 A	180
	Collège	1
Notre dame Est	Ménage 5 A	283

NB : la plupart de ces ménages sont des ménages n'ayant pas un accès direct ou qui sont très distant des réseaux BT existants.

- **Détermination des besoins énergétiques**, à court terme (année n =1) et à long terme (année n=10), en intégrant un taux de croissance annuel de la charge fixé à **5%** par le maitre d'ouvrage. Cette projection permet d'anticiper l'évolution de la demande et de dimensionner les infrastructures de manière adéquate. Les besoins spécifiques des équipement collectifs, ils ont été quantifiés dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : Puissances apparentes par usage de bâtiment[10]

Désignation	Puissance (kVA)
Écoles et les collèges	6,6
Centre de santé	6,6
Reserve administrative et place publique	2,2
Marché	6,6
Culte	3,3

- **Dimensionnement électrique et mécanique** des réseaux HTA/BT/EP a été effectué principalement à partir de méthodes de calculs analytiques. Ces calculs se sont appuyés sur des formules et prescriptions techniques issues des documents de référence [3], [5], [11] et [12] ;

  En complément, le logiciel CAMELIA a été mobilisé pour le dimensionnement mécanique des lignes aériennes HTA des deux plus longues lignes pour vérifier la conformité de nos résultats obtenus avec la méthode analytique. Son utilisation a permis de confronter les résultats obtenus par calcul analytique à ceux fournis par le logiciel, dans un objectif de vérification et de validation des données, contribuant ainsi à la fiabilité des résultats retenus pour l'étude ;
- **Elaboration d'une étude financière** visant à estimer le coût global de mise en œuvre du projet, en prenant compte les différents équipements obtenus lors de la phase technique ; cette étude a été effectuée pour les sept quartiers afin d'avoir une estimation du coût global du projet ;
- **Elaboration d'un planning de suivi des travaux**, avec le logiciel MS Project ;
- **Rédaction d'une notice d'impact environnemental et social**, afin d'identifier les éventuelles répercussions du projet sur l'environnement et les populations locales, et de proposer des mesures d'atténuation ou d'amélioration adaptées.

Les étapes citées ci-dessus se feront pour les sept (7) quartiers concernés par le projet.

II. OUTILS D'AIDE

Plusieurs logiciels spécialisés ont été mobilisés afin de conduire efficacement la présente étude. Chaque outil a été sélectionné en fonction de ses fonctionnalités spécifiques et est intervenu à une étape précise du processus d'analyse, de conception ou de planification du projet. Leur utilisation combinée a permis d'assurer la fiabilité des résultats obtenus ainsi que la cohérence globale de l'étude.

- **Autocad** : Logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO), il a été largement utilisé pour la réalisation des plans techniques en deux dimensions. Il a notamment permis l'élaboration des schémas des réseaux HTA et BT, ainsi que l'implantation des supports et équipements électriques, garantissant une représentation graphique claire et conforme aux exigences techniques du projet ;
- **CAMELIA** : Logiciel dédié au dimensionnement mécanique des lignes aériennes, il a joué un rôle essentiel dans la phase de validation des calculs. Son utilisation a permis de vérifier la conformité et la cohérence des résultats issus des calculs analytiques, en tenant compte des contraintes mécaniques et environnementales applicables aux lignes électriques ;
- **Google Earth** : Cet outil a été exploité pour le repérage géographique et le tracé préliminaire des itinéraires des lignes HTA. Il a facilité l'analyse du terrain, l'identification des zones traversées et l'optimisation des tracés en fonction de la topographie de la zone d'étude ;
- **Microsoft Excel :** Utilisé comme principal support de calcul, il a servi à la réalisation des calculs analytiques aussi bien techniques qu'économiques. La quasi-totalité des dimensionnements présentés dans ce mémoire a été effectuée à l'aide de classeurs Excel spécialement conçus, permettant une meilleure organisation, une automatisation partielle des calculs ;
- **MS Project** : Ce logiciel a été employé pour la planification, l'ordonnancement et le suivi des différentes phases des travaux. Il a permis de structurer le projet dans le temps, d'identifier les tâches critiques et d'évaluer les délais prévisionnels de réalisation ;
- **Open Meteo** : Plateforme de données météorologiques en open source, elle a été utilisée pour collecter les données pluviométriques de la zone d'étude sur une période donnée. Ces informations ont ensuite été intégrées dans MS Project afin de prendre en compte les conditions climatiques dans la planification des travaux ;
- **QGIS** : Logiciel de système d'information géographique, il a été utilisé pour la conception et la mise en forme de cartes.

CHAPITRE IV : ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE

Ce chapitre est structuré en quatre sous-parties :

- A : Etude des lignes HTA ;
- B : Etude des lignes BT ;
- C : Etude photométrique d'éclairage public
- D : Etude économique du projet.

Les deux premières parties (A et B) aborderont dans un premier temps, les formules utilisées pour le dimensionnement électrique et mécanique suivies des résultats obtenus et dans la quatrième partie (D), il sera question de faire une estimation financière globale du projet à partir de l'estimation des travaux à effectuer dans les différents quartiers.

A. ÉTUDE DES LIGNES HTA

I. ÉTUDE ÉLECTRIQUE

I.1 Méthodologie de dimensionnement

L'étude électrique d'une ligne HTA se base sur plusieurs étapes décrites ci-dessous :

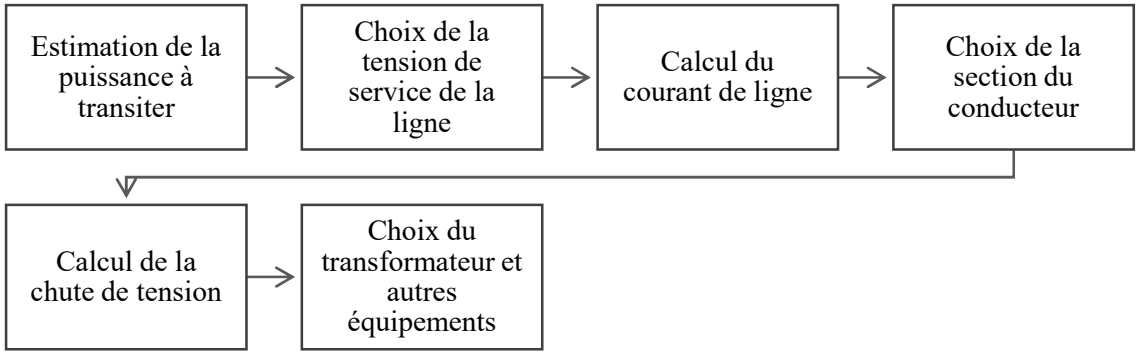


Figure 7 : Etapes du dimensionnement électrique HTA

I.1.1 Estimation de la puissance à transiter

L'estimation de la puissance à transiter commence par la détermination des besoins actuels, ci-après les formules utilisées pour le calcul des puissances :

$$S_1 = N_{abonnés} \times U \times I \times K_s \quad (1)$$

$$S_n = S_1 \times (1+i)^n \quad (2)$$

$$P_n = S_n \times cos\varphi \quad (3)$$

S_1 : besoin actuel [VA]

$N_{abonnés}$: nombre de ménages à desservir

U : tension de distribution monophasé pris égale à 230 V

I : courant du calibre de disjoncteur (I=5 A)

K_s : coefficient de simultanéité

S_n : puissance à transiter à l'an n [VA]

i : taux annuel de croissance de la charge [%]

n : nombre d'années de projection (n=10 ans)

P_n : puissance à transiter à l'an n [W]

cosφ : facteur puissance égal à 0,9

Le coefficient de simultanéité **Ks** est un facteur de correction utilisé pour tenir compte du fait que tous les équipements électriques des ménages ne fonctionnent pas en même temps à leur puissance maximale.

Tableau 5 : Coefficient de simultanéité en fonction du nombre d'abonnés en aval[10]

Nombre d'abonnés	Ks
2-4	1
5-9	0,78
10-14	0,63
15-19	0,53
20-24	0,49
25-29	0,46
30-34	0,44
35-39	0,42
40-49	0,41
≥ 50	0,4

I.1.2 Choix de la tension de service des lignes

Le niveau de tension est déterminé en fonction [11] :

- De la capacité à transporter et de la longueur de transport (15 kV,20 kV ou 33 kV)
- Du niveau de tension du réseau existant auquel il faut se raccorder
- Du coût prévisible d'investissements.

Dans notre cas nous opterons pour une tension égale à **33 kV** compte tenu des lignes HTA existantes.

I.1.3 Calcul du courant de ligne

Une fois la puissance à transiter et la tension de service retenue, le courant de ligne peut être déduit à partir de la relation suivante :

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U \times cos\varphi} \quad (4)$$

$\mathbf{I_n}$: Intensité admissible pour l'an n=10 (A)

$\mathbf{P_n}$: puissance à transiter à l'an n (W)

U : tension de distribution pris égale à 230 V

cosφ : facteur puissance égal à 0,9

I.1.4 Choix de la section du conducteur

La détermination de la section du conducteur est directement liée au courant qu'il devra véhiculer. Ce courant est ensuite confronté aux valeurs de courants admissibles des sections normalisées, conformément aux prescriptions du guide HTA_CI-ENERGIES. La section retenue doit ainsi assurer la sécurité thermique du câble tout en respectant les contraintes de chute de tension.

Tableau 6 : Caractéristiques des conducteurs selon le guide HTA_CI-ENERGIES[7]

		Conducteurs Nus en Almélec		
	Unité	148,1mm²	93,3 mm²	54,6 mm²
Caractéristiques dimensionnelles				
Diamètre des fils	mm	3,15	2,25	3,15
Nombre total de fils	u	19	19	7
Diamètre externe nominal (mm)	mm	15,75	11,25	9,45
Section du conducteur	mm²	148,1	93,3	54,6
Masse approximative	kg/km	407	208	149
Caractéristiques électriques				
Résistance ohmique max. du conducteur à 20°C	Ohm/km	0,224	0,438	0,603
Intensité maxi admissible IMAP	A	379	285	204
Caractéristiques mécaniques				
Charge de rupture	kN	48,1	24,55	17,75

I.1.5 Calcul de chute de tension

Le calcul de la chute de tension constitue un élément clé dans le dimensionnement des lignes HTA. Conformément à la norme NFC 11-201, elle ne doit pas dépasser 5 % de la tension nominale.

La formule de calcul de la chute de tension est présentée ci-après.

$$\frac{\Delta U}{U} = (r + x * tan\varphi) \times \frac{P_n \times L}{U^2} \times 100 \quad (5)$$

$$r = \left(1 + \alpha(T_{40°} - 20)\right) \times r_{20°} \quad (6)$$

r : résistance linéique du câble [Ω/km]

$\frac{\Delta U}{U}$: chute de tension maximale admissible [%]

x : réactance linéique du câble [Ω/km]

P_n : puissance à transiter à l'an n [MW]

L : longueur de la ligne [Km]

U : tension de la ligne [kV]

α : coefficient de température

$r_{20°}$: résistance linéique à 20°C [Ω/km]

$T_{40°}$: température maximale des conducteurs pris égale à 40°C

La valeur moyenne de réactance des réseaux aériens triphasées est comprise entre **0,3Ω/km** à **0,35 Ω/km**[11].

Le tableau suivant permet la détermination du coefficient de température α. Quant à la résistance linéique $r_{20°}$ à 20°C, elle est déterminée grâce au tableau 6.

Tableau 7 : Caractéristiques comparées des matériaux utilisés[13]

Tableau 1 – Caractéristiques comparées des matériaux utilisés

Caractéristique	Cuivre (1)	Almélec	Aluminium	Acier
Résistivité à 20 °C ..... (10^{-8} Ω.m)	1,72	3,26	2,82	~ 15
Coefficient de température ..... (10^{-3} K^{-1})	4,1	3,6	4	
Masse volumique ..... (kg.m^{-3})	8 890	2 700	2 700	7 800
Contrainte à la rupture en traction (2) ..... (MPa)	380 à 450	320 à 380	150 à 190	1 410 à 1 450 (2)
Module d'élasticité ..... (MPa)	câble : 105 000 fil : 120 000	câble : 60 000	câble : 60 000 fil : 65 000	câble : 185 000 fil : 200 000
Coefficient de dilatation linéique ..... (10^{-6} K^{-1})	17	23	23	11,5

(1) pour mémoire.
(2) acier à très haute résistance mécanique ; contrainte minimale à 1 % d'allongement.

I.1.6 Choix du transformateur et autres équipements

Une fois la puissance à transiter sur les lignes HTA déterminée, ainsi que les vérifications du courant et de la chute de tension admissible effectuées, le choix du transformateur est réalisé de manière à couvrir cette puissance. Ce choix tient compte de l'évolution prévisible de la charge afin d'assurer une capacité adéquate à long terme. La puissance du transformateur doit être conforme à la norme NFC11-201 :

- 50-100-160 kVA pour les postes sur poteau ;
- 250-400-630-800 kVA… pour les postes préfabriqués, maçonnés ou en immeuble.

Les équipements liés au poste, c'est-à-dire les équipements de protection seront choisis en fonction de la puissance du transformateur (disjoncteur sur poteau, cellules, etc).

Le choix de l'IACM dépend du pouvoir de coupure ainsi que de la tension assignée de l'appareil. Ils peuvent être [8] :

- De type I : dont le pouvoir de coupure en charge est 50 A et le courant nominal de 200 A ;
- De type II : dont le pouvoir de coupure en charge est 100 A et le courant nominal 400 A.

Enfin, le parafoudre et les isolateurs sont sélectionnés selon leur tension assignée, garantissant la protection et la fiabilité.

I.2 Résultats et discussions

Les résultats obtenus sont présentés en respectant l'ordre des différentes étapes précédemment décrites, dans le but d'assurer une lecture claire et une compréhension progressive de l'étude. Afin d'alléger le corps du document et de faciliter la lisibilité, l'ensemble des tableaux de calculs détaillés sont regroupés et présentés en annexe 6.

I.2.1 Puissance à transiter sur les lignes HTA

Les puissances électriques à acheminer vers les différents quartiers, calculées selon les formules et paramètres précédemment définis sont présentées ci-après.

Tableau 8 : Puissances à transiter par quartiers

PUISSANCES A TRANSITER DANS LES LIGNES A L'AN N+10						
Quartiers	Types de ménages/Services	Nombres	Puissance unitaire (VA)	Ks	Puissance totale des charges (kVA)	Puissance à l'an 10 avec i =5% (kVA)
Cité des cadres	Ménage 5 A	170	1150	0,4	87,28	**142,17**
	Ménage 10 A	7	2300			
	Ecole	1	6600			
Guei Robert-Zone Rouge	Ménage 5 A	151	1150	0,4	80,9	**131,78**
	Lycée moderne	1	26400			
	Réserve administrative	1	2200			
Village Gogouin	Ménage 5 A	115	1150	0,4	55,54	**90,47**
	Marché	1	6600			
Stade	Ménage 5 A	76	1150	0,4	34,96	**56,95**

Zone rouge extension	Ménage 5 A	100	1150	0,4	48,6	**79,23**
	Collège	1	6600			
Gomimpleu Extension	Ménage 5 A	180	1150	0,4	85,44	**139,17**
	Collège	1	6600			
Notre dame Est	Ménage 5 A	283	1150	0,4	130,18	**212,05**

I.2.2 Calcul du courant des lignes et Choix des sections de câbles

Tableau 9 : Courant de ligne HTA par quartier

COURANT DE LIGNE				
QUARTIERS	**Pn (kW)**	**U (kV)**	**Cos φ**	**In (A)**
Cité des cadres	127,95	33	0,9	2,487
Guei Robert-Zone Rouge	118,60	33	0,9	2,306
Village Gogouin	81,42	33	0,9	1,583
Stade	51,25	33	0,9	0,996
Zone rouge extension	71,31	33	0,9	1,386
Gomimpleu extension	125,26	33	0,9	2,435
Notre dame Est	190,84	33	0,9	3,710

Après calcul des courants des lignes nous optons pour une section de **54,6 mm²** au lieu du 34,4 mm² , en raison des recommandations fixées par Le guide technique du réseau HTA de la CI-ENERGIES qui stipulent que les lignes HTA sont de section 54,6 mm², 93,3 mm² ou 148,1 mm² [7].

I.2.3 Calcul de chute de tension

Pour une section de câble de 54,6 mm² en almelec, nous avons une résistance linéique à 20°C égale à 0,603 Ω/km et un coefficient de température égal à $3{,}6\times10^{-3}$ K^{-1}.

$$\boldsymbol{r = \left(1 + \alpha(T_{40^\circ} - 20)\right) \times r_{20^\circ}}$$

$$AN.r = \left(1 + \ 0{,}0036(40 - 20)\right) \times 0{,}603$$

$$\boldsymbol{r = 0{,}646\ \Omega/km}$$

Tableau 10 : Chutes de tension des lignes HTA

CALCUL DE CHUTE DE TENSION			
QUARTIERS	**P (MW)**	**L (km)**	**ΔU/U (%)**
Cité des cadres	0,128	0,348	0,0033
Guei Robert-Zone Rouge	0,119	0,308	0,0027
Village Gogouin	0,081	0,478	0,0029
Stade	0,051	0,133	0,0005
Zone rouge extension	0,071	0,4	0,0021
Gomimpleu extension	0,125	1,119	0,0105
Notre dame Est	0,191	0,603	0,0086
	0,250	0,463	0,0087

Les chutes de tension observées dans le cadre de cette étude sont quasiment négligeables. Cette situation s'explique principalement par le fait que les lignes HTA considérées sont, pour la plupart, de courtes longueurs, généralement inférieures ou égales à 1 km. De plus, les puissances électriques à transiter sur ces ouvrages demeurent relativement faibles, ce qui contribue à limiter de manière significative les pertes en tension le long des lignes.

I.2.4 Choix des transformateurs et autres équipements

- Choix des transformateurs

Sur la base des puissances électriques préalablement calculées, le choix des puissances des transformateurs a été effectué de manière rigoureuse afin d'assurer une alimentation électrique fiable et adaptée aux charges à desservir. Les transformateurs retenus pour l'alimentation des différents quartiers sont les suivants :

- Cité des cadres : H61/160 kVA
- Guei Robert-Zone Rouge : H61/160 kVA
- Village Gogouin : H61/100 kVA
- Stade : H61/100 kVA
- Zone rouge extension : H61/100 kVA
- Gomimpleu extension : H61/160 kVA
- Notre dame Est : H59/250 kVA + H59/250 kVA (pour le renforcement)

❖ Choix de l'interrupteur aérien (IACM)

En tenant compte des courant admissibles calculés plus haut pour toutes les lignes HTA, les IACM seront du type I, de pouvoir de coupure en charge 50 A et courant nominal de 200 A.

❖ Choix des parafoudres

Notre choix s'est porté sur le dispositif INES MAX 36 kV, fabriqué par l'entreprise INES S.A, en raison de sa fiabilité et de sa conformité aux exigences techniques du réseau HTA.

❖ Choix des isolateurs

Les isolateurs que nous avons choisis sont de tension assignée de 33 kV du même fabricant.

II. ÉTUDE MÉCANIQUE

II.1 Méthodologie de dimensionnement analytique

Le dimensionnement mécanique de la ligne HTA se fera selon les étapes suivantes :

II.1.1 Choix du tracé

Le choix du tracé a pour but de déterminer le cheminement optimal de la ligne en réalisant le meilleur compromis entre les contraintes techniques, économiques et environnementales. (Voir annexe 9)

II.1.2 Définition des hypothèses de calcul

❖ Hypothèses climatiques

Les hypothèses climatiques servent à reproduire les conditions réelles d'exploitation auxquelles les conducteurs et supports seront soumis tout au long de leur vie. Les conditions de température, de vent et de surcharge verticale servant à déterminer la résistance mécanique des ouvrages en moyenne tension sont précisées au tableau 11,conformément à la réglementation en vigueur[14].

Tableau 11 : Hypothèses climatiques des lignes aériennes HTA[14]

Pression de vent à considérer pour vérifier la résistance mécanique des ouvrages

ELEMENTS de la ligne électrique aérienne	LIGNES AERIENNES BT		LIGNES AERIENNES HT		
	Zone à vent normal (Pa)	Zone à vent fort (Pa)	Zone à vent normal (Pa)	Zone à vent fort (Pa)	*Haute pression de vent (Pa)
Hypothèse A Conducteurs et câbles de garde	427,5	480	570	640	720
Surface plane des poteaux et cornières	900	1000	1200	1330	1515
Eléments cylindriques des supports de diamètre d (cm) : - inférieur ou égal à 15 cm	641-14d	720-16d	855-19d	960-21,3d	1080-24d
- supérieur à 15 cm	427,5	480	570	640	720
Poteaux cylindriques	356	400	475	530	600
Hypothèse B Surfaces planes	225	225	300	300	300
Surfaces cylindriques	135	135	180	180	180
* pour la HTB uniquement.					

En Côte d'Ivoire, l'hypothèse choisie lors des calculs mécaniques des lignes électriques est l'hypothèse A, avec une pression sur les conducteurs égale à 48 daN /mm².

❖ Autres hypothèses

Tableau 12 : Coefficients de sécurité à retenir suivant l'hypothèse considérée et pour éléments constitutifs à dimensionner [3]

Hypothèse	Coefficient par rapport à la rupture
A ou B (σ est noté σ_1)	$\sigma_1 \geq 3$ pour les pièces travaillant en traction : conducteurs, chaînes d isolateurs haubans... et les supports en bois $\sigma_1 \geq 2,1$ pour les pièces travaillant en flexion : autres supports, isolateurs rigides, ferrures...
Surcharge climatique (en général σ est noté σ_2)	$\sigma_2 \geq 1,5$ pour les conducteurs, les haubans et les chaînes isolantes. $\sigma_2 \geq 1,3$ pour les supports en béton, et les ferrures métalliques. $\sigma_2 \geq 1,9$ pour les supports en bois. $\sigma_2 \geq 1,15$ pour les poteaux métalliques.

II.1.3 Définition des paramètres de pose

Les contraintes à prendre en compte pour la pose d'un câble sont : la garde au sol, la tension de rupture du câble, la portée maximale, la flèche, l'écartement minimal et la tension mécanique du conducteur dans l'hypothèse climatique choisie.

❖ La tension de rupture du câble

La tension de rupture est la valeur maximale de tension qu'un câble peut supporter avant que son isolation ne cède.

Tableau 13 : Caractéristiques des conducteurs HTA de section inferieure à 100mm² [3]

Nature et section	Masse linéique du câble (kg/m)	Module d'élasticité (daN/mm²)	Coefficient de dilatation	Tension de rupture (daN)	Résistance linéique à +20°C (Ω/km)
Almélec 34,4 mm²	0,094	6200	23.10^{-6}	1105	0,958
Almélec 54,6 mm²	0,149	6200	23.10^{-6}	1755	0,603
Almélec 75,5 mm²	0,208	6000	23.10^{-6}	2430	0,438

NB : les paramètres cités ci haut varient d'un fabricant à un autre.

❖ La portée et portée équivalente

La portée est la distance entre deux supports consécutifs. Elle constitue un élément crucial dans le calcul mécanique de lignes aériennes car le calcul mécanique se conduit sur chaque portée [5]. La portée équivalente se calcule de la façon suivante :

$$a_e = \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum a_i}} \qquad (7)$$

$a_{e\ :\ portée}$ équivalente [m]
a : portée [m]

Tableau 14 : Conditions d'établissements des lignes HTA sur isolateurs suspendus[3]

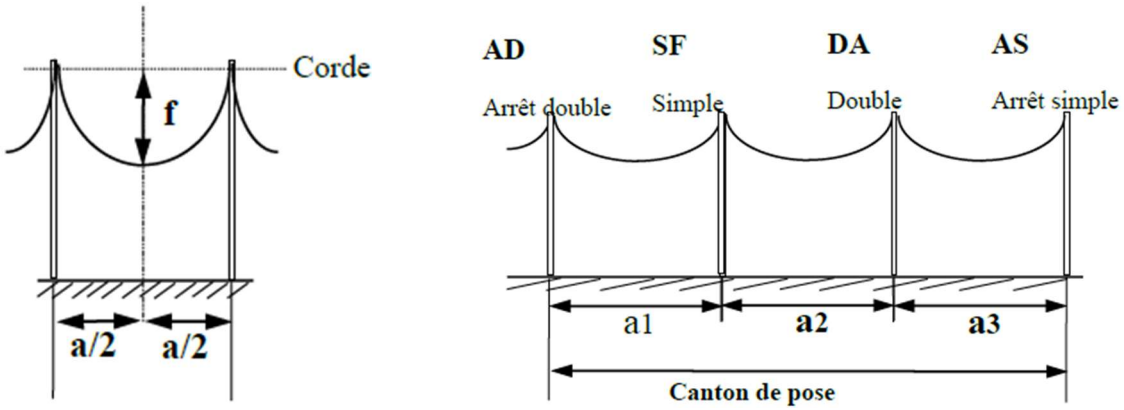
Surcharge symétrique retenue	Référence câble	Paramètre 40 °C (m)	Portée maximale (m)	Portée équivalente maximale (m)
1 kg/m	ASTER 54,6	1000	180	130
	ASTER 75,5	1200	200	160
3 kg/m	PLHOX 59,7	900	170	120
5 kg/m		700	130	90
8 kg/m		700	100	80

❖ La flèche

Elle représente la distance verticale maximale entre la droite imaginaire joignant les deux attaches et les conducteurs. Initialement, elle est fonction de la tension de réglage de la ligne et varie ensuite en fonction de la température et sous l'influence des surcharges.

La flèche est calculée à l'aide de la formule suivante où "a" représente la portée et "**P**" le paramètre du canton.

$$f = \frac{a^2}{8P} \qquad (8)$$



(a) Flèche (b) Canton

Figure 8 : Représentation de la flèche et d'un canton

Un canton est un enchainement de portées, tant que les supports sont des supports d'alignement ou d'ancrage double. Une limite de canton permet d'éviter une rupture en cascade de toute la ligne en cas d'incident.

❖ La garde au sol

La garde au sol est l'écart entre le point le plus bas du conducteur et le sol. Imposée par la norme technique française, elle dépend de la flèche maximale et du type d'armement utilisé.

$$D = H - (H_i + f + A)$$
$$D = H - \left(\frac{H}{10} + 0,5 + f + A\right) \quad (9)$$

D : garde au sol [m]
H : haut totale du support [m]
H_i : profondeur de fouille [m]
f : flèche [m]
A : distance entre le bout du support et la balle-socket [m]

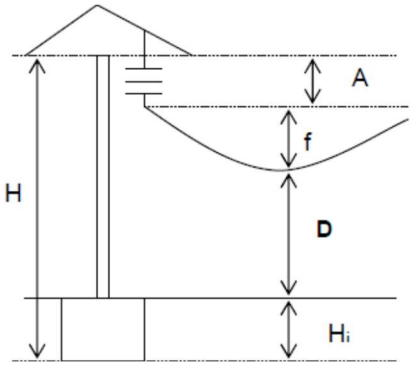


Figure 9 : Représentation de la garde au sol

Selon la norme NFC11-001[14] la distance de sécurité au-dessus du sol doivent être de :

- D = **5 mètres** pour les conducteurs isolés, en dehors des routes ou voies accessibles au public, zones habituellement destinées à la circulation et aux arrêts d'urgence ; cette distance de base peut être réduite à 4 mètres au-dessus des voies non publiques, si ces passages ne sont pas empruntés par des véhicules de hauteur supérieure.
- D = **6 mètres** pour les conducteurs non isolés (nus), ainsi que pour les conducteurs isolés dans les traversées ou surplombs.

❖ Ecartement minimal entre conducteurs

$$e_{min} = k_c \times \left(\frac{U}{150} + k_z \times \sqrt{f + l}\right) \quad (10)$$

e_{min} : écartement minimal entre les conducteurs [m]
U : tension de service [kV]
k_z : coefficient prenant en compte la zone de vent
k_c : coefficient tenant compte de la disposition des conducteurs
f : flèche [m]
l : longueur libre de la chaine [m]

K_c=1 pour les armements alternés ou en drapeau et K_c=0,8 pour les armements en nappe voûte ou en triangle. k_z= 0.9 en zone à vent normal et k_z=1 en zone à vent fort. La longueur libre de la chaîne est prise égale à 0.5m pour deux alignements successifs et l= 0 m pour deux ancrages successifs[3].

❖ La traction maximale des conducteurs

Lors du calcul des efforts s'exerçant sur les supports, il est pris en compte l'effort de traction des conducteurs sur le support et cette traction se calcule pour un conducteur avec la formule suivante :

$$T = \frac{\omega \times a^2}{8f} \quad (11)$$

ω : le poids linéique du conducteur [N/m]
a : la portée [m]
f : la flèche [m]

II.1.4 Calcul des efforts en tête des supports, choix des supports et armements

Les calculs mécaniques d'un support permettent de déterminer ses caractéristiques de telle sorte qu'il puisse résister aux efforts qui lui seront appliquer.

Les contraintes agissant principalement sur un support sont la charge du vent sur les conducteurs et l'effort de traction des conducteurs. La pression du vent sur les surfaces du support a été déjà pris en compte lors sa fabrication[5].

❖ Effort exercé sur un support d'alignement

L'effort du vent sur un support d'alignement est la moitié de l'effort exercé sur chaque demi-portée en y ajoutant l'effort du vent sur l'armement du support[5].

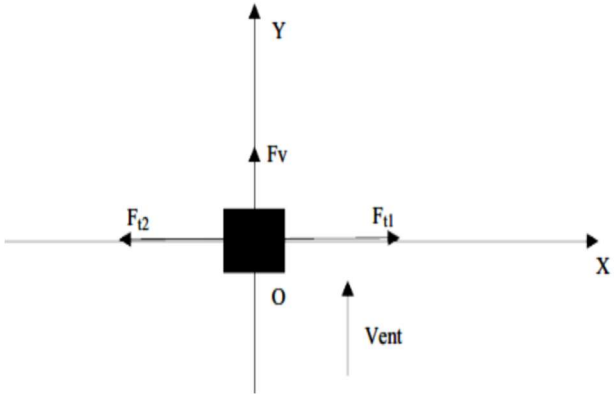


Figure 10 : Efforts exercés sur un support d'alignement[5]

Dans ce cas, les forces de tractions opposées de chaque côté du support s'annulent. Seul l'effort dû au vent est pris en considération[15].

L'effort du vent sur un support d'alignement à isolateurs suspendus est calculé de façon suivante :

$$F = F_v + F_{arm} \qquad (12)$$

$$F = \frac{1}{k}\left(n \times P_v \times D \times \frac{a_1 + a_2}{2}\right) + F_{arm}$$

F_v : effort du vent sur les conducteurs [daN]
P_v : pression du vent sur les conducteurs [daN/m²]
a_1 et a_2 : portées consécutives [m]
n : nombre de conducteurs de phase
D : diamètre des conducteurs de phase [m]
k : coefficient de déclassement
F_{arm}: effort sur les armements [daN]

L'effort sur les armements (ferrures et les isolateurs), pris forfaitairement à 25 daN pour l'ensemble ferrure et isolateurs ; le coefficient k de déclassement tenant compte du décalage du point d'appui des efforts dus aux conducteurs par rapport à la référence normalisée qui est de

0.25m sous le sommet du support. (En général k = 0.9 pour les armements type nappe voute, drapeau, alternés et k = 1 pour les nappes d'angle ou d'arrêt fixées à 0.25m sous le sommet) .

❖ Effort exercé sur un support d'arrêt

Le support d'arrêt est soumis à deux types d'effort :

✓ L'effort de traction des conducteurs

✓ L'effort du vent sur les conducteurs et l'armement du support.

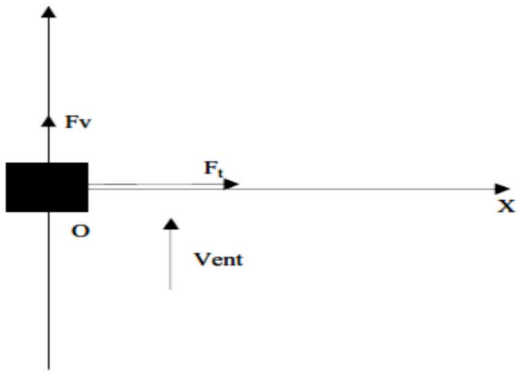


Figure 11 : Efforts exercés sur un support d'arrêt[5]

Effort de traction

L'effort de traction sur le support d'arrêt dans les conditions les plus défavorables est donné par la suivante formule :

$$F_t = T \times n \qquad (13)$$

F_t : effort de traction des conducteurs dur le support [daN]
T : traction du conducteur [daN]
n : nombre de conducteurs de phase

Effort du vent

L'effort du vent sur la moitié de la portée et sur l'armement du support d'arrêt se calcule comme suit :

$$F_v = \frac{1}{k}\left(n \times P_v \times D \times \frac{a}{2}\right) + F_{arm} \qquad (14)$$

F_v : effort du vent sur les conducteurs [daN]
P_v : pression du vent sur les conducteurs [daN/m²]
a : portée entre le support d'arrêt et le support qui le suit ou le précède [m]
n : nombre de conducteurs de phase

D : diamètre des conducteurs de phase [m]
k : coefficient de déclassement
F_{arm}: effort sur les armements [daN]

NB : Dans le cas d'un arrêt double l'effort du vent se calcule comme sur un support d'alignement. Les supports en arrêt double sont utilisés dans la plupart des cas pour les IACM.

❖ Effort exercé sur un support d'angle

Le support d'angle est lui aussi soumis à l'effort de traction des conducteurs et l'effort du vent sur les conducteurs et l'armement du support.

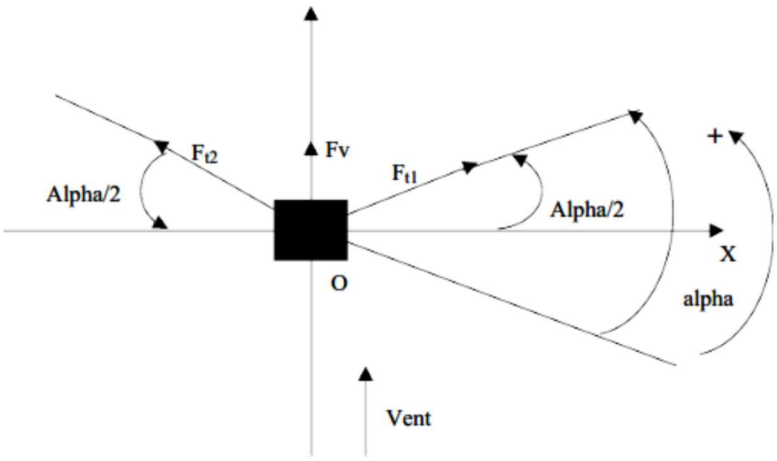


Figure 12 : Efforts exercés sur un support d'angle[5]

Effort de traction

$$F_t = 2 \times n \times T \times sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \qquad (15)$$

α : angle de piquetage en grade
F_t : effort de traction des conducteurs dur le support [daN]
T : traction du conducteur [daN]
n : nombre de conducteurs de phase

Effort du vent

$$F_v = \left[\frac{1}{k}\left(n \times P_v \times D \times \frac{a_1 + a_2}{2}\right) + F_{arm}\right] \times cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (16)$$

F_v : effort du vent sur les conducteurs [daN]

P_v : pression du vent sur les conducteurs [daN/m²]

a : portée entre le support d'arrêt et le support qui le suit ou le précède [m]

n : nombre de conducteurs de phase

D : diamètre des conducteurs de phase [m]

k : coefficient de déclassement

α : angle de piquetage en grade

F_{arm}: effort sur les armements [daN]

II.1.5 Calcul de la profondeur d'implantation des supports et des fondations

❖ Profondeur d'implantation des supports

Les profondeurs d'implantation des supports sont calculées avec les formules du tableau suivant :

Tableau 15 : Profondeur d'implantation des fondations des supports aériens de lignes BT et HTA[3]

Support		**Coefficient de stabilité de la fondation**	
		K_s = 1,2	**K_s = 1,75**
Fonction du support		Double ancrage, Simple fixation, et tous cas de ligne BT en général	Semi-arrêt, Arrêt simple, Arrêt double
Effort	F ≤ 650 daN	$P_f = \frac{H}{10} + 0{,}5 \quad (m)$	$P_f = \frac{H}{10} + 0{,}7 \quad (m)$
	F > 650 daN	$P_f = \frac{H}{20} + 1{,}3 \quad (m)$	$P_f = \frac{H}{20} + 1{,}5 \quad (m)$

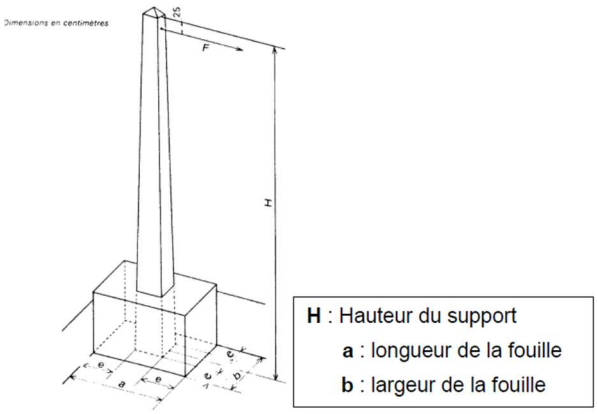
P_f : Profondeur de la fouille [m]

H : hauteur du support [m]

❖ Dimensions des fouilles et massif des supports

Tableau 16 : Dimensions des fouilles en fonction des hauteurs et de l'effort des supports[7]

	DE 9 à 12 m		DE 13 à 14 m	
	DIMENSIONS DE FOUILLE		DIMENSIONS DE FOUILLE	
EFFORT DU SUPPORT (daN)	a (cm)	b (cm)	a (cm)	b (cm)
150 – 200	60	40	60	40
330	60	40	70	40
400	65	45	70	45
500	70	45	75	45
650	75	50	80	50
800	85	70	90	70
1000	95	75	100	75
1250	100	85	100	85
2000	110	95	110	95



Le volume du bétonnage des supports est calculé comme suit :

$$V_{bétonnage} = a \times b \times P_f \quad (17)$$

II.1.6 Etablissement du carnet de piquetage

Le carnet de piquetage est un tableau qui rassemble, sous un document unique et, en utilisant de désignations symboliques, tous les éléments nécessaires à la construction de la ligne.

II.2 Méthodologie d'étude avec le logiciel CAMELIA

Le logiciel CAMELIA Calcul est utilisé pour le calcul mécanique des lignes électriques aériennes. Il facilite l'évaluation des efforts mécaniques s'exerçant sur les supports et leurs armements, tout en permettant de choisir les supports adéquats. Grâce à sa bibliothèque de calculs intégrée et à la flexibilité de ses paramètres, il s'adapte aisément aux particularités de chaque projet. De plus, il prend en compte les normes techniques ainsi que les conditions environnementales propres à chaque pays, garantissant ainsi la fiabilité et la conformité des études réalisées.

II.2.1 Saisie des hypothèses climatiques

Cette étape constitue la première phase du processus de dimensionnement réalisé à l'aide du logiciel. La figure suivante présente les caractéristiques du groupe d'hypothèses A1, B1 et G1, lesquelles demeurent inchangées pour l'ensemble des lignes étudiées.



Figure 13 : Saisie des hypothèses de calcul

II.2.2 Saisie des supports

Cette étape revêt une importance particulière dans l'étude de la ligne, car elle constitue le point central de saisie de l'ensemble des informations relatives à chaque support. Les figures ci-après offrent un aperçu des données enregistrées pour les différents supports, en fonction des lignes considérées.

La figure ci-après offre un aperçu.

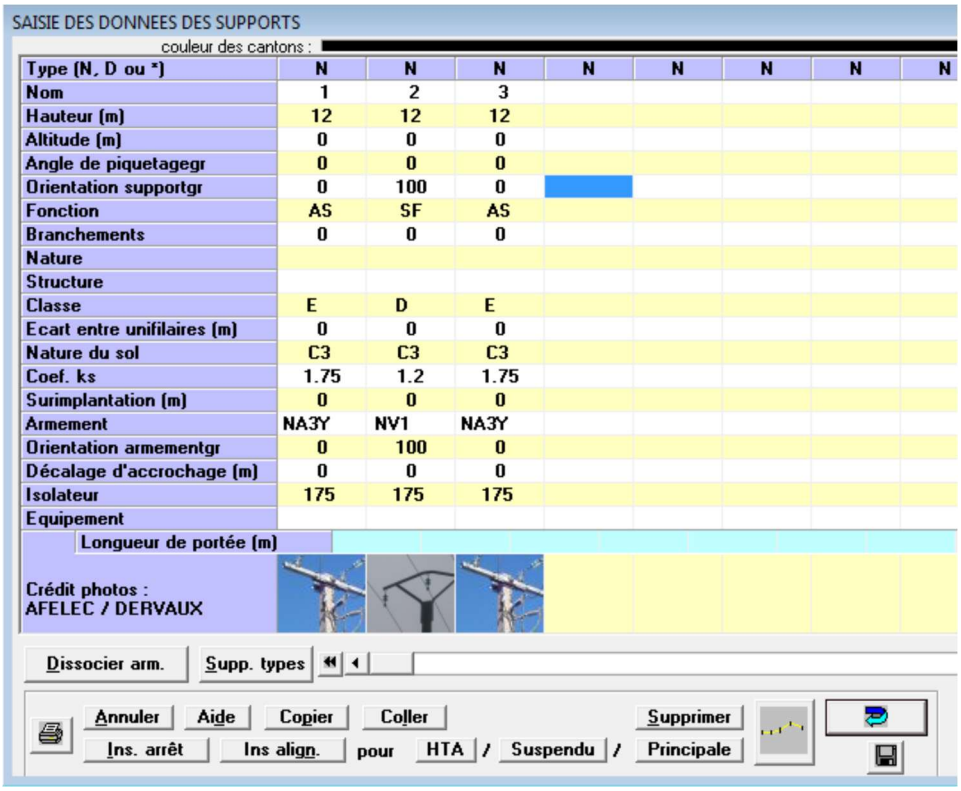


Figure 14 : Saisie des supports

II.2.3 Saisie des cantons

Cette étape consiste à renseigner l'ensemble des informations relatives à chaque canton. La figure ci-dessous présente un aperçu de la saisie des caractéristiques des cantons de la ligne HTA étudiée.

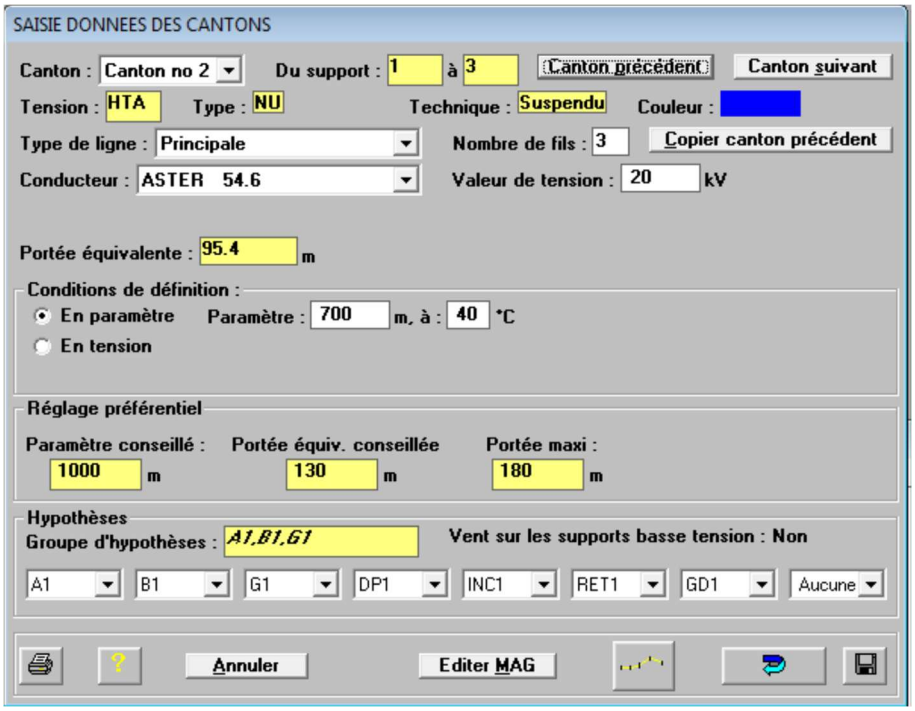


Figure 15 : Saisie des cantons

II.3 Résultats des études (analytique et avec logiciel)

II.3.1 Résultats des calculs mécaniques analytiques

Les calculs du dimensionnement analytique ont été effectués sur la base des paramètres de l'hypothèses A, se caractérisant par une zone soumise à un régime de vent normal, et en tenant compte de la température moyenne caractéristique du site d'implantation du projet.

Données :

Température moyenne, θ=25 °C ;

Pression du vent sur les conducteurs, P_v = 480 Pa = 48 daN/m².

L'étude analytique a porté sur les principaux paramètres mécaniques des lignes électriques, tels que les flèches des conducteurs, les gardes au sol, les profondeurs de fondation et le choix des supports, en tenant compte des sollicitations dues au vent et des efforts de traction.

❖ Flèches, gardes au sol et portées équivalentes

Les résultats des calculs relatifs aux flèches, aux gardes au sol et aux profondeurs d'implantation des fondations sont consignés de manière exhaustive en annexe 11. Toutefois, une synthèse des principaux résultats est présentée ci-après.

Tableau 17 : Récapitulatifs du calcul des flèches, gardes au sol et portées équivalentes des lignes HTA

Quartiers	Longueur du réseau (m)	Nombre de portée	Portée max (m)	Portée équivalente (m)	Flèche max (m)	Garde au sol min (m)
Cité des cadres	348	5	80	70 ,73	0,8	9,05
Guei Robert-Zone Rouge	308	4	77	77	0,75	9,11
Village Gogouin	478	8	85	68,11	0,9	9,11
Stade	133	2	85	73,82	0,9	9,85
Zone rouge extension	400	5	80	80	0,8	9,05
Gomimpleu extension	1119	16	82	72,728	0,84	9,03
Notre dame Est	859	13	89	67,883	0,99	9,29

❖ Efforts des supports

Les résultats détaillés des calculs d'efforts appliqués aux supports figurent en annexe 12. Les efforts normalisés retenus, établis sur la base des valeurs calculées, sont présentés ci-dessous.

Tableau 18 : Récapitulatif des efforts normalisés des lignes HTA

Fonction de support		Effort (daN)
AS	**Support dérivation**	650
	Support transformateur	1250
AD		800
DA		650 – 800 – 1000 - 1250
SF		300

❖ Le carnet de piquetage

Le carnet de piquetage des lignes HTA est consigné en annexe 13.

II.3.2 Résultats des calculs sur CAMELIA

L'utilisation du logiciel CAMELIA a permis de compléter et de valider les calculs analytiques réalisés pour le dimensionnement mécanique des lignes HTA. Les résultats obtenus fournissent une analyse détaillée des efforts appliqués aux supports, des flèches, des gardes au sol et des écarts entre conducteurs, en tenant compte des contraintes spécifiques du projet. Ils constituent une base essentielle pour le choix définitif des équipements et la planification des travaux, en assurant une cohérence entre les exigences réglementaires et les conditions réelles d'exploitation

- **Résultats des supports**

Dans les tableaux ci-dessous sont consigné les résultats du choix des supports après étude avec le logiciel CAMELIA Calcul. Et il faut aussi noter que la hauteur des supports est choisie afin que les gardes au sol et flèches soient conformes aux normes de sécurité.

Tableau 19 : Résultats de dimensionnement sur CAMELIA CALCUL des supports du quartier GOMIMPLEU EXTENSION

Nom du fichier : LIGNE 54,6 mm²_Gomimpleu extension **Numéro d'affaire : 22092025** **Bibliothèque CIE, MDB, Règles Ivoiriennes**							CAMELIA Calcul 4.60 Application
Sup, Nom	Fonc,	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef Ks	Fouilles : h× a ×b (m)	Sol
1	AS	0	14 A 5	A2	1.75	2.1 ×0.8 ×0.5	C3
2	AD	0	13 A 6	A2	1.75	1.9 ×0.85 ×0.7	C3
3	SF	100	13 A 2	A2	1.2	2 ×0.8 ×0.5	C3
4	SF	100	14 A 2	A2	1.2	1.8 ×0.7 ×0.4	C3
5	SF	100	13 A 2	A2	1.2	1.8 ×0.7 ×0.4	C3
6	DA	90	13 JA 8	A2	1.2	2 ×1.8 ×0.8	C3
7	DA	50	12 A 6	A2	1.2	1.9 ×0.85 ×0.7	C3
8	AD	0	12 A 6	A2	1.75	1.9 ×0.85 ×0.7	C3
9	SF	100	13 A 2	A2	1.2	1.8 ×0.7 ×0.4	C3
10	DA	33,33	13 A 5	A2	1.2	2 ×0.8 ×0.5	C3
11	DA	50	14 A 6	A2	1.2	2.1 ×0.85 ×0.7	C3
12	DA	50	14 A 6	A2	1.2	2.1 ×0.85 ×0.7	C3
13	DA	66,67	13 A 6	A2	1.2	2 ×1 ×0.75	C3
14	DA	66,67	13 A 6	A2	1.2	1.9 ×1 ×0.75	C3
15	SF	100	14 A 2	A2	1.2	1.9 ×0.7 ×0.4	C3
16	SF	100	14 A 2	A2	1.2	1.9 ×0.7 ×0.4	C3
17	AS	0	12 A 10	A2	1.75	1.8 ×0.7 ×0.4	C3

Tableau 20 : Résultats de dimensionnement sur CAMELIA CALCUL des supports du quartier NOTRE DAME EST

Nom du fichier : LIGNE 54,6 mm²_Notre dame Est **Numéro d'affaire : 22092025** **Bibliothèque CIE, MDB, Règles Ivoiriennes**							
Sup, Nom	Fonc,	Orient, gr	Support Proposé	Hypo	Coef ks	Fouilles : h ×a ×b (m)	Sol
1	DA	33.33	14 A 6	A2	1.2	1.9 x1 ×0.75	C3
2	AD	0	12 A 6	A2	1.75	1.9 ×0.85 ×0.7	C3
3	DA	72.22	14 A 8	A2	1.2	2 ×0.8 ×0.5	C3
4	DA	66.67	13 A 8	A2	1.2	1.8 ×0.7 ×0.4	C3
5	DA	55.56	13 A 8	A2	1.2	1.8 ×0.7 ×0.4	C3
6	DA	47.78	14 A 6	A2	1.2	1.9 ×1.1 ×0.75	C3
7	DA	32.22	14 A 5	A2	1.2	2 ×0.8 ×0.5	C3
8	AD	0	12 A 6	A2	1.75	2 ×1.8 ×0.8	C3
9	AS	0	13 A 10	A2	1.75	2 ×1 ×075	C3
10	DA	66.67	15 A 8	A2	1.2	2 ×0.7 ×0.4	C3
11	DA	106.67	14 JA 8	A2	1.2	2 ×1.4 ×0.8	C3
12	SF	100	13 A 2	A2	1.2	2.1 ×0.85 ×0.7	C3
13	AS	0	13 A 10	A2	1.75	2 ×1 ×075	C3

❖ Ecartements

Le logiciel CAMELIA Calcul nous propose l'utilisation de certain armement en fonction desquels sont calculés les écartements.

Tableau 21 : Ecartements des conducteurs_GOMIMPLEU EXTENSION

Gomimpleu extension							
Portée : (m)	Supports Nom	Struct	Armements	Ecart Unif	Ecartement mini :	réel :	Conclusion
70	1		TAS130		0.83	1.33	Satisfaisant
84	2		TAD170		0.99	1.49	Satisfaisant
78	3		NV170		1.01	1.51	Satisfaisant
79	4		BIS60		0.98	1.48	Satisfaisant
72	5		BIS60		0.99	1.49	Satisfaisant
50	6		TAD170		0.78	1.28	Satisfaisant
51	7		BIS60		0.63	1.13	Satisfaisant
50	8		TAD170		0.82	1.32	Satisfaisant
60	9		BIS60		0.76	1.26	Satisfaisant
47	10		BIS60		0.95	1.45	Satisfaisant
71	11		TAD170		1.07	1.57	Satisfaisant

82	12		TAD170		1.04	1.54	Satisfaisant
81	13		TAD170		1.05	1.55	Satisfaisant
78	14		TAD170		1.02	1.52	Satisfaisant
81	15		NV170		0.97	1.47	Satisfaisant
86	16		NV170		1.12	1.62	Satisfaisant
	17		TAS170				

Tableau 22 : Ecartements des conducteurs_NOTRE DAME EST

Notre dame Est							
Portée : Longueur : m	Supports Nom	Struct,	Armements	Ecart Unif, m	Ecartement mini :	réel :	Conclusion
70	1		BIS60		0,83	1,33	Satisfaisant
62	2		TAD170		0,92	1,42	Satisfaisant
70	3		TAD170		0,95	1,45	Satisfaisant
68	4		BIS60		0,99	1,49	Satisfaisant
70	5		TAD170		0,96	1,46	Satisfaisant
64	6		TAD170		0,91	1,41	Satisfaisant
64	7		TAD170		0,89	1,39	Satisfaisant
64	8		TAD170		0,72	1,22	Satisfaisant
64	9		TAS170		0,91	1,41	Satisfaisant
89	10		BIS60		1,20	1,7	Satisfaisant
59	11		TAD170		0,90	1,4	Satisfaisant
60	12		BIS60		0,83	1,33	Satisfaisant
	13		TAS170				Satisfaisant

II.3.3 Comparaison entre l'étude analytique et l'étude avec CAMELIA

Le tableau suivant présente une analyse comparative entre les résultats issus de l'étude analytique et ceux obtenus via le logiciel CAMELIA. Cette confrontation de données porte sur quatre critères techniques essentiels : l'écart entre conducteurs, la hauteur et l'effort des supports, ainsi que le choix des armements, afin de valider la cohérence des calculs et d'identifier les éventuels écarts opérationnels.

Tableau 23 : Comparatifs entre l'étude analytique et l'étude sur CAMELIA Calculs

Critères	Résultats de l'étude analytique	Résultats CAMELIA Calculs	Analyse comparative et discussions
Ecart entre conducteurs	Le minimal est de 0,619 m (Voir annexe 11)	Le minimal est de 0,63 m (Voir tableaux 21 et 22)	Dans les deux études menées, la sécurité électrique a été observé
Hauteur de supports	12 à 14 m	12 à 15 m	Parfaitement superposables, traduisant ainsi une concordance totale entre les résultats obtenus
Effort de support	300 à 1250 daN	200 à 1000 daN	La différence observée entre les deux études s'explique principalement par les conditions imposées par le client, en l'occurrence CI-ENERGIES, notamment en ce qui concerne la prise en compte des efforts appliqués aux supports. Par ailleurs, les efforts obtenus à l'issue de l'étude analytique restent globalement conformes à ceux issus de l'étude réalisée à l'aide du logiciel CAMELIA.
Choix des armements	Bras incliné (BIS) - Traverse d'ancrage (TAS/TAD)	Bras incliné (BIS) - Traverse d'ancrage (TAS/TAD) -Nappe voute (NV)	Une similitude de 89,37 % est constatée entre les deux études ; la différence observée s'explique par le fait que le logiciel CAMELIA prend en compte, lors de la phase de configuration, certains paramètres spécifiques, notamment la présence de la végétation.

B. ÉTUDE DES LIGNES BT

I. DIMENSIONNEMENT ÉLECTRIQUE

I.1 Méthodologie de dimensionnement

Le dimensionnement des lignes BT s'effectue selon une série d'étapes méthodiques et successives, permettant d'assurer la conformité technique et le bon fonctionnement du réseau.

I.1.1 Etablissement des plans de lignes

Voir annexe 14.

I.1.2 Choix des sections de câble sortie de poste

Selon le guide technique CI-ENERGIES portant sur les postes de transformation[16],le choix des sections de câble des lignes BT se fait en fonction de la puissance du poste de transformation :

Tableau 24 : Sections de câble en fonction de la puissance du transformateur

Puissance transformateur (kVA)	Nombre de départ	Section de câbles sortie de poste	Section de câbles souterrains
50-100 kVA	1	3×70 + 54,6 mm²	✕
160 kVA	2	3×150 + 70 mm²	✕
≥ 250 kVA	2 ou plus	3×150 +70 mm²	150 mm² ou 240 mm²

I.1.3 Calcul des chutes de tension

Les dimensions des câbles sont définies en fonction de la variation de tension. Pour chaque tronçon, il est nécessaire de calculer la chute de tension afin de s'assurer que la variation totale, depuis les transformateurs jusqu'au point d'abonnement le plus éloigné, reste inférieure à la maximale de chute de tension admissible en basse tension, fixée à **7%**.

La méthode utilisée dans le calcul de la chute de tension suit le principe de la puissance de pointe dont la formule est la suivante :

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right)\% = k * P * D \qquad (18)$$

Avec $k = \frac{R_0 + X_0 \times tan\varphi}{U^2} \times 100$

k : Facteur de chute de tension en kW/km

P : Puissance de pointe transitant dans le tronçon en kW

D : Distance du tronçon en km

R_0: Résistance linéique du câble en Ω/km

X_0 : Réactance linéique du câble en Ω/km

U : tension composée du réseau en V

Le facteur k est déterminé à l'aide du tableau suivant :

Tableau 25 : Valeur du facteur k en fonction de la section et la nature du câble[11]

Nature	Section en mm²	Intensité admissible « A »	k en $(kW.km)^{-1}$ réseau 230/400 V	k en $(kW.km)^{-1}$ réseau 130/230 V
Câbles faisceau de distribution aérienne (autoporté)	3x25 + NP 3 x 35 + NP 3 x 50 + NP 3 x 70 + NP 3 x 150 + NP	112 A à 30 °C 138 A à 30 °C 168 A à 30 °C 213 A à 30 °C 344 A à 30 °C	0,99 0,72 0,54 0,42 0,23	2,97 2,16 1,62 1,26 0,69
Câbles souterrains norme UTE.NFC 33-210 (âme aluminium, isolant PR) PR) HN33.S.33	3 x 35 + N35 3 x 50 + N50 3 x 95 + N50 3 x 150 + N70 3 x 240 + N95	120 A à 20 °C 140 A à 20 °C 210 A à 20 °C 280 A à 20 °C 370 A à 20 °C	0,72 0,54 0,28 0,20 0,13	2,16 1,62 0,84 0,60 0,39
Aérien nu en cuivre	4 x 7 4 x 10 4 x 16 4 x 25 4 x 35 4 x 38	70 A 80 A 100 A 130 A 180 A 200 A	1,89 1,35 0,89 0,62 0,48 0,45	5,67 4,05 2,67 1,86 1,44 1,35

I.2 Résultats et discussions

Ci-dessous les chutes de tension des points les plus éloignés de chaque quartier concerné par le projet, pour le tableau détaillé voir en annexe 15.

Tableau 26 : Chute de tension des réseaux BT

Quartiers	Tronçon	Chute de tension cumulée (ΔU/U) %
Stade	1-51	5,33
	1-46	4,99
	1-24	1,49
Gomimpleu extension	1-187	5,30
	2-123	6,66
Cité des cadres	1-126	4,24
	1-74	6,05
Village Gogouin	1-85	3,15
	1-47	3,85

Zone rouge extension	1-49	4,17
	1-102	6,59
Guei Robert-Zone Rouge	1-68	6,62
	1-121	2,51
Notre dame Est	107-240	6,66
	107-133	5,16

Toutes les chutes de tensions sont admissibles car elles sont inférieures à la chute de tension maximale admissible par la norme, qui est de 7 %.

NB : le marché n'avait prévu que l'utilisation des câbles de section de 70 mm², mais après calcul nous avons suggéré au client l'utilisation du câble de section 150 mm² sur certains tronçons afin d'être dans les normes.

II. DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE

II.1 Méthodologie de dimensionnement analytique

les calculs mécaniques des lignes BT suivent les mêmes principes que ceux des lignes HTA, mais présentent des différences liées à certains paramètres spécifiques : conducteurs, portées maximales, contraintes admissibles et conditions d'exploitation. Ces particularités seront énumérées ci-dessous.

II.1.1 Définitions des hypothèses de calcul

Tableau 27 : Hypothèses climatiques des lignes aériennes BT[14]

Pression de vent à considérer pour vérifier la résistance mécanique des ouvrages

ELEMENTS de la ligne électrique aérienne	LIGNES AERIENNES BT		LIGNES AERIENNES HT		
	Zone à vent normal (Pa)	Zone à vent fort (Pa)	Zone à vent normal (Pa)	Zone à vent fort (Pa)	*Haute pression de vent (Pa)
Hypothèse A					
Conducteurs et câbles de garde	427,5	480	570	640	720
Surface plane des poteaux et cornières	900	1000	1200	1330	1515
Eléments cylindriques des supports de diamètre d (cm) :					
- inférieur ou égal à 15 cm	641-14d	720-16d	855-19d	960-21,3d	1080-24d
- supérieur à 15 cm	427,5	480	570	640	720
Poteaux cylindriques	356	400	475	530	600
Hypothèse B					
Surfaces planes	225	225	300	300	300
Surfaces cylindriques	135	135	180	180	180

* pour la HTB uniquement.

II.1.2 Définition des paramètres de pose

les formules de la portée équivalente et de la flèche ne changent pas, mais celui de la garde au sol devient :

$$D = H - \left(\frac{H}{10} + 0,5 + f\right) \quad (19)$$

Ci-dessous les différents paramètres rentrant en compte dans le calcul mécanique des lignes BT.

Tableau 28 : Conditions d'établissements des lignes BT [3]

Type de faisceaux	Paramètres à + 40 °C sans vent (**)					Portée maximale conseillée (m)
	Zone à vent normal			Zone à vent fort		
3 × 35 mm² + 54,6	300	350	400	300	350	60
3 × 50 mm² + 54,6	250	300	350	250	300	
3 × 70 mm² + 54,6	200	250	300	200	250	
3 × 70 mm² + 70	250	300	350	250	300	
3 × 150 mm² + 70	200	250		200		

Les caractéristiques des conducteurs en BT différent de ceux en HTA, le tableau ci-après nous donne les caractéristiques des conducteurs isolés en fonction de la section.

Tableau 29 : Composition et caractéristiques physiques des faisceaux de conducteurs isolés [3]

Composition du faisceau			Caractéristiques physiques			Caractéristiques d'utilisation		
Neutre porteur en alliage d'aluminium	Phases en aluminium	Éclairage public conducteurs en aluminium	Masse du faisceau (kg/km)	Diamètre du faisceau (mm)	Charge de rupture daN	Module d'young N/mm²	Coefficient de dilatation	Charge nominale d'utilisation daN
54,6 mm²	3 × 35 mm²	1 × 16 mm² 2 × 16 mm²	670 740 810	31,5	1750	62 000	23 10E-6	550
	3 × 50 mm²		800	33.5	1750	62 000	23 10E-6	550
		1 × 16 mm² ou 1 × 25 mm²	870 920					
		2 × 16 mm²	940					
	3 × 70 mm²		1030	38	1750	62 000	23 10E-6	550
		1 × 16 mm² ou 1 × 25 mm²	1100 1150					
		2 × 16 mm²	1170					
70 mm²	3 × 70 mm²		1080	38	2240	62 000	23 10E-6	650
		1 × 16 mm²	1150					
		2 × 16 mm²	1220					
	3 × 150 mm²		1700	48	2240	62 000	23 10E-6	650
		1 × 16 mm²	1770					
		2 × 16 mm²	1840					
		3 × 16 mm²	1910					

(*) *Cette charge tient compte des limites de tenue mécanique des pinces d'ancrage.*

II.1.3 Calcul des efforts en tête des supports, choix des supports et armements

Les formules utilisées pour le calcul des efforts sur les supports en HTA diffèrent très peu de ceux utilisés ici.

Tableau 30 : Formules utilisées pour les calculs mécaniques des lignes BT

Types de support	Formules des efforts	
	Effort du vent	Effort de traction
Support d'alignement	$F = P_v \times D \times \frac{a_1 + a_2}{2}$	×
Support d'arrêt	$F_v = P_v \times D \times \frac{a}{2}$	$F_t = T = \frac{\omega \times a^2}{8f}$
Support d'angle	$F_v = \left(P_v \times D \times \frac{a_1 + a_2}{2}\right) \times cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$	$F_t = 2 \times T \times sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$

* la désignation des paramètres de ces formules a été déjà énumérées dans le sous chapitre I.

II.2 Résultats et discussions

Les calculs ont été fait pour deux quartiers spécifiques et les résultats ont servi au choix des efforts des autres quartiers ; et ses calculs ont été fait pour deux sections de câble : 150 mm² et 70 mm² phase.

❖ Flèches, gardes au sol et portées maximales

Les résultats des calculs relatifs aux flèches, gardes au sol, profondeurs d'implantation sont consignés en annexe 17, mais ci-dessous un récapitulatif des résultats.

Tableau 31 : Récapitulatifs du calcul des flèches, gardes au sol et portées maximales des lignes BT

Quartiers	Longueur du réseau (km)	Nombre de portée	Portée max (m)	Flèche max (m)	Garde au sol min (m)
Cité des cadres	6 374	159	51	1,626	5,974
Guei Robert-Zone Rouge	10 821	254	59	1,741	5,86
Village Gogouin	5 487	150	54	1,458	6,142
Stade	3 048	74	53	1,405	6,196
Zone rouge extension	4 181	109	51	1,301	6,3
Gomimpleu extension	7 930	204	58	2,103	5,498
Notre dame Est	14027	312	52	1,352	6,248

❖ Efforts des supports

Les résultats de calculs des efforts des supports sont consignés en annexe 18, ci-dessous sont les efforts normalisés choisi compte tenu de ceux calculés.

Tableau 32 : Récapitulatif des efforts normalisés des lignes BT

Section de câble	Fonction du support	Effort normalisé (daN)
70 mm²	Alignement	200
	Arrêt	650
	Arrêt-passage	650
	Angle	400 – 650 - 800
150 mm²	Alignement	400
	Arrêt	800
	Arrêt-passage	650 - 800
	Angle	650 - 800

C. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE D'ÉCLAIRAGE PUBLIC

Le dimensionnement de l'éclairage public implique plusieurs étapes pour s'assurer que l'éclairage est adéquat et efficace. Voici les étapes typiques pour le dimensionnement d'un système d'éclairage public :

- Caractérisation de la zone d'étude ;
- Identification des classes d'éclairage, du type d'implantation, de la hauteur de feu ;
- Dimensionnement photométrique ;
- Choix de l'alimentation.

❖ Caractérisation de la zone d'étude

- Type de voirie : Lotissement ;
- Largeur de voie : 6 m
- Luminosité ambiante : Faible ;
- Pollution de l'environnement : faiblement pollué ;
- Trafic journalier : motorisé, cyclistes et piétons, vitesse ≤ 30 km/h ;
- Revêtement de la chaussé : latérite, considérer comme enrobé clair.

– Identification des classes d'éclairage, du type d'implantation, de la hauteur de feu

❖ Identification des classes d'éclairage, du type d'implantation, de la hauteur de feu

Classe d'éclairage

La norme EN 13201-2 [17] établit la classification des niveaux d'éclairage en fonction du type de voirie, servant ainsi de référence pour le dimensionnement des installations d'éclairage public.

Tableau 33:Niveau d'éclairement moyen minimal à maintenir en zone rural (en lux) [17]

REPERES**	DEFINITION DE LA VOIE	CONTRAINTES	NIVEAU LUMINEUX AMBIANT FAIBLE À MOYEN	NIVEAU LUMINEUX AMBIANT ELEVE	ÉCLAIREMENT À RETENIR POUR CONTRAINTES MAXI	NORME EN 13201.1 CLASSES D'ECLAIRAGE	NORME EN 13201.1 SITUATIONS
14	**VOIE D'ACCÈS AU BOURG** Vitesse ≤ 70 km/h Motorisés Véhicules lents Cyclistes, piétons	Complexité : normale Véhicules en stationnement : oui Trafic cycliste : normal Intersection ≥ 3 par km	15	—***	20 (source de conflit)	CE_3 $CE_3 = ME_3$*	B_1
15	**TRAVERSÉE RUE PRINCIPALE** Vitesse ≤ 50 km/h Motorisés Véhicules lents Cyclistes, piétons	Complexité : normale Véhicules en stationnement : oui Trafic cycliste : normal Intersection ≥ 3 par km	—	15	20 (source de conflit)	CE_3	B_2
16	**VOIE TRANSVERSALE** Vitesse ≤ 50 km/h Motorisés Véhicules lents Cyclistes, piétons	Complexité : normale Véhicules en stationnement : oui Trafic cycliste : normal Intersection ≥ 3 par km	7,5	10	10	CE_5 CE_4	D_2
17	**LOTISSEMENT** Vitesse ≤ 30 km/h Motorisés Cyclistes, piétons	Risque d'agression : normal Reconnaissance visage : oui Difficulté navigation : normal	10	15	15	CE_4 CE_3	D_2
13	**PLACE, GIRATOIRE** Motorisés Véhicules lents Cyclistes Piétons	Intersections multiples Tâche navigation : élevée Complexité : élevée Véhicules en stationnement : oui ou non Reconnaissance visage : oui Risque d'agression : normal	NIVEAU DE LA VOIE D'ACCÈS LA PLUS ÉCLAIRÉE 20 lux 15 lux 10 lux 7,5 lux	NIVEAU DE LA PLACE OU GIRATOIRE CORRESPONDANT 30 lux 20 lux 15 lux 10 lux		CE_1 CE_2 CE_3 CE_4	

L'éclairement retenu pour le dimensionnement est fixé à 15 lux, valeur correspondant à la contrainte maximale imposée par les exigences normatives, afin de garantir un niveau d'éclairage conforme et sécuritaire.

Type d'implantation

Vu la nature des voies à éclairer et le trafic journalier nous optons pour une implantation unilatérale.

Hauteur de feu

Les lampes EP seront fixées aux support BT, donc la hauteur de feu devra être fonction de la hauteur hors sol des supports qui est de 7,6 m qui est conforme à la norme car supérieur à la largeur des voies à éclairer.

❖ Dimensionnement photométrique

Ecartement entre les lampadaires

Étant donné que les luminaires seront installés sur les supports du réseau BT, l'espacement entre les lampadaires correspondra à l'écartement maximal entre les supports. Cet espacement est fixé à 50 m.

Facteur d'utilisation $\boldsymbol{u}$ et Facteur de maintenance $\boldsymbol{v}$

Dans le cadre du dimensionnement photométrique, un facteur d'utilisation $\boldsymbol{u}$ = 0,40 et un facteur de maintenance $\boldsymbol{v}$ = 0,80 ont été retenus, valeurs adaptées aux luminaires LED en éclairage public et conformes aux normes en vigueur [17].

Calcul du flux lumineux de la lampe

Le flux lumineux est une grandeur photométrique caractérisant la puissance lumineuse émise par une source. Il correspond à la quantité totale de lumière produite par cette source par unité de temps et constitue un paramètre fondamental dans l'étude et le dimensionnement des installations d'éclairage. Il se calcul de la manière suivante :

$$\boldsymbol{F = \frac{E \times l \times e}{v \times u}} \qquad (\mathbf{20})$$

F : flux lumineux [lm]
E : éclairement [lux]
l : largeur de la voie [m]
e : écartement entre lampadaires [m]
v : facteur de maintenance
u : facteur d'utilisation

AN. $F = \frac{15 \times 6 \times 50}{0{,}4 \times 0{,}8} = 14.062{,}5\ lm$

Choix des lampes

Le luminaire retenu est le modèle SHARK Eco 120 de la marque Gripumaj, offrant un flux lumineux de 16 200 lm. Ses caractéristiques techniques détaillées sont présentées en annexe 19.

❖ Choix d'alimentation

L'alimentation des lampadaires sera assurée par le réseau basse tension (BT).

D. ÉTUDE ÉCONOMIQUE DU PROJET

Le coût d'un projet est l'une des étapes déterminantes dans la planification. Elle permet d'estimer les charges matérielles nécessaires à la mise en œuvre effective du projet. Dans le cadre de la présente étude, cette évaluation repose sur l'élaboration de deux devis, l'un pour la fourniture et l'autre pour la pose des différents équipements HTA et BT/EP.

Ci-dessous les travaux à réaliser dans différents quartiers après étude :

Tableau 34 : Les travaux à effectuer après étude

Activités / Quartiers	Supports à implanter	Déroulage de ligne	Transformateur à installer
Notre dame	316 supports BT	14,027 km	2 × 250 kVA
	14 supports HTA	1,03 km	
Guei Robert-Zone Rouge	272 supports BT	10,821 km	1 × 160 kVA
	5 supports HTA	308 m	
Gomimpleu extension	205 supports BT	7,93 km	1 × 160 kVA
	18 supports HTA	1,119 km	
Cité des cadres	160 supports BT	4,181 km	1 × 160 kVA
	5 supports HTA	348 m	
Village Gogouin	151 supports BT	5,487 km	1 × 100 kVA
	8 supports HTA	478 m	
Zone Rouge extension	110 supports BT	4,181 km	1 × 100 kVA
	6 supports HTA	400 m	
Stade	75 supports BT	3,048 km	1 × 100 kVA
	2 supports HTA	133 m	

À l'issue de cette analyse, le montant TTC de notre projet s'élève à **706 559 569,14 FCFA**. Ce coût reflète les besoins spécifiques de chaque zone d'intervention. Ci-dessous le coût pour les différents quartiers.

Tableau 35 : Récapitulatif du coût du projet

QUARTIERS	MONTANT TTC (FCFA)
Cité des cadres	85 601 874,96
Zone rouge extension	59 441 172,80
Stade	42 267 888,40
Village Gogouin	74 628 391,60
Guei Robert-Zone Rouge	136 767 560,40
Gomimpleu extension	108 759 436,20
Notre dame Est	199 093 244,78
TOTAL	**706 559 569,14**

En annexe 20, le devis quantitatif et estimatif détaillé d'un des quartiers concernés par le projet.

CHAPITRE V : PLANIFICATION DES TRAVAUX – NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

Dans ce chapitre il sera question de faire la planification des travaux avec le logiciel MS Project et ensuite faire une notice pour les impacts du projet.

I. PLANNING DE REALISATION DES TRAVAUX

Le planning retrace les principales étapes du projet, notamment l'approvisionnement du matériel, le piquetage, la fouille, le levage, le bétonnage, la réalisation des massifs, le déroulage des conducteurs, raccordement, pose des lanternes et conception des prises de terre. Il sert à organiser les activités, optimiser les ressources et respecter les délais.

Apres étude les travaux à réaliser sont :

- 1289 supports BT et 58 supports HTA à lever et bétonner
- 51,868 km de ligne BT et 3,645 km de ligne HTA à dérouler
- 6 transformateurs H61 et 2 postes préfabriqués à installer

I.1 Présentation du logiciel

MS Project est un logiciel de gestion de projet développé par Microsoft, spécialement conçu pour la planification, le suivi et le contrôle des projets. Dans le contexte des travaux d'électrification, Il offre des fonctionnalités particulièrement adaptées à la gestion des projets d'infrastructure.

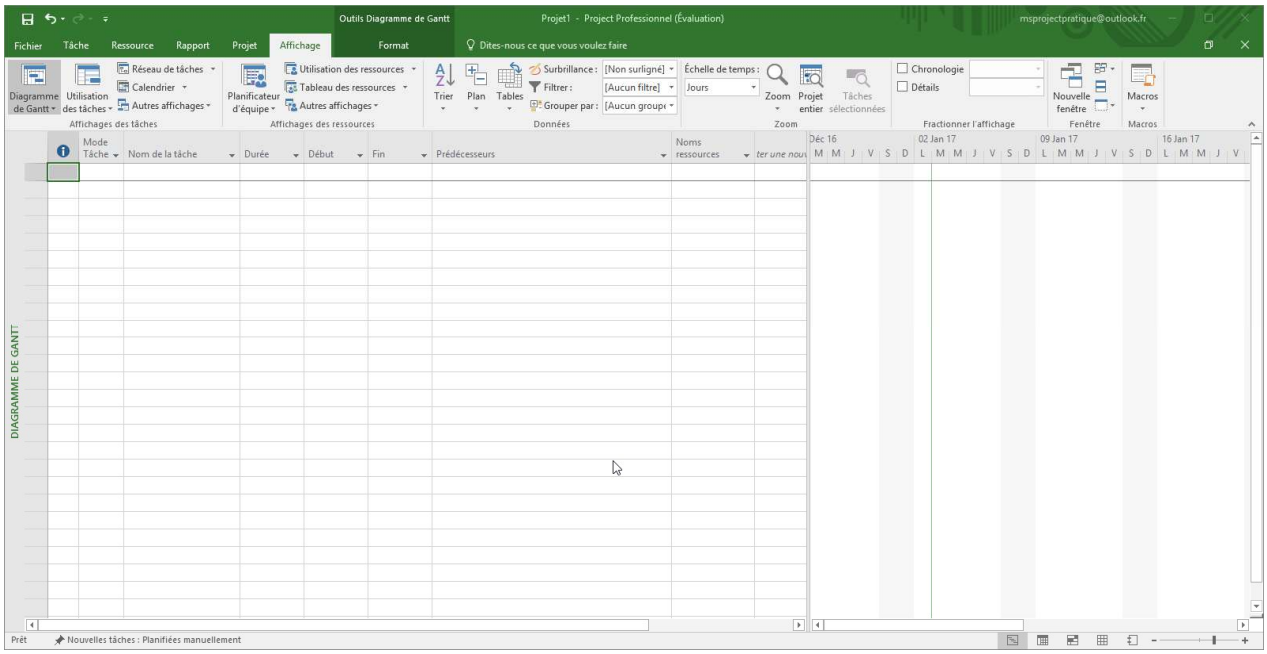


Figure 16 : Interface du logiciel MS Project

Les fonctionnalités proposées par MS Project sont :

- **Décomposition du projet en tâches** et création d'une structure hiérarchique (Work Breakdown Structure-WBS)
- **Planification des durées** et mise en relation des tâches à travers des liens de dépendance (Fin-Début, Début-Début, etc.)
- **Gestion des ressources** (humaines, matérielles et financières), avec suivi de la charge de travail de chaque ressource
- **Visualisation graphique** via le diagramme de Gantt, qui illustre de manière intuitive la chronologie des tâches, leurs chevauchements et la durée totale du projet.
- **Suivi d'avancement** grâce à la possibilité de comparer le planning (Baseline) avec l'état réel d'exécution.

I.2 Méthodologie d'utilisation du logiciel MS Project

I.2.1 Paramétrage du calendrier de travail

MS Project fait la planification en se basant sur le calendrier et prend en compte les éléments suivants :

– Semaine de travail : 6 jours (lundi à samedi)

– Horaires : 7h30-12h00 et 13h00-16h30

– Jours fériés et contraintes climatiques intégrés

– Périodes d'indisponibilité des équipements

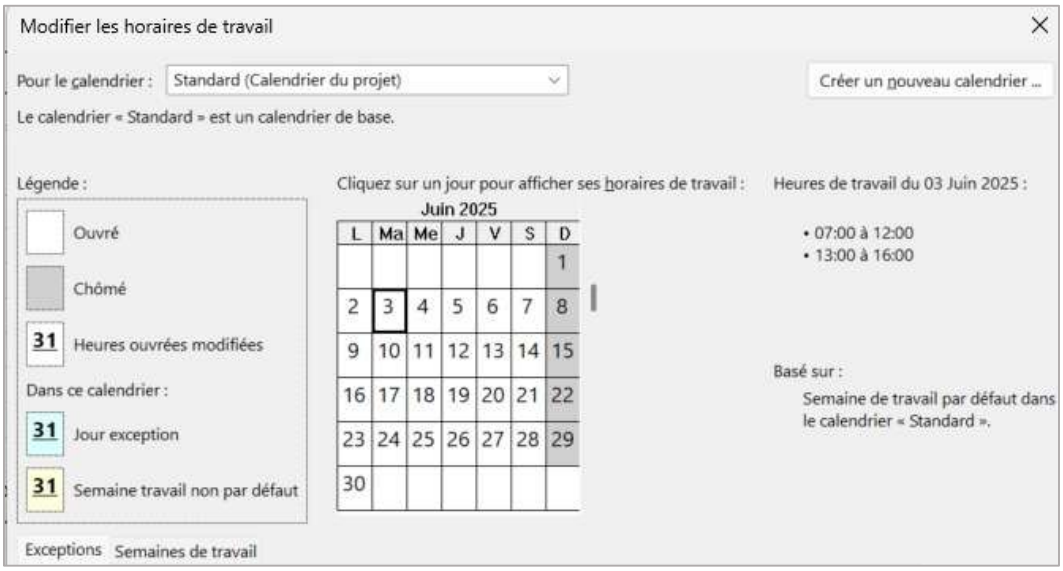


Figure 17: Interface du calendrier MS Project

I.2.2 Structuration de décomposition du projet

Elle consiste à identifier les tâches du projet, définir les relations de dépendance, estimer la cadence des activités (dans des conditions météo propices) afin d'estimer la durée de chaque activité.

Par ailleurs, pour garantir une progression harmonieuse et simultanée sur le terrain, une équipe de travaux est affectée à chaque quartier, ce qui permet d'optimiser l'organisation, de réduire les temps d'attente entre les tâches et d'assurer une meilleure répartition des ressources.

Tableau 36 : Structuration des travaux à effectuer

	Tâches		**Prédécesseurs**
A	Etude		
B	Piquetage		A
C	Réception de piquetage		B
D	Approbation du matériel		A
Implantation de supports			
E	Fouille	BT	C
		HTA	H1
F	Levage + bétonnage	BT	E1
		HTA	E2
G	Point de diamant		F1, F2
Construction de ligne			
H	Déroulage des conducteurs	BT	F1
		HTA	F2
Génie civil			
I	Confection des socles des postes préfabriqués		A
Eclairage public			
J	Câblage de lampes		H1
K	Pose de lampes		J
Travaux de finitions			
L	pose et raccordement de transformateurs, IACM, parafoudres		K
M	Réalisation des terres		L
N	Raccordement aux réseaux existants		M

I.2.3 Définition et affection des ressources

Il existe trois types de ressources dans MS Project :

- les ressources " **travail** "

Ce sont des personnes (ou des équipements) qui effectuent un travail physique sou intellectuel sur les tâches. Elles sont associées à un taux horaire ou journalier (coût par heure, jour, etc.) ci-dessous celles qui seront utilisées lors du projet.

- les ressources " **consommable** "

Ce sont des consommables ou équipements utilisés pendant les activités, mais qui ne produisent pas de travail. Elles sont basées sur la quantité utilisée, et non sur la durée.

- les ressources " **coût** "

Ce sont des couts fixes ou ponctuels affectés à une tâche, indépendants du travail ou de la durée.

Tableau 37 : liste des ressources attribuée à la réalisation des activités

Types de ressources	Désignation
Ressources " travail "	1 Chef de chantier,3 Equipes de monteur (composé d'un chef d'équipe et trois monteurs),1 Equipe de raccordement des postes,1 Grutier,1 Grue,1 Ingénieur travaux,1 magasinier ,1 Superviseur,1 Topographe, 1 Technicien de bureau d'étude et 3 tricycles
Ressources " consommable "	Brique, Ciment, Gravier et Sable
Ressources " coût "	1 fossoyeur et 1 maçon

I.2.4 Définition des contraintes

La contrainte qui influe plus sur la durée de notre projet est la météorologie(pluie), pour cela nous avons utilisé la base de données météorologie OPEN METEO pour extraire les données sur un intervalle de temps allant du début de projet au mois d'octobre 2025, ensuite avec Excel nous avons filtrer les heures où la pluviométrie est supérieure à deux (2) millimètre (mm) qui seront considéré comme des heures où les travaux seront arrêtés dans le calendrier de MS Project.

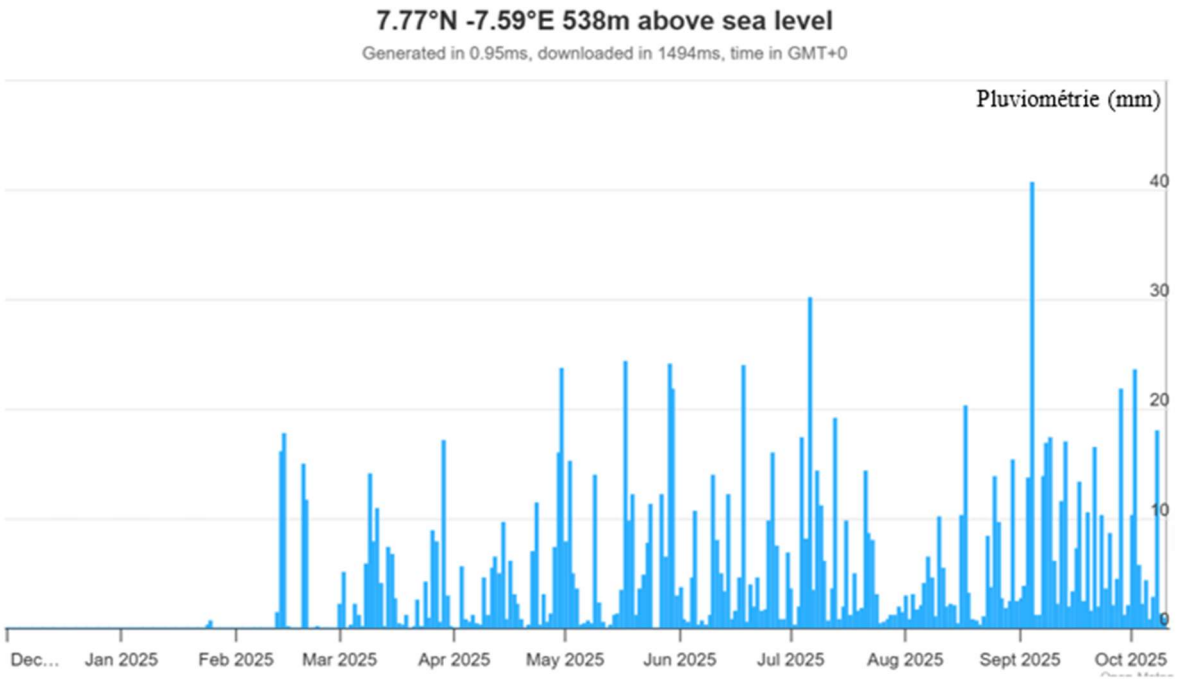


Figure 18 : Données de pluviométrie de la commune de Biankouma (Décembre 2024-Octobre 2025)

I.3 Planning des travaux

L'outil MS Project a été utilisé pour élaborer un planning prévisionnel général du projet, permettant d'obtenir une vision claire, structurée et détaillée de l'ensemble des activités à réaliser. Ce planning a été établi en tenant compte des principales contraintes identifiées, notamment les paramètres climatiques, ainsi que la disponibilité et la mobilisation des ressources humaines et matérielles nécessaires à la bonne exécution des travaux. Le temps réel d'exécution des travaux a ainsi été estimée à **209 jours ouvrables**, correspondant à un total de **269 jour calendaire**, soit environ 8 **mois** et **26 jours**.

Ce planning constitue un outil essentiel pour contrôle et la gestion de l'avancement du chantier. Il permet non seulement de coordonner les différentes tâches, mais également d'anticiper d'éventuels retards et d'adapter, si nécessaire, l'organisation du chantier afin de respecter les délais prévus.

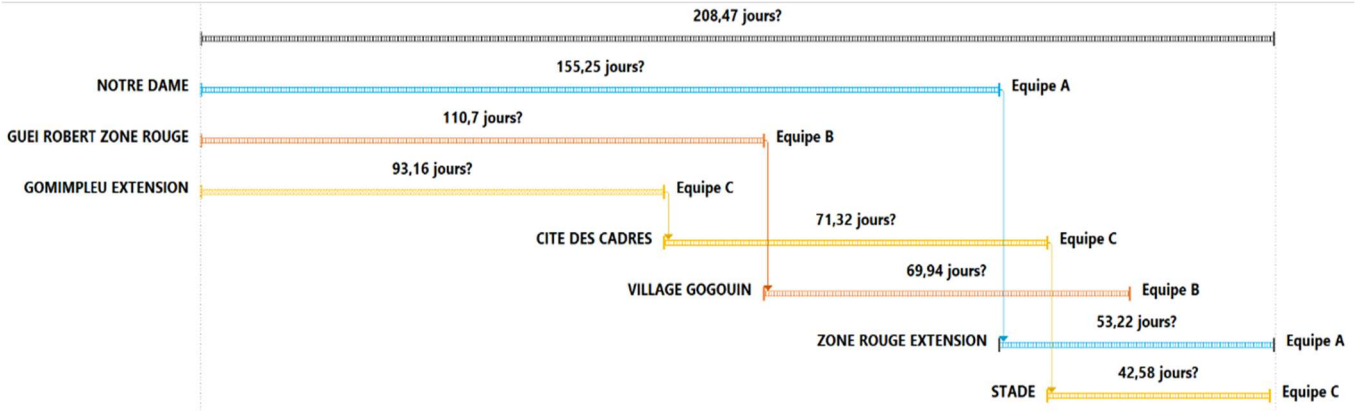


Figure 19 : Planning des travaux (MS Project)

II. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Une attention particulière a été portée aux impacts environnementaux et sociaux susceptibles de découler de la mise en œuvre du projet d'extension du réseau électrique. Cette analyse vise à anticiper les interactions potentielles entre les travaux projetés, le milieu naturel et le cadre de vie des populations concernées. La notice d'impact constitue, à cet effet, un outil essentiel permettant d'identifier, d'analyser et d'évaluer de manière structurée les effets positifs comme négatifs associés aux différentes phases du projet, depuis les travaux de réalisation jusqu'à l'exploitation des ouvrages. Elle met également en évidence les mesures d'atténuation, de prévention et, le cas échéant, de compensation à envisager, dans le but de limiter les conséquences défavorables sur l'environnement naturel, les ressources locales et les communautés riveraines.

Par ailleurs, un tableau récapitulatif est présenté en annexe 21. Celui-ci détaille de façon claire les impacts positifs et négatifs identifiés, ainsi que les actions recommandées soit pour renforcer les effets bénéfiques, soit pour réduire, maîtriser ou corriger les impacts défavorables susceptibles d'apparaître au cours du projet.

CONCLUSION

Ce mémoire a porté sur la conception et le dimensionnement des réseaux HTA, BT/EP dans le cadre de l'extension du réseau électrique de la zone de Biankouma. L'étude a été menée conformément aux exigences techniques, économiques et environnementales du programme NEDA. Les calculs électriques et mécaniques ont confirmé la faisabilité du projet, avec des chutes de tension respectant les standards et des équipements adaptés pour garantir la fiabilité et la durabilité des installations.

L'étude a également intégré une analyse technico-économique, avec un coût estimé à **706 559 569,14 FCFA**, ainsi qu'une notice d'impact environnemental et social pour anticiper les effets du projet et proposer des mesures d'atténuation. Ces résultats démontrent que l'extension du réseau contribuera à améliorer l'accès à l'électricité, favoriser le développement socio-économique et réduire les inégalités territoriales.

En perspective, la mise en œuvre effective du projet nécessitera un suivi rigoureux des travaux et une coordination optimale des ressources afin de respecter les délais et garantir la qualité des ouvrages. Ce travail constitue une base solide pour des projets similaires d'électrification rurale, en s'inscrivant dans une logique de développement durable et inclusif.

BIBLIOGRAPHIE

[1] CI-ENERGIES, « Rapport_Gestion_Exercice-2022-_final ». décembre 2022.

[2] Oklomi Paule KOUASSI, « Etude et réalisation de l'extension du réseau HTA/BT dans la région du HAMBOL/CÔTE D'IVOIRE: cas de la ville de FOUMBOLO ». INSTITUT 2IE, janvier 2025.

[3] AFNOR (Association Française de Normalisation), « NFC11-201 : Réseaux de distribution publique d'énergie électrique ». octobre 1996.

[4] Doh ANKAGUI, « TECHNOLOGIE DES RESEAUX DE HTA/BT ».

[5] Wendmi Apollinaire KAGAMBEGA, « ETUDE D'ELECTRIFICATION DE LA LOCALITE RURALE DE KAYA NAVIO ». INSTITUT 2IE, janvier 2019.

[6] Didier laurent et Jean-François, « Lignes aériennes : matériels - Supports », *Réseaux électriques et applications*, mai 2005, doi: 10.51257/a-v3-d4424.

[7] BOTO Boto Eugène, « Guide Technique Réseau HTA_CI ENERGIES », mars 2021.

[8] SENELEC, « Doctrine de construction des réseaux HTA et BT ». novembre 2018.

[9] AFNOR (Association Française de Normalisation), « NFC33-209 : Câbles isolés ou protégés pour réseaux d'énergie - Câbles isolés assemblés en faisceau pour réseaux aériens, de tension assignée 0,6/1 kV ». décembre 2024.

[10] AFNOR (Association Française de Normalisation), « NFC14-100: Installations de branchement à basse tension ». juillet 2021.

[11] Delbon NTUMBA, « Réseaux électriques HTA/BT publics ». INSTITUT 2IE, novembre 2022.

[12] SOCIETE TUNISIENNE DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ, « GUIDE TECHNIQUE DE LA DISTRIBUTION D'ELECTRICITE CHAPITRE 1 ». mars 2004.

[13] André Chanal et Jean-Pierre Lévêque, « Lignes aériennes : matériels. - Conducteurs et câbles de garde », *Réseaux électriques et applications*, févr. 2003, doi: 10.51257/a-v2-d4422.

[14] AFNOR (Association Française de Normalisation), « UTEC11-001: Les conditions auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique ». août 2001.

[15] EDF(Electricité De France), « Doctrine constructive : ligne principale ou d'ossature aérienne (Technique suspendue) ».

[16] BOTO Boto Eugène, « Guide Technique Poste HTA/BT_CI ENERGIES ». mars 2021.

[17] AFNOR, « NF EN 13201-2 : exigences de performances éclairage public ». mars 2016.

WEBOGRAPHIE

https://www.engelecgroup.com,Consulté le 30 Juin 2025

https://fr.wikipedia.org/wiki/Biankouma,Consulté le 28 Juin 2025

https://www.inesmax.com,Consulté le 01 Juillet 2025

http://intranet.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2801 , Consulté le 15 Juillet 2025

ANNEXES

Annexe 1 : Organigramme Omexom Distribution..... II

Annexe 2 : Taux de charge des transformateurs existants..... III

Annexe 3 : Schéma descriptif des réseaux HTA IV

Annexe 4 : Schémas descriptifs des postes de transformation V

Annexe 5 : Schéma descriptif des réseaux BT..... VII

Annexe 6 : Fiches de dimensionnement électrique HTA VIII

Annexe 7 : Notes de calculs électriques des lignes HTA (cas du quartier Cité des cadres)..... X

Annexe 8 : Fiches techniques de l'IACM, parafoudre, des isolateurs et disjoncteur haut de poteau..... XII

Annexe 9 : Tracés des lignes HTA (cas des quartiers Notre dame EST et Gomimpleu extension)..... XV

Annexe 10 : Notes de calculs de l'étude mécanique des lignes HTA (Paramètres de pose) XVI

Annexe 11 : Calculs de Flèches, gardes au sol, portées équivalentes et profondeurs de fouilles des supports HTA XVIII

Annexe 12 : calculs des efforts des supports des lignes HTA XXII

Annexe 13 : Carnet de piquetage des lignes HTA..... XXVII

Annexe 14 : Tracés des lignes BT (Gomimpleu extension et Zone rouge extension).... XXXIV

Annexe 15 : Calculs de chute de tension des lignes BT XXXVI

Annexe 16 : Notes de calculs de l'étude mécanique des lignes BT (Paramètres de pose)... XLI

Annexe 17 : Calculs de Flèches, gardes au sol, portées équivalentes et profondeurs de fouilles des supports BT (Cas de Zone Rouge extension et Gomimpleu extension)..... XLIII

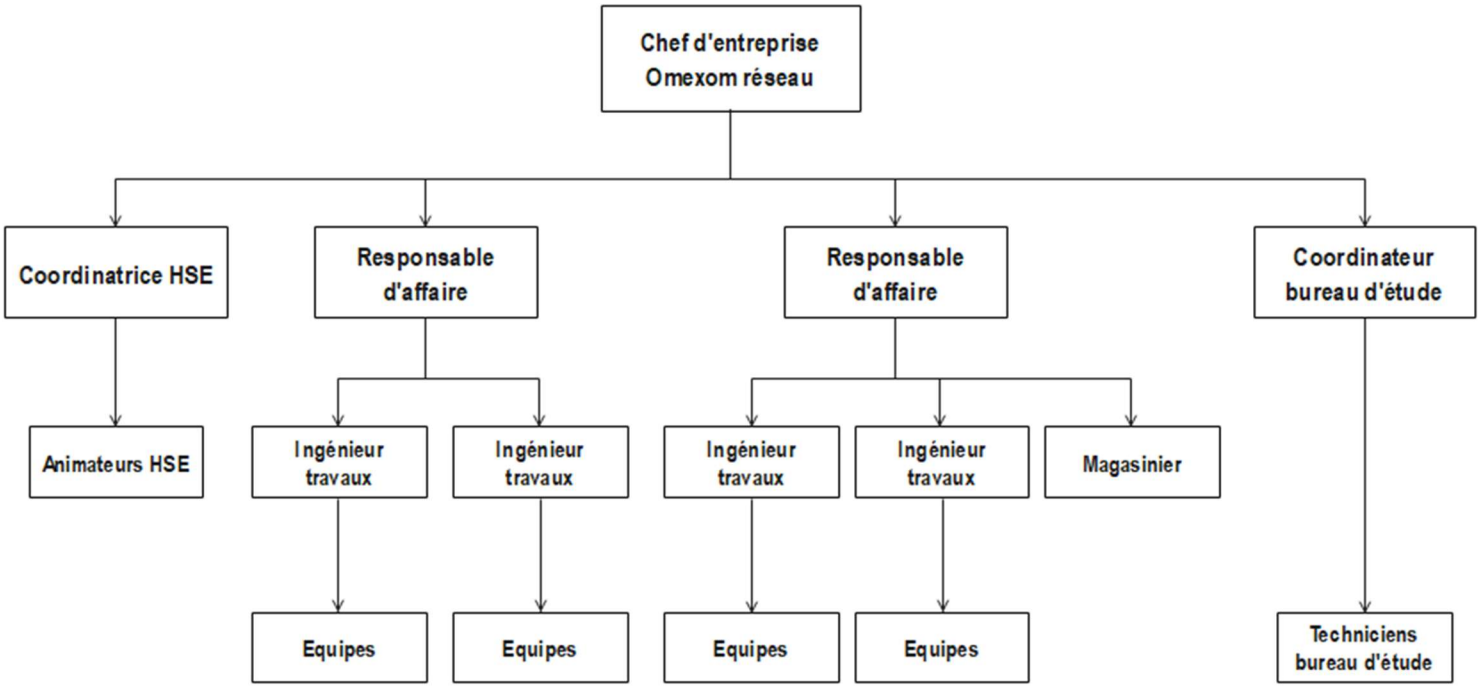
Annexe 18 : calculs des efforts des supports des lignes BT (Cas de Zone Rouge extension et Gomimpleu extension)..... LIII

Annexe 19 : Spécifications techniques des lampes SHARK Eco 120..... LX

Annexe 20 : Devis estimatifs et quantitatif du projet (cas de Gomimpleu extension) LXI

Annexe 21 : Notice d'impact environnemental et social..... LXVII

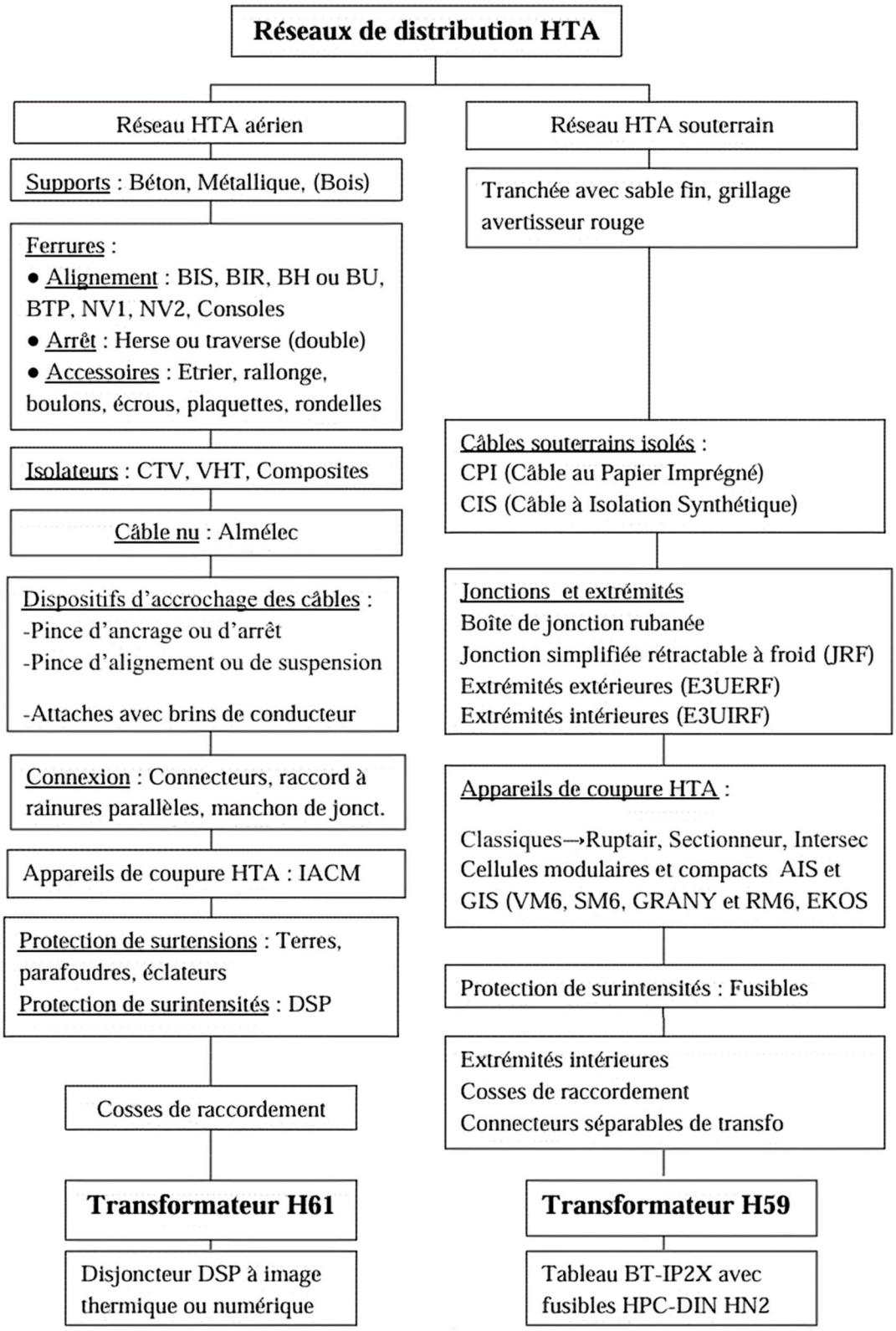
Annexe 1 : Organigramme Omexom Distribution



Annexe 2 : Taux de charge des transformateurs existants

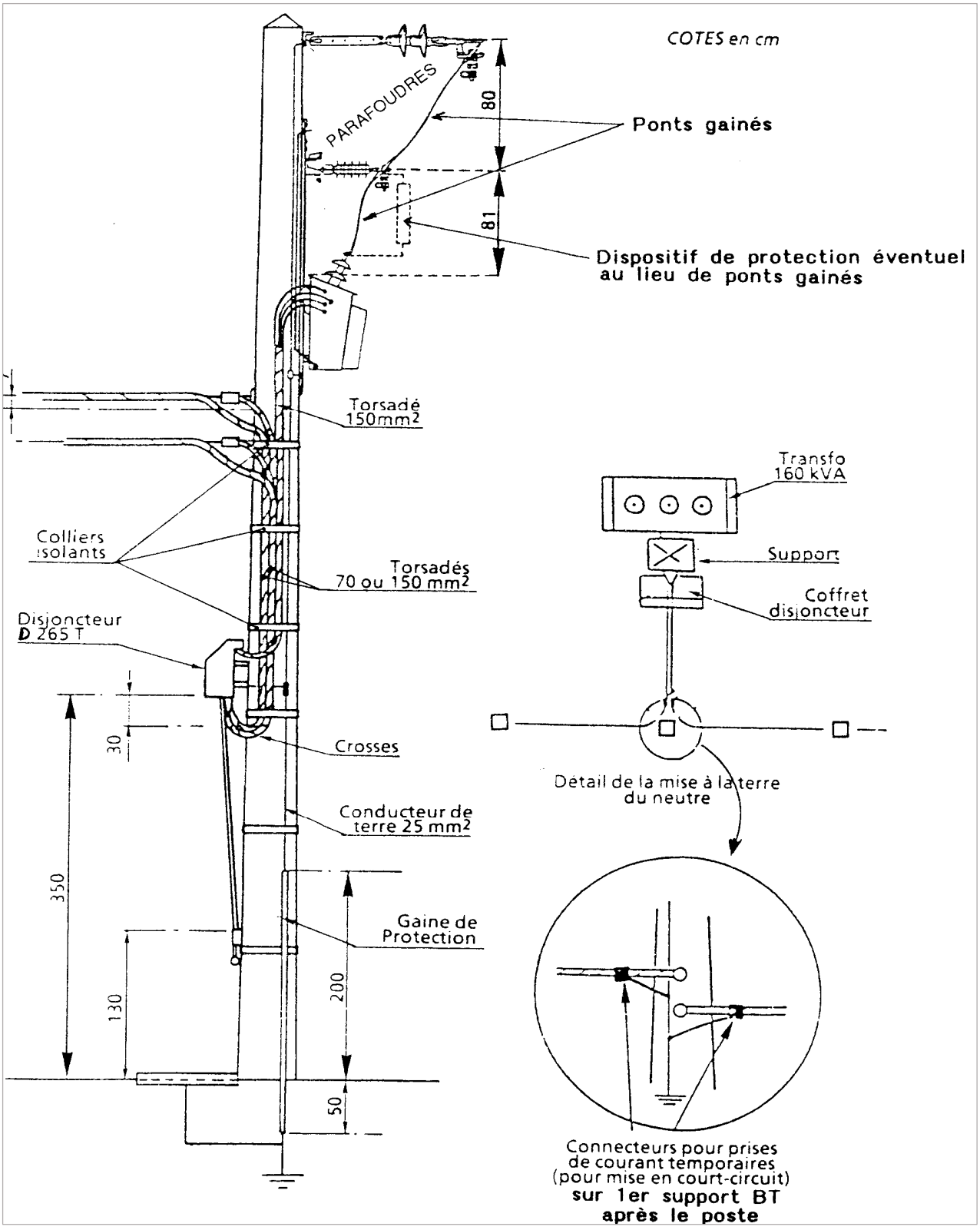
QUARTIERS	Types de ménages/Services	Nombres	Puissance unitaire (VA)	Puissance par type (kVA)	Ks	Puissance totale des charges (kVA)	Puissance transfo(s) installé(s)	Charge du transfo (%)
Cité CADRE	Ménage 5 A	70	1150	80,5	0,4	44,44	50	**88,88**
	Ménage 10 A	6	2300	13,8				
	Ménage 15 A	2	3450	6,9				
	école/collège	1	6600	6,6				
	église	1	3300	3,3				
GUEI ROBERT Zone Rouge	Ménage 5 A	120	1150	138	0,4	87,94	100	**87,94**
	Ménage 10 A	5	2300	11,5				
	Ménage 15 A	3	3450	10,35				
	Résidence 20 A	3	4600	13,8				
	Bureau administratif	2	6600	13,2				
	école/collège	2	6600	13,2				
	Station TOTAL	1	6600	6,6				
	Place public	1	2200	2,2				
	Bureaux SODECI	2	2200	4,4				
	Hôpital	1	6600	6,6				
Village Gogouin	Ménage 5 A	68	1150	78,2	0,4	44,20	50	**88,40**
	Ménage 15 A	2	3450	6,9				
	Centre de santé	1	6600	6,6				
	Marché	1	6600	6,6				
	Magasin	1	2300	2,3				
	école	1	6600	6,6				
	Culte	1	3300	3,3				
STADE	Ménage 5 A	75	1150	86,25	0,4	40,66	50	**81,32**
	Terrain de sport	1	2200	2,2				
	école/collège	2	6600	13,2				
Zone rouge extension	**Pas de transformateur existant**							
Gomimpleu Extension	**Pas de transformateur existant**							
Notre dame EST	ménage 5 A	405	1150	465,8	0,4	222,94	250	**89,18**
	école/collège	5	6600	33,0				
	église	2	3300	6,6				
	Centre artisanal	1	3300	3,3				
	Réserve administrative	1	2200	2,2				
	foyer des sœurs	1	3300	3,3				
	Terrain de sport	1	2200	2,2				
	Gare routière	1	6600	6,6				
	Coopec	1	2200	2,2				
	Sous-préfecture	1	3300	3,3				
	Marché	1	6600	6,6				
	Police	1	4400	4,4				
	District sanitaire	1	6600	6,6				
	Médico sanitaire	1	4400	4,4				
	Hôtel de ville	1	6900	6,9				

Annexe 3 : Schéma descriptif des réseaux HTA

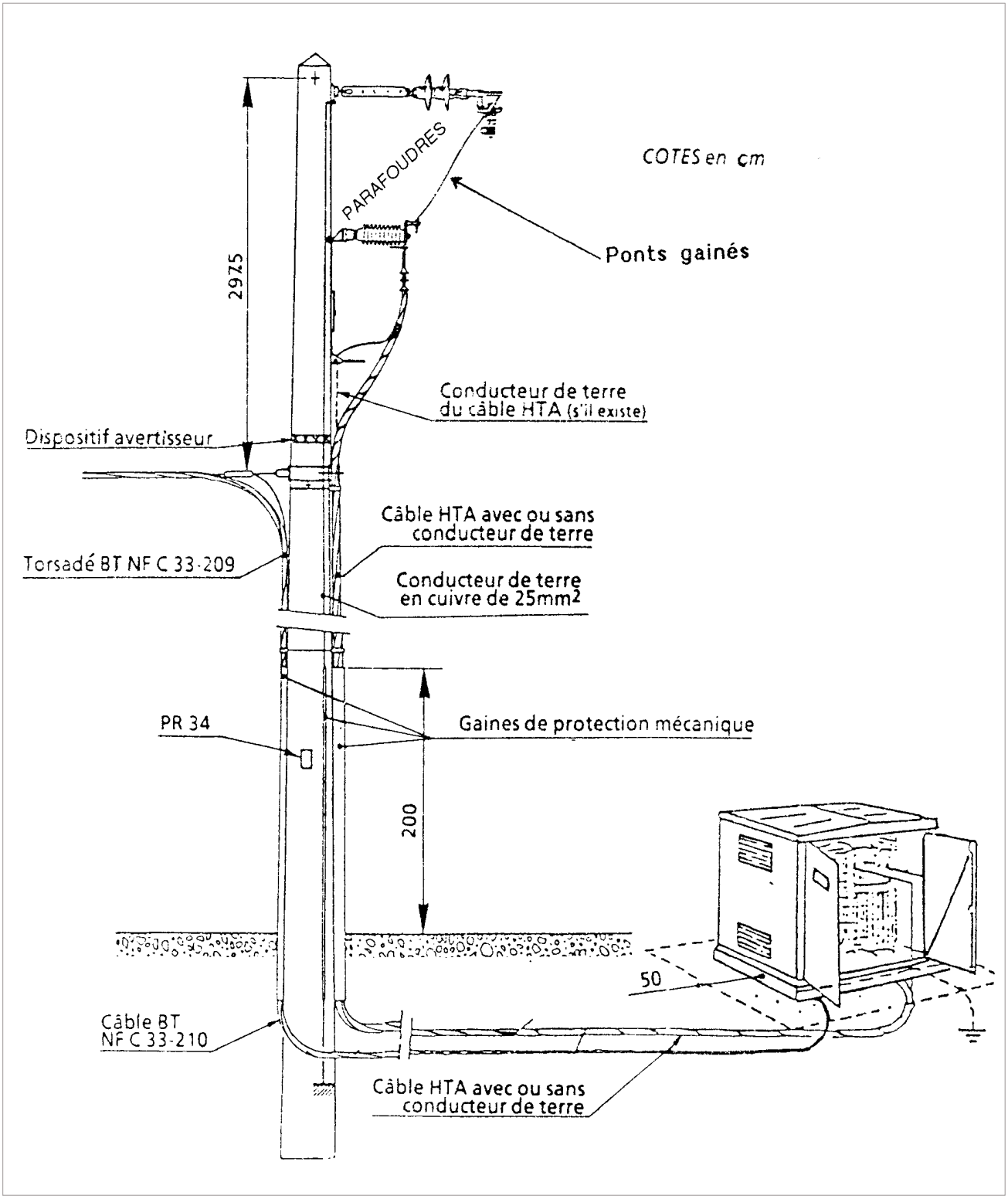


Annexe 4 : Schémas descriptifs des postes de transformation

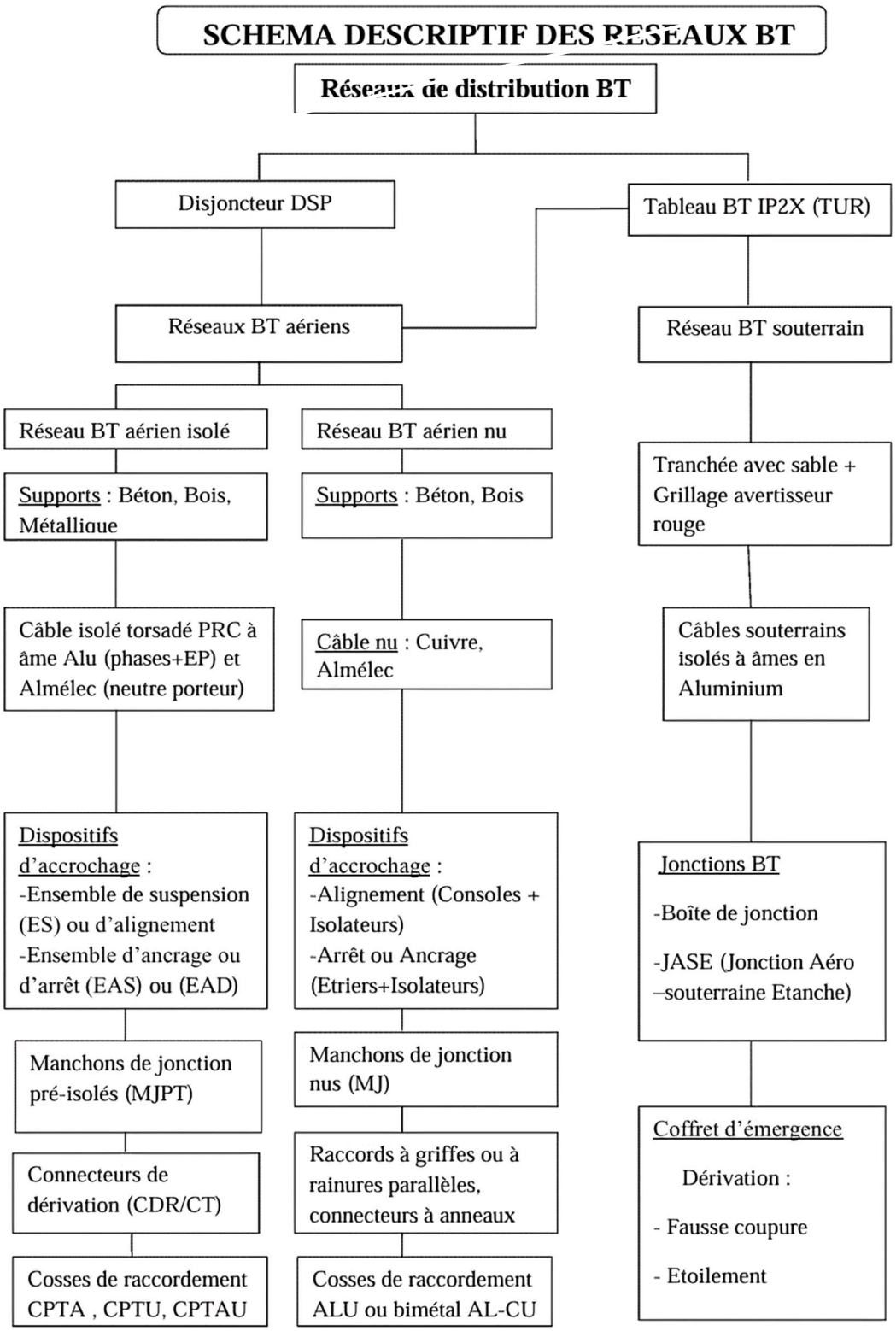
1. Transformateur sur poteau de 160 kVA en antenne[3]



2. Transformateur bas de poteau alimenté par une liaison Aero souterraine[3]



Annexe 5 : Schéma descriptif des réseaux BT



Annexe 6 : Fiches de dimensionnement électrique HTA

1. Puissance à transiter dans les lignes HTA

ESTIMATION DE LA PUISSANCE Á TRANSITER									
QUARTIERS	Types de ménages/Services	Nombre	Puissance unitaire (VA)	Puissance par type (kVA)	Ks	Puissance totale des charges (kVA)	Puissance à l'an n=10 avec i=5% (kVA)	Facteur de puissance cos φ	Puissance à l'an n=10 avec i=5% (kW)
Cité des cadres	Ménage 5 A	170	1150	195,5	0,4	87,28	142,17	0,90	127,95
	Ménage 10 A	7	2300	16,1					
	école	1	6600	6,6					
Guei Robert-Zone Rouge	Ménage 5 A	151	1150	173,65	0,4	80,9	131,78	0,90	118,60
	Lycée moderne	1	26400	26,4					
	Réserve administrative	1	2200	2,2					
Village Gogouin	Ménage 5 A	115	1150	132,3	0,4	55,54	90,47	0,90	81,42
	Marché	1	6600	6,6					
Stade	Ménage 5 A	76	1150	87,4	0,4	34,96	56,95	0,90	51,25
Zone rouge extension	Ménage 5 A	100	1150	115	0,4	48,6	79,23	0,90	71,31
	Collège	1	6600	6,6					
Gomimpleu extension	Ménage 5 A	180	1150	207	0,4	85,44	139,17	0,90	125,26
	Collège	1	6600	6,6					

Notre dame EST	ménage 5 A	283	1150	325,5	0,4	130,18	212,05	0,90	190,84

2. Calcul des chutes de tension

CALCUL DE CHUTE DE TENSION								
QUARTIERS	Pn (MW)	L (km)	Section (mm²)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Tanφ	U (kV)	ΔU/U (%)
Cité des cadres	0,128	0,348	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0033
Guei Robert-Zone Rouge	0,119	0,308	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0027
Village Gogouin	0,081	0,478	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0029
Stade	0,051	0,133	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0005
Zone rouge extension	0,071	0,4	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0021
Gomimpleu extension	0,125	1,119	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0105
Notre dame Est	0,191	0,603	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0086
	0,250	0,463	54,6	0,646	0,35	0,484	33	0,0087

Annexe 7 : Notes de calculs électriques des lignes HTA (cas du quartier Cité des cadres)

1. Puissance à transiter

- $S_1 = N_{abonnés} \times U \times I \times K_s$

  AN: $S_1 = [(170 \times 230 \times 5) + (7 \times 230 \times 10) + (1 \times 6600)] \times 0{,}4$

  $$S_1 = 87280 \text{ VA} = 87{,}28 \text{ kVA}$$

- $S_n = S_1(1 + i)^n$

  AN: $S_{10} = 87{,}28\ (1 + 0{,}05)^{10}$

  $$S_{10} = 142{,}17 \text{ kVA}$$

- $P_n = S_n \times \cos\varphi$

  AN: $P_{10} = 142{,}17 \times 0{,}9$

  $$P_{10} = 127{,}95 \text{ kW}$$

2. Calcul du courant de ligne

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi}$$

AN: $$I_{10} = \frac{127{,}95}{\sqrt{3} \times 33 \times 0{,}9}$$

$$I_{10} = 2{,}487 \text{ A}$$

3. Calcul de la chute de tension

$$\frac{\Delta U}{U} = (r + x * \tan\varphi) \times \frac{P_n \times L}{U^2} \times 100$$

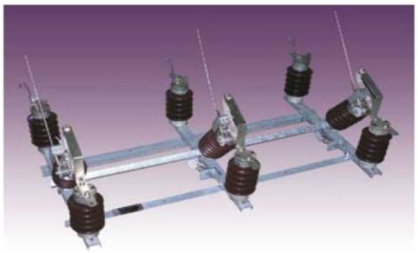
AN: $$\frac{\Delta U}{U} = (0{,}646 + 0{,}35 \times 0{,}484) \times \frac{0{,}128 \times 0{,}348}{33^2} \times 100$$

$$\frac{\Delta U}{U} = 0{,}0033\ \%$$

Annexe 8 : Fiches techniques de l'IACM, parafoudre, des isolateurs et disjoncteur haut de poteau

1. Fiche technique IACM

Interrupteur Aérien à Commande manuelle (IACM) 36kv/50A



Désignation	Caractéristiques mécaniques						
MAX IACM 36kV/50A	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	Ligne de fuite (Isolateur HTV) (mm)	Nombre de jupes/ Nombre de manoeuvres	Poids approximatif (Kg)
Référence							
11453	800 ±5	800 ±5	780 ±10	740 ±10	1020	11 / 10 000	83

Caractéristiques électriques						
Courant assigné en service continu (A)	Pouvoir de coupure assigné (A)	Courant assigné de courte durée admissible (eff) (kA) (1s)	Pouvoir de fermeture assigné sur court circuit(crête) (kA)	Tension assignée (kV)	Tension de tenue au chocs de foudre à sec (kV)	Fréquence (Hz)
400	50	12,5	31,5	36	190	50

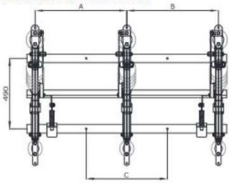
- Nombre de pôles : 3
- Courant de coupure à vide : 11 A
- Isolement phase/terre-foudre : 170 kV
- Isolement à 50 Hz sous la pluie : 50 kV
- Courant de courte duree : 10 kA/s
- Courant de crete admissible : 25 kA
- Isolement choc de foudre : 205 kV

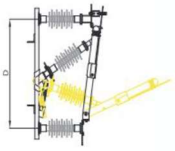


Spécifications Techniques

Norme de référence : ISO 1461 / CEI 2271-1 / CEI 60265 - 103 / ST D60 - L60

- Chassis galvanisé.
- Chaises supports .
- Commande manuelle.
- Tringlerie réglable pour 11 /14 mètres (tube supérieur télescopique tube inférieur avec isolement).
- Complément tringlerie (tube intermédiaire, guide tube supplémentaire)
- Fermeture ensemble 3 pôles /Sachet de fixation pour 2 cerclages
- Feuillard de fixation IACM
- Cisailles à feuillard
- Support intermédiaire/ Identification IACM
- Nature des isolateurs : composite ou verre trempé





IF DEV 0114 B | Version 11/18

Siège social : Bd. Chefchaouni km 11,5 Ain sebaâ - Casablanca - Morocco

Usine & Direction commerciale : Lotissement Banam, la Gracieuse, N° 35-36 - Sidi Bernoussi - Casablanca - Morocco
Tél : +212 5 22 34 45 10 / 67 22 30 - Fax : +212 5 22 35 33 99 / 66 67 67 - Email : inesmax@ines.ma

www.ines-max.com

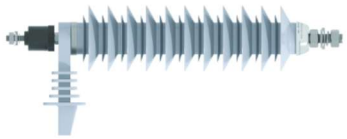
2. Fiche technique parafoudre

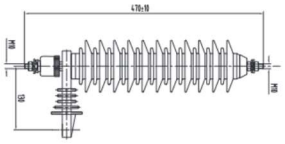


Référence	Caractéristiques mécaniques		
	Longueur / Pas (mm)	Ligne de fuite (mm)	Poids net approximatif (avec ferrures de montage) (Kg)
11662	470 ±10	1100	4,85

Caractéristiques électriques					
Fréquence (Hz)	Tension assignée (kV)	Tension de régime permanent Uc (kV)	Tension de tenue aux chocs de foudre (kV)	Tension de tenue à fréquence industrielle (kV)	Tension résiduelle maximale à In (8/20 µs) 10kA (kV)
50	36	30	170	70	100

Tenue au court-circuit (0,2 sec) (kA)	Courant Nominal de décharge In (kA)	Courant de grande amplitude (kA)	Tenue aux courants de longue durée (2000 µs) (kA)	Capacité énergetique en onde (kJ/kV de Uc)
20	10	100	300	3,5





Spécifications Techniques

Standard : CEI 60071 - CEI 60099 - CEI 60270 - CEI 60815
Type : ZnO
Niveau de pollution : Classe 3
Execution : Tropicalisé.
Régime de neutre du réseau: Mise à la terre par résistance
Accessoires :
- Ferrure pour montage verticale ou horizontal.
- Support Isolant.

Siège social : Bd, Chefchaouni km 11,5 Ain sebaâ - Casablanca - Morocco
Usine & Direction commerciale : Lotissement Banam, la Gracieuse, N° 35-36 - Sidi Bernoussi - Casablanca - Morocco Tél : +212 5 22 34 45 10 / 67 22 30 - Fax : +212 5 22 35 33 99 / 66 67 67 - Email : inesmax@ines.ma
www.inesmax.com

3. Fiche technique isolateur composite

Isolateur composite MAX CS40 SB11/180-700



Référence	Caractéristiques dimensionnelles				
	Longueur / Pas (mm)	Ligne de fuite (mm)	Nombre de jupes	Diamètre des jupes (mm)	Distance d'arc (mm)
14487	401 / 36	700	7	110	299

Caractéristiques électriques			
Tension de tenue aux ondes de choc 1,2/50µs (kV)	Tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute sous pluie (kV)	Tension maximale du réseau (kV)	Tension nominale assignée (kV)
180	90	36	33

Caractéristiques mécaniques		
Charge mécanique spécifiée (kN)	Désignation de l'assemblage	Poids net approximatif (Kg)
40	SB11	1,1

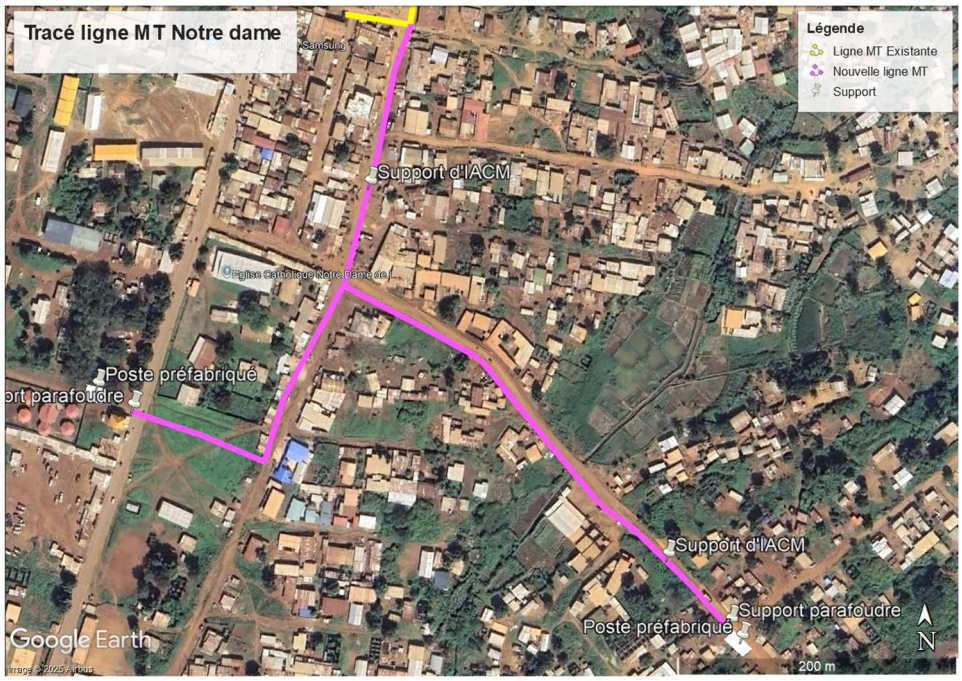
Version 2

4. Fiche technique disjoncteur haut de poteau

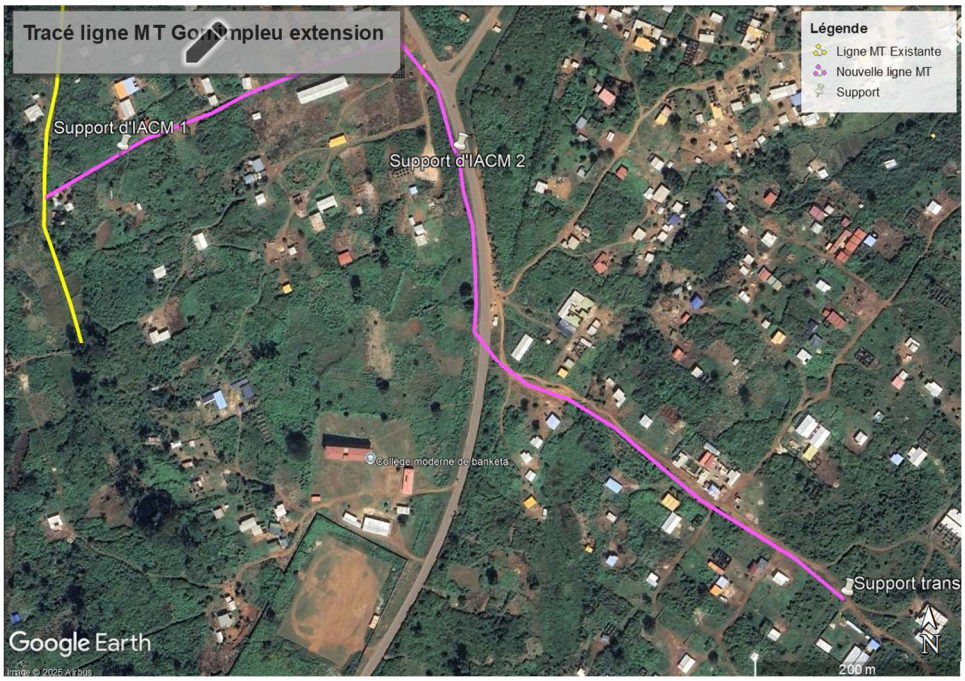


	DISJONCTEURS POTEAU	
	D165T	D265T
Norme de référence	HN 63-S-11	HN 63-S-11
Principe	Image thermique	Image thermique
Blocs associés	3 T / 6 T	3T / 6T / 7 T
Tension assignée - Fréquence	230/400 V - 50Hz	230/400 V - 50Hz
Courant assigné	165 A	265 A
Pouvoir de coupure	4 000 A	6 400 A
Pouvoir de fermeture	6 800 A	11 700 A
Nombre de pôles	4(3 pôles protégés)	4(3 pôles protégés)
Nombre de sorties	1 sortie	2 sorties
Section des câbles	50/ 150 mm²	50 / 150 mm²
Tenue diélectrique		
• en choc/masse 1,2/50µs	20 kV	20 kV
• à fréquence industrielle 50 Hz	10 kV	10 kV
• entre pôles ouverts	4 kV	4 kV
Dispositif de commande Pose	Manuel	Manuel
Accessoires	Sur poteau	Sur poteau
	Indicateur de charge	Indicateur de charge

Annexe 9 : Tracés des lignes HTA (cas des quartiers Notre dame EST et Gomimpleu extension)



Ligne HTA Notre dame EST



Ligne HTA Gomimpleu extension

Annexe 10 : Notes de calculs de l'étude mécanique des lignes HTA (Paramètres de pose)

1. Flèche maximale

$$f_{max} = \frac{a^2{}_{max}}{8P}$$

Avec $\begin{cases} a_{max} = 180 \text{ m} \\ P = 1000 \text{ m} \end{cases}$

AN: $f_{max} = \frac{180^2}{8 \times 1000} = 4{,}05\ m$

La flèche calculée ici est la valeur limite a ne impérativement pas dépassé.

2. Hauteur des supports

$$D = H - (f + P_f + A) \geq 6 \text{ m}$$

$$P_f = \frac{H}{10} + 0{,}5$$

$$D = H - \left(f + \frac{H}{10} + 0{,}5 + A\right) \geq 6 \text{ m}$$

$$H \geq \frac{10}{9} \times [6 + (f + 0{,}5 + A)]$$

Avec $\begin{cases} \text{H: la hauteur du support (m)} \\ \text{f: la fleche (m)} \\ \text{D: la garde au sol (m)} \\ P_f\text{: la profondeur de la fouille (m)} \\ \text{A: distance entre le bout du support et la balle} - \text{socket (m)} \end{cases}$

AN: $H \geq \frac{10}{9} \times [6 + (4{,}05 + 0{,}5 + 0{,}25)]$

$$H \geq 12 \text{ m}$$

La hauteur des supports doit être supérieure ou égale à 12 m.

3. Profondeur d'implantation des supports

Les calculs ont été faits en tenant compte de la hauteur minimale des supports qui est 12 m, si un support a une hauteur supérieure à la minimale alors les résultats seront différents de ceux-ci-dessous et consignés dans le tableau des calculs.

❖ Supports d'alignement

$$P_f = \frac{H}{10} + 0{,}5$$

AN: $P_f = \frac{12}{10} + 0{,}5 = 1{,}7 \text{ m}$

❖ Supports d'arrêt

$$P_f = \frac{H}{10} + 0{,}7$$

AN: $P_f = \frac{12}{10} + 0{,}7 = 1{,}9 \text{ m}$

❖ Supports d'angle

$$P_f = \frac{H}{20} + 1{,}3$$

AN: $P_f = \frac{12}{20} + 1{,}3 = 1{,}9 \text{ m}$

4. Tension des conducteurs (cas de la portée entre le support n°6 d'arrêt de la cité des cadres)

$$T = \frac{\omega \times a^2}{8f}$$

$$\omega = m * g$$

a : la portée [m]

f : la flèche [m]

ω : le poids linéique du conducteur [N/m]

m : la masse linéique du conducteur 0,149 kg/m pour du 54,6 mm² Almelec

g : L'accélération de la pesanteur 9,81 m/s²

AN: $T = \frac{0{,}149 \times 9{,}81 \times 60^2}{8 \times 0{,}45} = 1461{,}7\ N = 146{,}17\ daN$

Annexe 11 : Calculs de Flèches, gardes au sol, portées équivalentes et profondeurs de fouilles des supports HTA

Quartiers	N°support	Portée (m)	Fonction	Hauteur (m)	flèche (m)	profondeur de fouille (m)	Garde au sol (m)	Ecartement min (m) /Armement	Portée équivalente (m)
CITE DES CADRES	EXI	57	AS+SF	13	0,41	2	11,34	0,635	70,73
	1	70	DA	12	0,61	1,9	10,14	0,924	
	2	80	AD	13	0,80	1,8	9,05	1,025	
	3	71	SF	13	0,63	1,8	10,32	0,934	
	4	70	SF	13	0,61	1,9	10,34	0,924	
	5		AS	12					
GUEI ROBERT ZONE ROUGE	1	77	AS+SF	13	0,74	2	10,01	0,796	77,00
	2	77	AD	12	0,74	1,9	9,11	0,796	
	3	77	SF	13	0,74	1,8	10,21	0,796	
	4	77	SF	13	0,74	1,8	10,21	0,796	
	5		AS	12		1,9			
VILLAGE GOGOUIN	EXI	37	AS+SF	13	0,17	2	10,58	0,474	68,11
	1	41	DA	13	0,21	2	10,54	0,633	
	2	62	DA	13	0,48	2	10,27	0,995	

	3		AD	12		1,9			
		77			0,74		9,11		
	4		DA	14		2,1			
		54			0,36		11,29	0,763	
	5		DA	13		2			
		39			0,19		10,56	0,612	
	6		DA	13		2			
		85			0,90		9,85	1,075	
	7		SF	13		1,8			
		83			0,86		10,09	1,055	
	8		AS	12		1,9			
STADE	1		SUPP_GOUM	13		2			87,607
		85			0,90		9,85	1,075	
	2		DA	13		2			
		48			0,29		10,46	0,703	
	3		AS	12		1,9			
ZONE ROUGE EXTENSION	1		AS+SF	13		2			80
		80			0,8		9,95	1,025	
	2		AD	12		1,9			
		80			0,8		9,05	1,025	
	3		SF	13		1,8			
		80			0,8		10,15	1,025	
	4		SF	13		1,8			
		80			0,8		10,15	1,025	
	5		SF	13		1,8			
		80			0,8		10,15	1,025	
	6		AS	12		1,9			
GOMIMPLE U EXTENSION	1		AS+SF	14		2,1			72,728
		74			0,68		10,97	0,772	
	2		AD	12		1,9			

	74			0,68		9,17	0,965
3		AS+SF	13		2		
	78			0,76		9,99	1,005
4		SF	13		1,8		
	75			0,70		10,25	0,975
5		SF	13		1,8		
	74			0,68		10,27	0,965
6		DA	13		2		
	47			0,28		10,47	0,693
7		DA	12		1,9		
				0,36		9,49	0,763
8	54	AD	12		1,9		
	55			0,38		9,47	0,619
9		SF	13		1,8		
	58			0,42		10,53	0,804
10		DA	13		2		
	53			0,35		10,40	0,753
11		DA	14		2,1		
	71			0,63		11,02	0,934
12		DA	14		2,1		
	82			0,84		10,81	1,045
13		DA	13		2		
	81			0,82		9,93	1,035
14		DA	12		1,9		
				0,82		9,03	1,035
15	81	SF	13		1,8		
	81			0,82		10,13	1,035
16		SF	13		1,8		
	81			0,82		10,13	1,035

	17		AS	12		1,9			
NOTRE DAME EST	EXI	75	DA+AS	14	0,70	2,1	10,95	0,780	67,883
	1	65	DA	13	0,53	2	10,22	0,874	
	2	67	AD	12	0,56	1,9	9,29	0,894	
	3	70	DA+AS	13	0,61	1,8	10,34	0,924	
	4	70	DA	13	0,61	1,8	10,27	0,924	
	5	64	DA	12	0,51	1,9	9,34	0,864	
	6	64	DA	13	0,51	2	10,24	0,864	
	7	64	DA	13	0,51	2	10,24	0,691	
	8	64	AD	13	0,51	1,8	10,44	0,864	
	9		AS	13		2			
	3	52	DA+AS	13	0,34		12,41	0,743	
	10	89	DA	13	0,99	2	9,76	1,116	
	11	59	DA	13	0,44	2	10,31	0,814	
	12	56	SF	14	0,39	1,9	11,46	0,783	
	13		AS	13		2			

Annexe 12 : calculs des efforts des supports des lignes HTA

Quartiers	N°support	portée (m)	Fonction	Angle de piquetage (degré)	Traction du conducteur (daN)	Effort de traction (daN)	Effort du vent sur le conducteur (daN)	Effort calculé (daN)	Effort normalisé (daN)
CITE DES CADRES	EXI		AS+SF						
		57							
	1		DA	65	219,25	706,83	26,25	733,08	**1000**
		70							
	2		AD	-	219,25	657,76	120,01	668,62	**800 (support IACM)**
		80							
	3		SF	-	-	-	120,01	120,01	**300**
		71							
	4		SF	-	-	-	120,01	120,01	**300**
		70							
	5		AS	-	146,17	438,51	67,75	506,26	**1250 (support transfo)**
GUEI ROBERT ZONE ROUGE	1		AS+SF	-	146,17	438,51	79,87	518,37	**650**
		77							
	2		AD	-	219,25	657,76	146,93	673,97	**800 (support IACM)**
		77							
	3		SF	-	-	-	146,93	146,93	**300**
		77							
	4		SF	-	-	-	146,93	146,93	**300**
		77							
	5		AS	-	146,17	438,51	79,87	518,37	**1250 (support transfo)**
VILLAGE GOGOUIN	EXI		AS+SF						
		37							
	1		DA	30	219,25	340,48	57,84	390,55	**650**
		41							

	2	62	DA	35	219,25	395,58	5,13	400,72	**800**
	3	77	AD	-	219,25	657,76	135,05	671,48	**800 (support IACM)**
	4	54	DA	45	219,25	503,43	98,17	601,60	**800**
	5	39	DA	45	219,25	503,43	75,22	578,65	**800**
	6	85	DA	35	219,25	395,58	5,93	401,52	**800**
	7	83	SF	-	219,25	657,76	158,01	676,47	**300**
	8		AS	-	146,17	438,51	84,14	522,65	**1250 (support transfo)**
STADE	1		SUPP_GOUM	-	146,17	438,51	85,57	524,07	**650**
	2	85	DA	90	219,25	930,21	130 ,30	1060,51	**1250**
	3	48	AS	-	146,17	438,51	59,20	497,71	**1250 (support transfo)**
ZONE ROUGE EXTENSION	1		AS+SF	-	146,17	438,51	82,00	520,51	**650**
	2	80	AD	-	219,25	657,76	151,68	675,02	**800 (support IACM)**
	3	80	SF	-	-	-	151,68	151,68	**300**
	4	80	SF	-	-	-	151,68	151,68	**300**
	5	80	SF	-	-	-	151,68	151,68	**300**

	6		AS	-	146,17	438,51	82,00	520,51	**1250 (support transfo)**
GOMIMPLEU EXTENSION	1	74	AS+SF	-	146,17	438,51	77,73	516,24	**650**
	2	74	AD	-	219,25	657,76	142,18	672,95	**800 (support IACM)**
	3	78	AS+SF	-	146,17	438,51	145,34	583,85	**650**
	4	75	SF	-	-	-	146,13	146,13	**300**
	5	74	SF	-	-	-	142,97	142,97	**300**
	6	47	DA	99	219,25	1000,33	62,80	1063,13	**2´1250**
	7	54	DA	45	219,25	503,43	80,05	583,48	**800**
	8	55	AD	-	219,25	657,76	111,30	667,11	**800 (support IACM)**
	9	58	SF	-		-	114,47	114,47	**300**
	10	53	DA	30	219,25	340,48	65,15	405,63	**650**
	11	71	DA	45	219,25	503,43	93,94	597,37	**800**
	12	82	DA	45	219,25	503,43	111,45	614,88	**800**
	13	81	DA	60	219,25	657,76	3,67	661,43	**1000**
	14		DA	60	219,25	657,76	3,65	661,41	**1000**

	15	81	SF	-	-	-	153,26	153,26	**300**
	16	81	SF	-	-	-	153,26	153,26	**300**
	17	81	AS	-	146,17	438,51	82,72	521,22	**1250 (support transfo)**
NOTRE DAME EST	EXI								
	1	75	DA	30	219,25	340,48	78,40	418,88	**800**
	2	65	AD	-	219,25	657,76	129,51	670,39	**800 (support IACM)**
	3	67	DA+AS	65	219 ,25	706,83	101,48	808,31	**1000**
	4	70	DA	60	219,25	657,76	3,23	660,99	**1000**
	5	70	DA	50	219,25	555,96	128,80	684,76	**1000**
	6	64	DA	43	219,25	482,14	98,24	580,38	**800**
	7	64	DA	29	219,25	329,38	15,92	345,30	**650**
	8	64	AD	-	219,25	657,76	126,34	669,78	**800 (support IACM)**
	9	64	AS	-	146,17	438,51	70,60	509,11	**1250 (support parafoudre)**
	3	52	DA+AS						
	10		DA	60	219,25	657,76	3,25	661,01	**1000**

		89							
	11		DA	96	219,25	977,62	58,26	1035,88	**2×1000**
	12	59	SF	-	-	-	116,05	116,05	**300**
	13	56	AS	-	146,17	438,51	64,90	503,41	**1250 (support parafoudre)**

Annexe 13 : Carnet de piquetage des lignes HTA

Quartiers	N°support	Portée (m)	Portée cumulée (m)	Fonction	Effort et hauteur du support	Angle de piquetage	Armements	Chaine d'isolateurs	Dimensions de fouilles : Profondeur-longueur-largeur (m)
CITE DES CADRES	EXI								
		57	57						
	1			DA	PBA 13/1000	65	BIS 60/600	6 chaines d'ancrage	2 - 1 - 0,75
		70	127						
	2			AD	PBA 12/800 (IACM)	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
		80	207						
	3			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
		71	278						
	4			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
		70	348						
	5			AS	PBA 12/1250 (Transfo)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	1,9 - 1 - 0,85
GUEI ROBERT ZONE ROUGE	1			AS+SF	PBA 13/650	-	BIS 70/600-TAS 1,3	3 chaines d'ancrage + 4 chaines d'alignement	2 - 0,8 - 0,5
		77	77						
	2			SF	PBA 12/800 (IACM)	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,9 - 0,85 - 0,7
		77	154						

	3			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
	4	77	231	AD	PBA 13/300	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,8 - 0,7 - 0,4
	5	77	308	AS	PBA 12/1250 (Transfo)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	1,9 - 1 - 0,85
VILLAGE GOGOUIN	EXI								
	1	37	37	DA	PBA 13/650	30	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2 - 0,8 - 0,5
	2	41	78	DA	PBA 13/800	35	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2 - 0,90 - 0,7
	3	62	140	AD	PBA 12/800 (IACM)	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
	4	77	217	DA	PBA 14/800	45	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2,1 - 0,9 - 0,7
	5	54	271	DA	PBA 13/800	45	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2 - 0,90 - 0,7
	6	39	310	DA	PBA 13/800	35	BIS 60/600	6 chaines d'ancrage	2 - 0,90 - 0,7

		85	395						
	7			SF	PBA 13/300	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,8 - 0,7 - 0,4
		83	478						
	8			AS	PBA 12/1250 (Transfo)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	1,9 - 1 - 0,85
STADE	1			SUPP_GOUM	PBA 13/650	-	BIS 70/600-TAS 1,3	3 chaines d'ancrage + 4 chaines d'alignement	2 - 0,8 - 0,5
		85	75						
	2			DA	PBA 13/1250	90	BIS 60/600	6 chaines d'ancrage	2 - 1 - 0,85
		48	123						
	3			AS	PBA 12/1250 (Transfo)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	1,9 - 1 - 0,85
ZONE ROUGE EXTENSION	1			AS+SF	PBA 13/650	-	BIS 70/600-TAS 1,3	3 chaines d'ancrage + 4 chaines d'alignement	2 - 0,8 - 0,5
		80	80						
	2			AD	PBA 12/800 (IACM)	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
		80	160						
	3			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
		80	240						
	4			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
		80	320						
	5			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
		80	400						

	6			AS	PBA 12/1250 (Transfo)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	1,9 - 1 - 0,85
GOMIMPLEU EXTENSION	1	74	74	AS+SF	PBA 14/650	-	BIS 70/600-TAS 1,3	3 chaines d'ancrage + 4 chaines d'alignement	2,1-0,8-0,5
	2	74	148	AD	PBA 12/800 (IACM)	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
	3	78	226	AS+SF	PBA 13/650	-	BIS 60/600-TAS 1,3	3 chaines d'ancrage + 4 chaines d'alignement	2 - 0,8 - 0,5
	4	75	301	SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
	5	74	375	SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
	6	47	422	DA	PBA 2´13/1250	99	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2 - 1,7 - 1,4
	7	54	476	DA	PBA 12/800	45	BIS 60/600	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
	8	55	531	AD	PBA 12/800 (IACM)	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
	9			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4

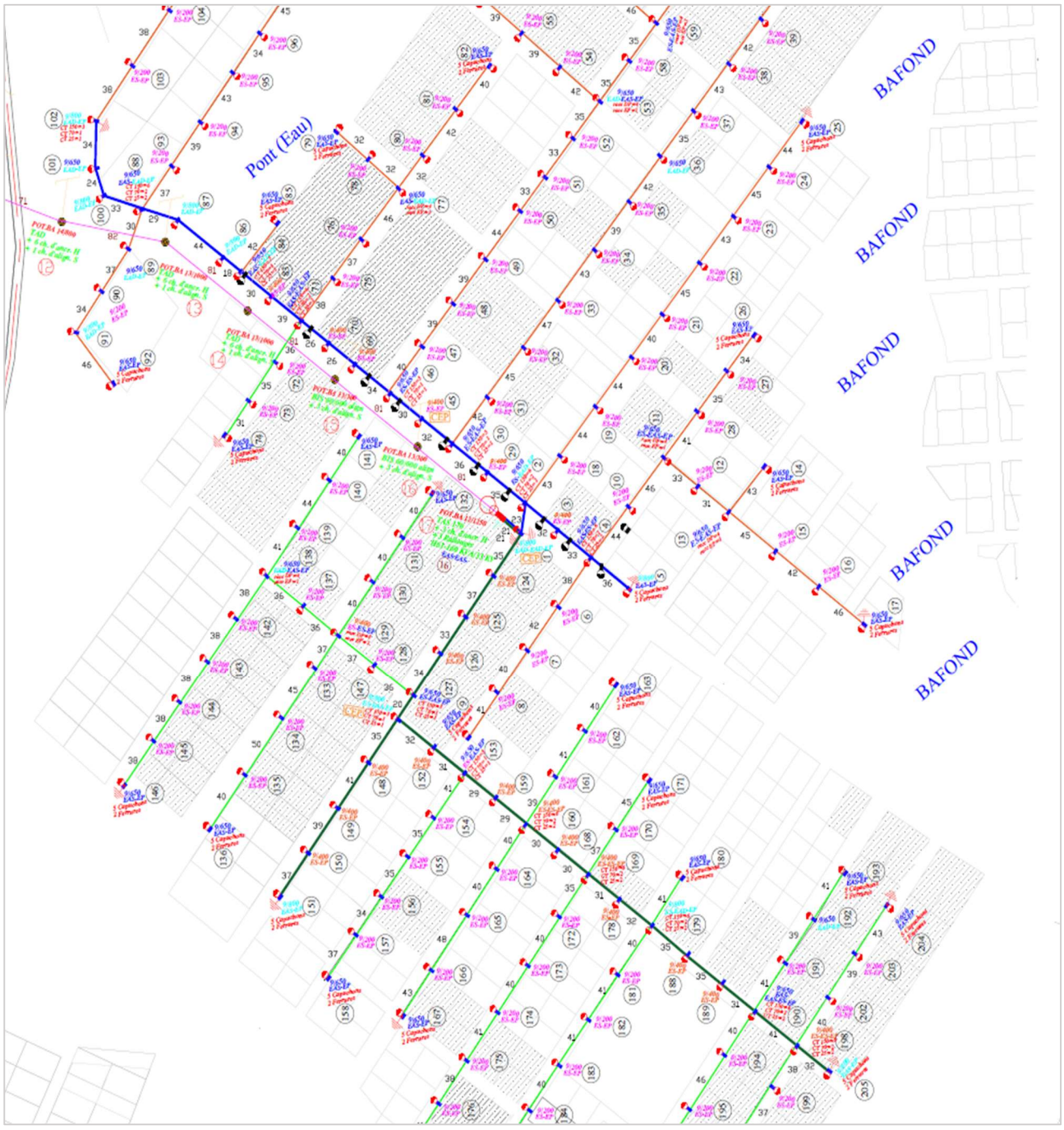
		58	589						
	10			DA	PBA 13/650	30	BIS 60/600	6 chaines d'ancrage	2 - 0,8 - 0,5
		53	642						
	11			DA	PBA 14/800	45	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2,1-0,85-0,7
		71	713						
	12			DA	PBA 14/800	45	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2,1-0,85-0,7
		82	795						
	13			DA	PBA 13/1000	60	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2 - 1 - 0,75
		81	876						
	14			DA	PBA 13/1000	60	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	1,9 - 1 - 0,75
		81	957						
	15			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,9 - 0,7 - 0,4
		81	1038						
	16			SF	PBA 13/300	-	BIS 60/600	3 chaines d'alignement	1,8 - 0,7 - 0,4
		81	1119						
	17			AS	PBA 12/1250 (Transfo)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	1,9 - 1 - 0,85
NOTRE DAME EST	EXI								
		75	75						

	1			DA	PBA13/800	30	BIS 70/600-TAS 1,3	6 chaines d'ancrage	2 - 0,90 - 0,7
		65	140						
	2			AD	PBA 12/800 (IACM)	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
		67	207						
	3			DA+AS	PBA 13/1000	65	TAD 1,7 + TAS 1,7	9 chaines d'ancrage + 2 chaines d'alignement	2 - 1 - 0,75
		70	277						
	4			DA	PBA 13/1000	60	BIS 70/600	6 chaines d'ancrage	2 - 1 - 0,75
		70	347						
	5			DA	PBA 12/1000	50	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	1,9 - 1 - 0,75
		64	411						
	6			DA	PBA 13/800	43	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2 - 0,90 - 0,7
		64	475						
	7			DA	PBA 13/650	29	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	2 - 0,8 - 0,5
		64	539						
	8			AD	PBA 12/800 (IACM)	-	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage	1,9 - 0,85 - 0,7
		64	603						
	9			AS	PBA 13/1250 (support parafoudre)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	2 - 1 - 0,85
	3		603	DA+AS		65			

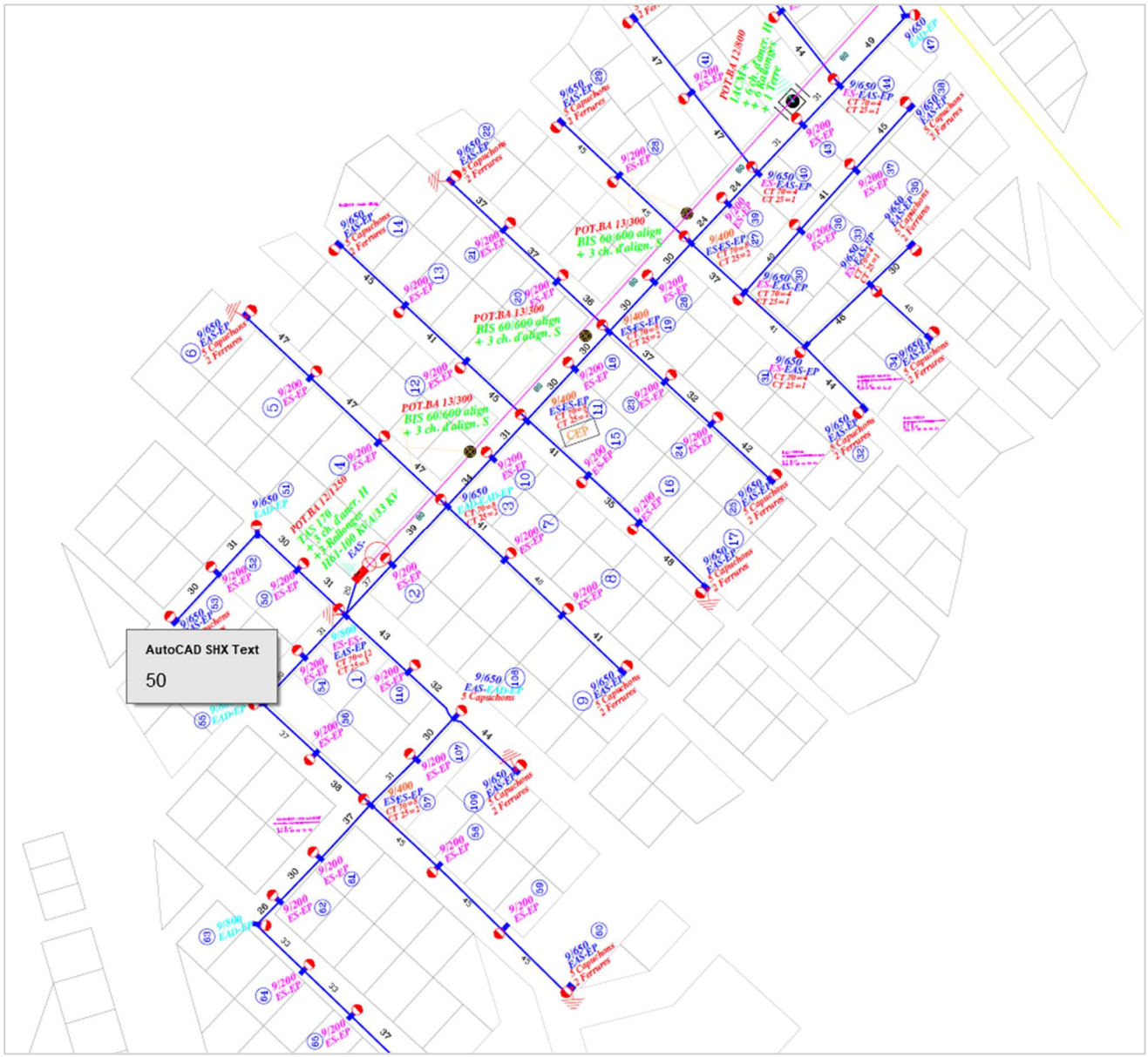
		52							
	10			DA	PBA 13/1000	60	BIS 70/600	6 chaines d'ancrage	2 - 1 - 0,75
		89	744						
	11			DA	PBA 2´13/1000	96	TAD 1,7	6 chaines d'ancrage + 1 chaine d'alignement	4 - 2 - 1,5
		59	803						
	12			SF	PBA 14/300	-	BIS 70/600	3 chaines d'alignement	2,1- 0,7 - 0,4
		56	859						
	13			AS	PBA 13/1250 (support parafoudre)	-	TAS 1,7	3 chaines d'ancrage	2 - 1 - 0,85

Annexe 14 : Tracés des lignes BT (Gomimpleu extension et Zone rouge extension)

Gomimpleu extension



Zone rouge extension



Annexe 15 : Calculs de chute de tension des lignes BT

Quartiers	Tronçon	Puissance de pointe traversant le tronçon (kVA)	Puissance pondérée (kW)	Longueur du tronçon (km)	Section de câble (mm²)	Coefficient k	(ΔU/U) %	(ΔU/U) % Cumulée
STADE	1-26	85,10	30,636	0,085	70	0,42	1,0937052	
	26-33	73,60	35,1072	0,085		0,42	1,253327	
	33-38	58,65	27,97605	0,076		0,42	0,8929955	
	38-40	49,45	23,58765	0,046		0,42	0,4557134	
	40-44	36,80	17,5536	0,152		0,42	1,1206218	
	44-51	13,80	6,5826	0,186		0,42	0,5142327	
	44-46	9,20	4,3884	0,094		0,42	0,173254	
	1-51							5,33059569
	1-46							4,98961701
	1-12	33,35	15,90795	0,07	70	0,42	0,4676937	
	12-15	27,60	13,1652	0,07		0,42	0,3870569	
	15-18	19,55	9,32535	0,07		0,42	0,2741653	
	18-20	12,65	6,03405	0,02		0,42	0,050686	
	20-24	9,20	4,3884	0,166		0,42	0,3059592	
	1-24							1,48556117
GO MI MP LE	1-127	112,70	53,7579	0,139	150	0,23	1,7186401	

	127-147	110,10	52,5177	0,02		0,23	0,2415814	
	147-153	100,90	48,1293	0,063		0,23	0,6973936	
	153-160	80,20	38,2554	0,058		0,23	0,510327	
	160-169	59,50	28,3815	0,06		0,23	0,3916647	
	169-179	41,40	19,7478	0,063		0,23	0,2861456	
	179-187	25,30	12,0681	0,287	70	0,42	1,4546888	
	1-187							5,30044117
	2-83	49,80	23,7546	0,219		0,23	1,1965192	
	83-86	41,75	19,91475	0,16	150	0,23	0,7328628	
	88-102	39,45	18,81765	0,091		0,23	0,3938534	
	102-108	39,45	18,81765	0,25		0,42	1,9758533	
	108-113	29,50	14,0715	0,15	70	0,42	0,8865045	
	113-123	19,85	9,46845	0,37		0,42	1,4713971	
	2-123							6,6569903
CITE DES CADRES	1-97	122,60	58,4802	0,098		0,23	1,3181437	
	97-102	93,15	44,43255	0,167	150	0,23	1,7066542	
	102-119	39,10	18,6507	0,082		0,42	0,6423301	
	119-121	27,60	13,1652	0,069		0,42	0,3815275	
	121-122	10,35	4,93695	0,041	70	0,42	0,0850143	
	122-126	4,60	2,1942	0,114		0,42	0,1050583	
	1-126							4,23872813
	1-2	142,30	51,228	0,022	150	0,23	0,2592137	

	2-16	105,50	37,98	0,098		0,23	0,8560692	
	16-19	99,75	35,91	0,092		0,23	0,7598556	
	19-34	92,85	33,426	0,191		0,23	1,4684042	
	34-38	66,05	23,778	0,169		0,23	0,9242509	
	38-72	31,75	11,43	0,33	70	0,42	1,584198	
	72-74	11,50	5,4855	0,084		0,42	0,1935284	
	1-74							6,04551996
VILLAGE GOGOUIN	1-99	113,26	40,7736	0,062	70	0,42	1,0617445	
	99-95	44,26	21,11202	0,136		0,42	1,2059186	
	95-77	14,46	6,89742	0,054		0,42	0,1564335	
	77-85	11,16	5,32332	0,326		0,42	0,728869	
	1-85							3,15296559
	1-5	52,42	25,00434	0,064	70	0,42	0,6721167	
	5-11	43,22	20,61594	0,092		0,42	0,7965999	
	11-21	36,47	17,39619	0,074		0,42	0,5406736	
	21-30	23,85	11,37645	0,08		0,42	0,3822487	
	30-43	17,25	8,22825	0,387		0,42	1,3374198	
	43-47	6,90	3,2913	0,09		0,42	0,1244111	
	1-47							3,85346978
ZONE RO UGE	1-3	96,70	34,812	0,076		0,42	1,111199	

	3-11	82,90	39,5433	0,065	70	0,42	1,0795321	
	11-18	66,80	31,8636	0,06		0,42	0,8029627	
	18-27	51,85	24,73245	0,06		0,42	0,6232577	
	27-40	23,10	11,0187	0,048		0,42	0,222137	
	40-44	17,35	8,27595	0,062		0,42	0,2155057	
	44-47	6,90	3,2913	0,049		0,42	0,067735	
	47-49	3,45	1,64565	0,07		0,42	0,0483821	
	1-49							4,17071138
	1-57	67,45	24,282	0,136	70	0,42	1,3869878	
	57-70	51,35	21,2589	0,336		0,42	3,000056	
	70-83	30,65	14,62005	0,161		0,42	0,9886078	
	83-96	20,40	9,7308	0,202		0,42	0,8255611	
	96-102	6,90	3,2913	0,278		0,42	0,3842922	
	1-102							6,58550485
GUEI ROBERT ZONE ROUGE	1-5	101,72	36,6192	0,172	150	0,23	1,4486556	
	5-22	93,67	33,7212	0,361		0,23	2,7998712	
	22-32	59,97	23,74812	0,089		0,23	0,486124	
	32-59	35,47	16,91919	0,392		0,23	1,5254342	
	59-62	17,87	8,52399	0,057	70	0,42	0,2040643	
	62-68	5,75	2,74275	0,138		0,42	0,1589698	
	1-68							6,62311909

	1-5	47,60	22,7052	0,172	150	0,23	0,8982177	
	5-71	39,55	18,86535	0,116		0,23	0,5033275	
	71-104	31,05	14,81085	0,153		0,23	0,5211938	
	104-121	18,40	8,7768	0,29		0,23	0,5854126	
	1-121							2,50815162
NOTRE DAME EST	107-206	86,80	31,248	0,186	150	0,23	1,3367894	
	206-217	66,80	24,048	0,106		0,42	1,070617	
	217-224	50,70	18,252	0,279		0,42	2,1387694	
	224-228	37,85	14,3073	0,146		0,42	0,8773236	
	228-235	26,75	10,593	0,147		0,42	0,6540118	
	235-240	18,40	7,2864	0,191	70	0,42	0,584515	
	107-240							6,66202622
	107-125	70,15	27,7794	0,647		0,23	4,1338525	
	125-127	52,90	20,9484	0,076		0,23	0,366178	
	127-129	40,25	15,939	0,075		0,23	0,2749478	
	129-131	31,05	12,2958	0,082		0,23	0,2318988	
	131-133	21,85	8,6526	0,077	150	0,23	0,1532375	
	107-133							5,16011463

Annexe 16 : Notes de calculs de l'étude mécanique des lignes BT (Paramètres de pose)

1. Flèche maximale

$$f_{max} = \frac{a^2{}_{max}}{8P}$$

Avec $\begin{cases} a_{max} = 60\ m \\ P = 200\ m \text{ pour du } 150\ mm^2 \\ P = 250\ m \text{ pour du } 70\ mm^2 \end{cases}$

AN: $f_{max} = \frac{60^2}{8 \times 200} = 2{,}25\ m$

$$f_{max} = \frac{60^2}{8 \times 250} = 1{,}8\ m$$

Les flèches calculées doivent impérativement inferieures à 2,25 m pour le câble 3×150+70+16 mm² et 1,8 m pour le 3×70+54,6+16 mm²

2. Hauteur des supports

$$D = H - (f + P_f + A) \geq 5\ m$$

$$P_f = \frac{H}{10} + 0{,}5$$

$$D = H - \left(f + \frac{H}{10} + 0{,}5 + A\right) \geq 5\ m$$

$$H \geq \frac{10}{9} \times [5 + (f + 0{,}5 + A)]$$

Avec $\begin{cases} H: \text{la hauteur du support (m)} \\ f: \text{la fleche (m)} \\ D: \text{la garde au sol (m)} \\ P_f: \text{la profondeur de la fouille (m)} \\ A: \text{distance entre le bout du support et la balle} - \text{socket (m)} \end{cases}$

AN: $H \geq \frac{10}{9} \times [5 + (1{,}8 + 0{,}5 + 0{,}25)]$

$$H \geq 8{,}38 \sim 9 \text{ m}$$

La hauteur des supports doit être supérieure ou égale à 9 m.

3. Profondeur d'implantation des supports

$$P_f = \frac{H}{10} + 0{,}5$$

AN: $P_f = \frac{9}{10} + 0{,}5 = 1{,}4$ m

4. Tension des conducteurs

$$T = \frac{\omega \times a^2}{8f} = \frac{\omega \times a^2}{8 \times \frac{a^2}{8P}} = \omega \times P$$

$\omega = m * g$

a : la portée [m]

f : la flèche [m]

ω : le poids linéique du conducteur [N/m]

m : la masse linéique du conducteur égale à 1,77 kg/m pour le 150 mm² et 1,1 kg/m pour le 70 mm²

g : L'accélération de la pesanteur 9,81 m/s²

<u>150 mm²</u>

AN: $T = 9{,}81 \times 1{,}77 \times 200 = 3\,472{,}74\ N = 347{,}274\ daN$

<u>70 mm²</u>

AN: $T = 9{,}81 \times 1{,}1 \times 250 = 2\,697{,}75\ N = 269{,}775\ daN$

Annexe 17 : Calculs de Flèches, gardes au sol, portées équivalentes et profondeurs de fouilles des supports BT (Cas de Zone Rouge extension et Gomimpleu extension)

Quartiers	N°support	Portée (m)	Fonction	Hauteur (m)	flèche (m)	profondeur de fouille (m)	Garde hors sol (m)
ZONE ROUGE EXTENSION	1	31	Injection	9	0,481	1,4	7,120
	50		al	9			
		30			0,450		7,150
	51		<	9			
		31			0,481		7,120
	52		al	9			
		30			0,450		7,150
	53		Arr	9			
	1	43	injection	9	0,925		6,676
	101		al	9			
		32			0,512		7,088
	108		T	9			
		44			0,968		6,632
	109		arr	9			
	1	31	Injection	9	0,481		7,120
	54		al	9			
		30			0,450		7,150
	55		<	9			
		37			0,685		6,916
	56		al	9			
	57	38	*	9	0,722		6,878

	58	45	al	9	1,013		6,588
	59	45	al	9	1,013		6,588
	60	45	arr	9	1,013		6,588
	57		*	9			
	61	37	al	9	0,685		6,916
	62	30	al	9	0,450		7,150
	63	26	<	9	0,338		7,262
	64	33	al	9	0,545		7,056
	65	33	al	9	0,545		7,056
	66	37	al	9	0,685		6,916
	67	35	a	9	0,613		6,988
	68	35	<	9	0,613		6,988
	69	35	al	9	0,613		6,988
	70	35	*	9	0,613		6,988
	72	35	al	9	0,613		6,988

	34			0,578		7,022
73		T+<	9			
	45			1,013		6,588
75		T	9			
	31			0,481		7,120
77		al	9			
	32			0,512		7,088
78		al	9			
79	31	arr	9	0,481		7,120
75		T	9			
76	40	arr	9	0,800		6,800
73		T+<	9			
74	40	arr	9	0,800		6,800
71		arr	9			
	41			0,841		6,760
70		*	9			
	37			0,685		6,916
80		al	9			
	37			0,685		6,916
81		al	9			
	37			0,685		6,916
82		al	9			
	50			1,250		6,350
83		T	9			
	38			0,722		6,878
84		al	9			
	25			0,313		7,288
85		<	9			
86	37	al	9	0,685		6,916

	87	37	al	9	0,685		6,916
	88	37	T	9	0,685		6,916
	89	36	arr	9	0,648		6,952
	90	34	al	9	0,578		7,022
	91	35	arr	9	0,613		6,988
	92	39	al	9	0,761		6,840
	93	40	al	9	0,800		6,800
	94	40	al	9	0,800		6,800
	95	41	<	9	0,841		6,760
	96	42	T+<	9	0,882		6,718
	103	44	al	9	0,968		6,632
	104	45	al	9	1,013		6,588
	105	39	arr	9	0,761		6,840
	97	50	al	9	1,250		6,350
	98	51	<	9	1,301		6,300

		46			1,058		6,542
	99		al	9			
		44			0,968		6,632
	100		al	9			
		42			0,882		6,718
	101		<	9			
	102	45	arr	9	1,013		6,588
	1		Injection	9			
		37			0,685		6,916
	2		al	9			
		39			0,761		6,840
	3		*	9			
		34			0,578		7,022
	10		al	9			
		31			0,481		7,120
	11		*	9			
		30			0,450		7,150
	18		al	9			
		30			0,450		7,150
	19		*	9			
		30			0,450		7,150
	26		al	9			
		30			0,450		7,150
	27		*	9			
		24			0,288		7,312
	39		al	9			
		24			0,288		7,312
	40	31	T	9	0,481		7,120

	43	31	al	9	0,481		7,120
	44	49	T	9	1,201		6,400
	47	31	<	9	0,481		7,120
	48	39	al	9	0,761		6,840
	49	6	arr	9	1,105		6,496
	5	47	al	9	1,105		6,496
	4	47	al	9	1,105		6,496
	3	47	*	9	0,841		6,760
	7	41	al	9	0,800		6,800
	8	40	al	9	0,841		6,760
	9	41	arr	9	1,013		6,588
	14	45	arr	9	0,841		6,760
	13	41	al	9	1,013		6,588
	12	45	al	9	0,841		6,760
	11	41	*	9	0,613		6,988
	15	35	al	9			

	16		<	9			
	17	48	arr	9	1,152		6,448
	22		arr	9			
		37			0,685		6,916
	21		al	9			
		37			0,685		6,916
	20		al	9			
		36			0,648		6,952
	18		*	9			
		37			0,685		6,916
	23		al	9			
		32			0,512		7,088
	24		al	9			
	25	42	arr	9	0,882		6,718
	29		arr	9			
		45			1,013		6,588
	28		al	9			
		45			1,013		6,588
	27		*	9			
		37			0,685		6,916
	30		T	9			
		41			0,841		6,760
	31		T	9			
		44			0,968		6,632
	32		al	9			
	106	40	arr	9	0,800		6,800
	40		T	9			
		47			1,105		6,496
	41		al	9			
	42	47	arr	9	1,105		6,496

	44		T	9			
		44			0,968		6,632
	45		al	9			
	46	46	arr	9	1,058		6,542
	30		T	9			
		40			0,800		6,800
	36		al	9			
		41			0,841		6,760
	37		al	9			
	38	45	arr	9	1,013		6,588
	31		T	9			
		46			1,058		6,542
	33		T	9			
	35	30	arr	9	0,450		7,150
	33		T	9			
	34	40	arr	9	0,800		6,800
GOMIMPLEU EXTENSION	1		Injection	9			
		35			0,766		6,834
	124		al	9			
		37			0,856		6,744
	125		al	9			
		33			0,681		6,919
	126		al	9			
		34			0,723		6,878
	127		T	9			
		20			0,250		7,350
	147		T	9			
		35			0,766		6,834
	148		al	9			
		41			1,051		6,549
	149		al	9			
	150	39	al	9	0,951	1,4	6,649

	151	37	arr	9	0,856		6,744
	1		Injection	9			
		23			0,331		7,269
	2		*	9			
		32			0,640		6,960
	3		al	9			
		33			0,681		6,919
	4		*	9			
	5	36	arr	9	0,810		6,790
	1		injection	9			
		35			0,766		6,834
	29		al	9			
		36			0,810		6,790
	30		T	9			
		32			0,640		6,960
	54		al	9			
		30			0,563		7,038
	46		T	9			
		34			0,723		6,878
	69		al	9			
		26			0,423		7,178
	70		al	9			
		26			0,423		7,178
	71		*	9			
		39			0,951		6,649
	83		al	9			
		30			0,563		7,038
	84		T+<	9			
	86	18	<	9	0,203		7,398

	87	44	<	9	1,210		6,390
	88	29	*	9	0,526		7,074
	100	33	<	9	0,681		6,919
	101	24	<	9	0,360		7,240
	102	34	<	9	0,723		6,878

Al : Support d'alignement

Arr : Support d'arrêt

< : Support d'angle

* : Support d'étoilement

Annexe 18 : calculs des efforts des supports des lignes BT (Cas de Zone Rouge extension et Gomimpleu extension)

Quartiers	N°support	Section de câble (mm²)	Fonction	Angle de piquetage (degré)	Pression du vent (daN/m²)	Effort de traction (daN)	Effort du vent sur le conducteur (daN)	Effort calculé (daN)	Effort normalisé (daN)
ZONE ROUGE EXTENSION	1	70	Injection	-	42,75	269,775	131,585	401,360	**800**
	50		al	-		-	49,547	49,547	**200**
	51		<	30		139,645816	49,431	189,077	**400**
	52		al	-		-	49,547	49,547	**200**
	53		Arr	-		269,775	24,368	294,143	**650**
	1		Injection						
	101		al	-		-	60,919	60,919	**200**
	108		T	-		269,775	87,723	357,498	**650**
	109		arr	-		269,775	35,739	305,514	**650**
	1		Injection						
	54		al	-		-	49,547	49,547	**200**
	55		<	68		301,712531	51,081	352,794	**650**
	56		al	-		-	60,919	60,919	**200**
	57		*	-		-	134,834	134,834	**400**
	58		al	-		-	73,103	73,103	**200**
	59		al	-		-	73,103	73,103	**200**
	60		arr	-		269,775	36,551	306,326	**650**
	57		*						
	61		al	-		-	54,421	54,421	**200**

	62		al	-		-	45,486	45,486	**200**
	63		<	47		215,14506	47,246	262,391	**400**
	64		al	-		-	53,609	53,609	**200**
	65		al	-		-	56,858	56,858	**200**
	66		al	-		-	58,482	58,482	**200**
	67		al	-		-	56,858	56,858	**200**
	68		<	45		206,476846	56,183	262,660	**400**
	69		al	-		-	56,858	56,858	**200**
	70		*	-		-	113,715	113,715	**400**
	72		al	-		-	56,045	56,045	**200**
	73		T+<	55		249,136464	62,473	311,609	**650**
	75		T	-		269,775	94,221	363,996	**650**
	77		al	-		-	51,172	51,172	**200**
	78		al	-		-	51,172	51,172	**200**
	79		arr	-		269,775	25,180	294,955	**650**
	75		T						
	76		arr	-		269,775	32,49	302,265	**650**
	73		T+<						
	74		arr	-		269,775	32,490	302,265	**650**
	71		arr	-		269,775	33,302	303,077	**650**
	70		*	-		-	126,711	126,711	**400**
	80		al	-		-	60,107	60,107	**200**
	81		al	-		-	60,107	60,107	**200**
	82		al	-		-	70,666	70,666	**200**
	83		T	-		269,775	103,156	302,265	**650**

84	al	-	-	51,172	51,172	**200**
85	<	70	309,473166	46,894	356,367	**650**
86	al	-	-	60,107	60,107	**200**
87	al	-	-	60,107	60,107	**200**
88	T	-	269,775	86,911	356,686	**650**
89	arr	-	269,775	29,241	299,016	**650**
88	T					
90	al	-	-	56,045	56,045	**200**
91	arr	-	269,775	28,429	298,204	**650**
83	T					
92	al	-	-	64,168	64,168	**200**
93	al	-	-	64,980	64,980	**200**
94	al	-	-	65,792	65,792	**200**
95	<	35	162,245814	67,124	229,369	**400**
96	T+<	55	565,912439	68,008	633,921	**650**
103	al	-	-	72,290	72,290	**200**
104	al	-	-	68,229	68,229	**200**
105	arr	-	269,775	31,678	301,453	**650**
96	T+<					
97	al	-	-	82,037	82,037	**200**
98	<	65	289,900004	74,745	364,645	**400**
99	al	-	-	73,103	73,103	**200**
100	al	-	-	69,854	69,854	**200**
101	<	68	301,712531	66,330	368,042	**400**
102	arr	-	269,775	36,551	306,326	**650**

	1		Injection					
	2		al	-	-	61,731	61,731	**200**
	3		*	-	-	118,589	118,589	**400**
	10		al	-	-	52,796	52,796	**200**
	11		*	-	-	99,095	99,095	**400**
	18		al	-	-	48,735	48,735	**200**
	19		*	-	-	97,470	97,470	**400**
	26		al	-	-	48,735	48,735	**200**
	27		*	-	-	87,723	87,723	**400**
	39		al	-	-	38,988	38,988	**200**
	40		T	-	269,775	82,850	352,625	**650**
	43		al	-	-	50,360	50,360	**200**
	44		T	-	269,775	100,719	370,494	**650**
	47		<	58	261,579031	62,859	324,438	**400**
	48		al	-	-	56,858	56,858	**200**
	49		arr	-	269,775	31,678	301,453	**650**
	6		arr	-	269,775	38,176	307,951	**650**
	5		al	-	-	76,352	76,352	**200**
	4		al	-	-	76,352	76,352	**200**
	3		*	-	-	142,956	142,956	**400**
	7		al	-	-	65,792	65,792	**200**
	8		al	-	-	65,792	65,792	**200**
	9		arr	-	269,775	33,302	303,077	**650**
	14		arr	-	269,775	36,551	306,326	**650**
	13		al	-	-	69,854	69,854	**200**

	12		al	-		-	69,854	69,854	**200**
	11		*	-		-	139,707	139,707	**400**
	15		al	-		-	61,731	61,731	**200**
	16		<	73		320,936635	61,941	382,878	**400**
	17		arr	-		269,775	38,988	302,265	**650**
	22		arr	-		269,775	30,053	299,828	**650**
	21		al	-		-	60,107	60,107	**200**
	20		al	-		-	59,294	59,294	**200**
	18		*	-		-	118,589	118,589	**400**
	23		al	-		-	56,045	56,045	**200**
	24		al	-		-	60,107	60,107	**200**
	25		arr	-		269,775	34,115	303,890	**650**
	29		arr	-		269,775	36,551	306,326	**650**
	28		al	-		-	73,103	73,103	**200**
	27		*	-		-	133,209	133,209	**400**
	30		T	-		269,775	95,846	365,621	**650**
	31		T	-		269,775	106,405	376,180	**650**
	32		al	-		-	68,229	68,229	**200**
	106		arr	-		269,775	32,490	302,265	**650**
	40		T						
	41		al	-		-	76,352	76,352	**200**
	42		arr	-		269,775	38,176	307,951	**650**
	44		T						
	45		al	-		-	73,103	73,103	**200**
	46		arr	-		269,775	37,364	307,139	**650**
	30		T						
	36		al	-		-	65,792	65,792	**200**

	37		al	-		-	69,854	69,854	**200**
	38		arr	-		269,775	36,551	306,326	**650**
	31		T						
	33		T	-		269,775	94,221	363,996	**650**
	35		arr	-		269,775	24,368	294,143	**650**
	33		T						
	34		arr	-		269,775	32,490	302,265	**650**
GOMIMPLEU EXTENSION	1		Injection	-		694,548	59,508	754,056	
	124		al	-		-	73,872	73,872	200
	125		al	-		-	71,820	71,820	200
	126		al	-		-	68,742	68,742	200
	127		T	-		269,775	55,404	325,179	650
	147		T	-		347,274	56,430	403,704	650
	148		al	-		-	77,976	77,976	200
	149		al	-		-	82,080	82,080	200
	150		al	-		-	77,976	77,976	200
	151		arr	-	42,75	347,274	37,962	385,236	650
	1		Injection						
	2		*	-		-	112,860	112,860	400
	3		al	-		-	66,690	66,690	200
	4		*	-		-	126,839	126,839	400
	5		arr	-		347,274	36,936	384,210	650
	1		injection						
	29		al	-		-	72,846	72,846	200
	30		T	-		269,775	69,768	339,543	650
	54		al	-		-	63,612	63,612	200
	46	150	T	-		269,755	65,664	335,419	650

	69		al	-		-	61,560	61,560	200
	70		al	-		-	53,352	53,352	200
	71		*	-		-	119,486	119,486	400
	83		al	-		-	70,794	70,794	200
	84		T+<	68		388,386313	35,462	423,848	650
	86		<	58		336,723552	48,716	385,440	400
	87		<	49		288,024362	58,306	346,330	400
	88		*	-		-	113,972	113,972	400
	100		<	69		393,396319	43,288	436,685	650
	101		<	39		231,844886	46,795	278,640	400
	102		<	44		260,18226	73,071	333,253	400

Al : Support d'alignement

Arr : Support d'arrêt

< : Support d'angle

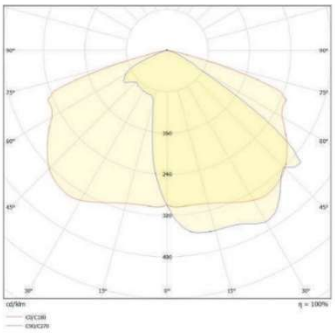
* : Support d'étoilement

Annexe 19 : Spécifications techniques des lampes SHARK Eco 120

Specifications

Efficacy: 115 - 135 lm/W
Nominal Voltage: 220 - 240 V / 50 - 60 Hz
Power Factor: > 0.95
IEC Protection Class: Class I
Colour Rendering Index (CRI): > 70
Colour Temperature: 2700 - 6500 K
Operating Temperature (Ta): Outdoor -20 °C / +50 °C
Diffuser: 4 mm Tempered Glass
Optic: PMMA
Surge Protection: 6 - 10 kV
Control Protocols: 1-10V DALI ZigBee DMX
Housing: Die-Cast Aluminum
Tilt Angle: -15° / +15°
Mounting Diameters: Ø42 mm - Ø76 mm
Dimensions and Weight: 560 x 253 x 81 mm / 4.8 kg
Colour Options: All RAL colours

Photometric Distribution:



Description
LED Street Lighting Luminaire

Complied Standards:
LM 79-08, LM 80
EN 60598-1:2015+A1:2018
EN 60598-2-13:2006+A1:2012+A2:2016
EN 62262:2002
IEC TR 62778:2014

Applications
- Streets and Roads
- Parks and Car Lots
- Residential Areas
- Industrial Zones
- Railway Stations

Variations

	Nominal Power	Luminous Flux
SHARK ECO 15	15 W	2025 lm
SHARK ECO 30	30 W	4050 lm
SHARK ECO 50	50 W	6750 lm
SHARK ECO 75	75 W	10125 lm
SHARK ECO 100	100 W	13500 lm
SHARK ECO 120	120 W	16200 lm
SHARK ECO 150	150 W	20250 lm

IP66 IK09

Annexe 20 : Devis estimatifs et quantitatif du projet (cas de Gomimpleu extension)

					FOURNITURE		TRAVAUX	
Quartiers	N° ordre	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
Gomimpleu extension	1	**ETUDE (Piquetage, plans d'exécution, études)**	u	1	1 500 000,00	1 500 000,00	-	-
	2	**RESEAU HTA**						
	2.1	SUPPORT BETON ARMÉ						
	2.1.1	PBA 13-300	u	5	190 500,00	952 500,00	57 150,00	285 750,00
	2.1.2	PBA 13-650	u	3	251 000,00	753 000,00	75 300,00	225 900,00
	2.1.3	PBA 12-800	u	2	255 000,00	510 000,00	76 500,00	153 000,00
	2.1.4	PBA 12-1250	u	1	302 000,00	302 000,00	90 600,00	90 600,00
	2.1.5	PBA 13-1000	u	2	312 000,00	624 000,00	93 600,00	187 200,00
	2.1.6	PBA 13-1250	u	2	310 200,00	620 400,00	93 060,00	186 120,00
	2.1.7	PBA 13-800	u	1	273 000,00	273 000,00	81 900,00	81 900,00
	2.1.8	PBA 14-800	u	2	308 100,00	616 200,00	92 430,00	
	2.2	CÂBLES ET CANALISATIONS						
	2.2.1	Souterrain CIS	m	0	11 600,00	-	3 480,00	-
	2.2.2	Almelec 54,6 mm²	m	3457,71	600,00		180,00	622 387,80
	2.3	ARMEMENTS ET ACCESSOIRES						
	2.3.1	BIS 60/600	u	0	11 200,00	-	3 360,00	-
	2.3.2	BIS 70/600	u	24	13 550,00	325 200,00	4 065,00	97 560,00
	2.3.3	TAS 1,7	u	2	47 800,00	95 600,00	14 340,00	28 680,00
	2.3.4	TAD 1,7	u	6	95 000,00	570 000,00	28 500,00	171 000,00

	2.3.5	Pince d'alignement	u	25	4 200,00	105 000,00	1 260,00	31 500,00
	2.3.6	Pince d'ancrage	u	66	4 200,00	277 200,00	1 260,00	83 160,00
	2.3.7	Étrier	u	91	2 800,00	254 800,00	840,00	76 440,00
	2.3.8	Ball-socket	u	91	1 950,00	177 450,00	585,00	53 235,00
	2.3.9	œillet	u	91	950,00	86 450,00	285,00	25 935,00
	2.3.10	Isolateur	u	91	9 400,00	855 400,00	2 820,00	256 620,00
	2.3.11	Rallonge d'ancrage	u	9	14 850,00	133 650,00	4 455,00	40 095,00
	2.3.12	Connecteurs	u	126	2 890,00	364 140,00	867,00	109 242,00
	2.3.13	Écrou de fixation + Boulon 14/200-250-300-350	u	64	1 890,00	120 960,00	567,00	36 288,00
	2.4	IACM						
	2.4.1	Interrupteur aérien (IACM)	u	1	525 200,00	525 200,00	157 560,00	157 560,00
	2.4.2	Herse IACM	u	1	65 800,00	65 800,00	19 740,00	19 740,00
	2.4.3	accessoires de fixation	Ens	1	157 560,00	157 560,00	47 268,00	47 268,00
	2.4.4	Piquets de terre	u	4	8 600,00	34 400,00	2 580,00	10 320,00
	2.4.5	Serre-piquet	u	4	960,00	3 840,00	288,00	1 152,00
	2.4.6	Cuivre 29 mm²	m	20	3 400,00	68 000,00	1 020,00	20 400,00
	2.4.7	Almelec 54,6 mm²	m	13	600,00	7 800,00	180,00	2 340,00
	2.4.8	PVC 16 mm	u	1	670,00	670,00	201,00	201,00
		TOTAL HT				**6 631 910,00**		**2 611 960,80**

	TVA (18%)				**1 193 743,80**		
	TOTAL TTC				**7 825 653,80**		**2 611 960,80**
3	**POSTE DE TRANSFORMATION HTA/BT**						
3.1	POSTE H59						
3.1.1	Poste préfabriqué 250 kVA	u	0	11 256 000,00	-	2 251 200,00	-
3.1.2	Poste préfabriqué 400 kVA	u	0	15 080 000,00	-	3 016 000,00	-
3.1.3	Extrémités intérieures	3u	0	94 500,00	-	18 900,00	-
3.1.4	Extrémités extérieures	3u	0	94 500,00	-	18 900,00	-
3.1.5	Parafoudre	3u	0	115 000,00	-	23 000,00	-
3.1.6	Goulotte pour remonter Aero-souterraine	u	0	-	-	-	-
3.1.7	Feuillard	u	0	-	-	-	-
3.2	POSTE H61						
3.2.1	Transformateur 100 kVA	u	0	2 750 500,00	-	550 100,00	-
3.2.2	Transformateur 160 kVA	u	1	3 450 000,00	3 450 000,00	690 000,00	690 000,00
3.2.3	Disjoncteur haut de poteau D 165T (50 et 100 kVA)	u	0	745 000,00	-	149 000,00	-
3.2.4	Disjoncteur haut de poteau D 265T (160 kVA)	u	1	850 000,00	850 000,00	170 000,00	170 000,00
3.2.5	Parafoudre	3u	1	115 000,00	115 000,00	23 000,00	23 000,00
3.3	CONFECTION DE TERRES						
3.3.1	Cuivre 29 mm²	m	20	3 400,00	68 000,00	1 020,00	20 400,00
3.3.2	Almelec 54,6 mm²	m	13	600,00	7 800,00	180,00	2 340,00
3.3.3	Piquets de terre	u	4	8 600,00	34 400,00	2 580,00	10 320,00

3.3.4	Serre-piquet	u	4	960,00	3 840,00	288,00	1 152,00
3.3.5	PVC 16 mm	u	1	670,00	670,00	201,00	201,00
	TOTAL HT				**4 529 040,00**		**917 212,00**
	TVA (18%)				**815 227,20**		
	TOTAL TTC				**5 344 267,20**		**917 212,00**
4	**RESEAU BT**						
4.1	SUPPORT BETON ARMÉ						
4.1.1	PBA 9-200	u	109	400,00 90	9 853 600,00		
4.1.2	PBA 9-400	u	22	110 320,00	2 427 040,00		
4.1.3	PBA 9-650	u	60	146 300,00	8 778 000,00		
4.1.4	PBA 9-800	u	14	156 000,00	2 184 000,00		
4.2	CÂBLES ET ACCESSOIRES						
4.2.1	Souterrain HGE 150 mm²	u	0	870,00 5	-		
4.2.2	Jonction Aero-souterraine (JASE)	u	0	800,00 94	-		
4.2.3	PRC 3*150 + 70 + 16 mm²	m	1365	300,00 5	7 234 500,00		
4.2.4	PRC 3*70 + 54,6 + 16 mm²	m	6679	700,00 3	24 712 300,00		
4.2.5	PRC 3*35 + 54,6 + 16 mm²	m	0	100,00 2	-		
4.2.6	PVC 160 mm pour remonter Aero-souterraine	u	0	670,00 2	-		
4.2.7	Feuillard	u	0	940,00	-		
4.3	ARMEMENTS ET ACCESSOIRES						
4.3.1	Pince d'ancrage PA	u	97	970,00 1	191 090,00		

	4.3.2	Pince d'alignement + Console	u	154	2 150,00	331 100,00		
	4.3.3	Console pour pince d'ancrage	u	77	1 050,00	80 850,00		
	4.3.4	Connecteur 70-150 mm²	u	349	840,00	293 160,00		
	4.3.5	Capuchons d'extrémité	u	380	170,00	64 600,00		
	4.3.6	Écrou + Boulon 14/200-250-300-350	u	231	1 890,00	436 590,00		
	4.4	CONFECTION DE TERRES						
	4.4.1	Cuivre 29 mm²	m	82	3 400,00	278 800,00		
	4.4.2	Almelec 54,6 mm²	m	207	600,00	124 200,00		
	4.4.3	Piquets de terre	u	29	8 600,00	249 400,00		
	4.4.4	Serre-piquet	u	29	960,00	27 840,00		
	4.4.5	PVC 16 mm	u	23	670,00	15 410,00		
		TOTAL HT				**57 267 070,00**		**5 726 707,00**
		TVA (18%)				**10 308 072,60**		
		TOTAL TTC				**67 575 142,60**		**5 726 707,00**
	5	**ECLAIRAGE PUBLIC**						
	5.1	Luminaire + appareillage120 W	u	205	1 800,00	369 000,00		
	5.2	Lampe LED 120 W	u	205	40 100,00	8 220 500,00		
	5.3	Crosse EP	u	205	7 900,00	1 619 500,00		
	5.4	Coffret EP triphasé 80 A	u	2	235 400,00	470 800,00		

	5.5	Cuivre 4´16 mm²	m	20	5 200,00	104 000,00		
	5.6	Cuivre 4´25mm²	m	20	7 400,00	148 000,00		
	5.7	connecteur 25 mm²	u	241	5 200,00	1 253 200,00		
	5.8	Ferrures de fixation	u	76	3 400,00	258 400,00		
	5.9	Écrou + Boulon 14/200-250-300-350	u	410	1 890,00	774 900,00		
	5.10	Écrou + Boulon 14/80	u	152	355,00	53 960,00		
		TOTAL HT				**13 272 260,00**		**1 327 226,00**
		TVA (18%)				**2 389 006,80**		
		TOTAL TTC				**15 661 266,80**		**1 327 226,00**
		TOTAL HT				**83 200 280,00**		**10 583 105,80**
		TVA (18%)				**14 976 050,40**		
		TOTAL TTC				**98 176 330,40**		**10 583 105,80**
		COÛT TOTAL (FCFA)						**108 759 436,20**

Annexe 21 : Notice d'impact environnemental et social

Impacts	Type	Mesures d'atténuation ou d'amélioration	Plan de gestion	Responsables
Type d'impact : Impact social, Impact environnemental, Impact sonore, Impact visuel, Impact économique **Responsables** : M=Mairie ; CIE=Compagnie Ivoirienne d'Electricité ; VECI=Vinci Energies Côte d'Ivoire				
Déboisement et destruction de la végétation lors du passage des lignes HTA/BT	Environnemental	Limiter l'abattage aux arbres strictement nécessaires, reboisement compensatoire	Plan de reboisement et suivi environnemental	VECI, M
Perturbation temporaire des activités agricoles (plantations, champs traversés par les lignes)	Social/Economique	Informer les populations, compenser les pertes mineures de cultures	Suivi par la mairie	M
Nuisances sonores et poussières lors des travaux	Environnemental /Sonore	Arroser les voies, limiter les travaux bruyants aux heures de journée	Suivi journalier du chantier	VECI
Risque d'accidents pour les populations pendant le chantier (tranchées, engins, poteaux)	Social	Signalisation, barrières de sécurité, sensibilisation des riverains	Plan de sécurité chantier	VECI, M
Dégradation des pistes rurales par les engins de chantier	Environnemental	Réhabilitation des voies empruntées après travaux	Plan de réhabilitation post-travaux	VECI

Risque d'électrocution ou de contact accidentel avec les câbles	Social	Sensibilisation, respect des distances de sécurité, mise en place de garde-fous	Plan de prévention et formation	VECI, CIE
Perturbation de la circulation routière et piétonne lors de la pose des câbles BT/EP	Social	Déviation temporaire, balisage et signalisation	Plan de circulation provisoire	VECI, M
Conflits mineurs liés à l'implantation des poteaux électriques	Social	Concertation avec les riverains, implication des autorités locales	Plan de concertation	M
Modification du paysage par les poteaux et lignes électriques	Visuel	Choisir des tracés discrets, limiter l'emprise en zones denses	Suivi du chantier	VECI, M
Production de déchets	Environnemental	S'assurer qu'aucun déchet n'est laisser après les travaux et procéder au recyclage	Suivi par l'animateur HSE	VECI
Amélioration de l'accès à l'électricité pour les ménages et activités économiques	Social	Extension du réseau, facilitation des branchements	Suivi de raccordement et d'exploitation	VECI, CIE, M
Création d'emplois locaux durant les travaux	Social	Prioriser le recrutement de main-d'œuvre locale	Suivi par la mairie et entreprise	VECI, M
Réduction de l'insécurité et amélioration de la mobilité nocturne grâce à l'éclairage public (luminaires sur poteaux)	Social	Installation de lampadaires aux points stratégiques	Plan d'entretien EP	VECI, CIE, M

Amélioration de l'image et de l'attractivité de la commune	Social	Valorisation des infrastructures électriques	Communication locale	M
Bénéfice pour les services publics (écoles, centres de santé, administrations)	Social	Prioriser les zones collectives sensibles	Suivi conjoint	VECI, CIE, M
Création d'opportunités pour les activités économiques (petits commerces, ateliers, réfrigération)	Social	Favoriser les branchements professionnels et PME locales	Suivi socio-économique	M, CIE
Contribution à la vie sociale et culturelle (activités nocturnes, événements communautaires facilités par l'éclairage public)	Social	Installer des points lumineux dans les zones de rassemblement (marchés, places publiques)	Suivi par la mairie	M
Sensibilisation accrue des populations à l'utilisation rationnelle de l'électricité	Social	Organisation de campagnes de sensibilisation	Suivi participatif	M, CIE
Amélioration du cadre de vie (éclairage, confort, attractivité)	Social	Mise en valeur de l'éclairage public dans les zones urbaines	Suivi communal	M, CIE

TABLE DE MATIERES

DEDICACES ..... **i**
REMERCIEMENTS ..... **ii**
RÉSUMÉ ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
LISTES DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS ..... **v**
LISTE DES UNITÉS ..... **vi**
SOMMAIRE **2**
LISTE DES TABLEAUX **3**
LISTE DES FIGURES **5**
INTRODUCTION **6**
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET **7**
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 7
I.1 VINCI ENERGIES Côte d'Ivoire 7
I.2 Omexom 8
II. PRESENTATION DU PROJET 9
II.1 Présentation géographique et démographique de la zone d'étude 9
II.2 Contexte, justificatifs et Objectif du projet 9
II.3 Etat des lieux des réseaux existants 11
CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LES RÉSEAUX ELECTRIQUES DE DISTRIBUTION HTA/BT **12**
I. RÉSEAU DE DISTRIBUTION HTA 12
I.1 Le réseau HTA aérien 13
I.1.1 Description du réseau HTA aérien 13
I.1.2 Les interrupteurs HTA aériens 15
I.1.3 Les appareils de protection de surtensions[4] 16
I.2 Le réseau HTA souterrain 16
II. POSTE DE TRANSFORMATION HTA/BT 16
II.1 Poste sur poteau en aérien 16
II.2 Postes préfabriqués, maçonnés ou en immeuble 17
III. RÉSEAU DE DISTRIBUTION BT [4] 17

III.1 Réseau BT aérien nu 18
III.2 Réseau BT aérien isolé 18
CHAPITRE III : MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION 20
I. METHODE DE REDACTION 20
II. OUTILS D'AIDE 22
CHAPITRE IV : ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE 23
A. ÉTUDE DES LIGNES HTA 23
I. ÉTUDE ÉLECTRIQUE 23
I.1 Méthodologie de dimensionnement 23
I.1.1 Estimation de la puissance à transiter 23
I.1.2 Choix de la tension de service des lignes 24
I.1.3 Calcul du courant de ligne 25
I.1.4 Choix de la section du conducteur 25
I.1.5 Calcul de chute de tension 25
I.1.6 Choix du transformateur et autres équipements 26
I.2 Résultats et discussions 27
I.2.1 Puissance à transiter sur les lignes HTA 27
I.2.2 Calcul du courant des lignes et Choix des sections de câbles 28
I.2.3 Calcul de chute de tension 28
I.2.4 Choix des transformateurs et autres équipements 29
II. ÉTUDE MÉCANIQUE 30
II.1 Méthodologie de dimensionnement analytique 30
II.1.1 Choix du tracé 30
II.1.2 Définition des hypothèses de calcul 30
II.1.3 Définition des paramètres de pose 31
II.1.4 Calcul des efforts en tête des supports, choix des supports et armements 34
II.1.5 Calcul de la profondeur d'implantation des supports et des fondations 38
II.1.6 Etablissement du carnet de piquetage 39
II.2 Méthodologie d'étude avec le logiciel CAMELIA 39
II.2.1 Saisie des hypothèses climatiques 40
II.2.2 Saisie des supports 40
II.2.3 Saisie des cantons 41
II.3 Résultats des études (analytique et avec logiciel) 41
II.3.1 Résultats des calculs mécaniques analytiques 41

II.3.2 Résultats des calculs sur CAMELIA 43
II.3.3 Comparaison entre l'étude analytique et l'étude avec CAMELIA 45
B. ÉTUDE DES LIGNES BT 47
I. DIMENSIONNEMENT ÉLECTRIQUE 47
I.1 Méthodologie de dimensionnement 47
I.1.1 Etablissement des plans de lignes 47
I.1.2 Choix des sections de câble sortie de poste 47
I.1.3 Calcul des chutes de tension 47
I.2 Résultats et discussions 48
II. DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE 49
II.1 Méthodologie de dimensionnement analytique 49
II.1.1 Définitions des hypothèses de calcul 49
II.1.2 Définition des paramètres de pose 50
II.1.3 Calcul des efforts en tête des supports, choix des supports et armements 51
II.2 Résultats et discussions 51
C. ÉTUDE PHOTOMÉTRIQUE D'ÉCLAIRAGE PUBLIC 52
D. ÉTUDE ÉCONOMIQUE DU PROJET 55
CHAPITRE V : PLANIFICATION DES TRAVAUX – NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE 57
I. PLANNING DE REALISATION DES TRAVAUX 57
I.1 Présentation du logiciel 57
I.2 Méthodologie d'utilisation du logiciel MS Project 58
I.2.1 Paramétrage du calendrier de travail 58
I.2.2 Structuration de décomposition du projet 59
I.2.3 Définition et affection des ressources 60
I.2.4 Définition des contraintes 60
I.3 Planning des travaux 61
II. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL 62
CONCLUSION 63
BIBLIOGRAPHIE 64
WEBOGRAPHIE 65
ANNEXES I
TABLE DE MATIERES LXX