



**ELECTRIFICATION DU QUARTIER NANGA A PARTIR DU POSTE
SOURCE DE NGOYO**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR AVEC GRADE DE
MASTER

SPECIALITE : GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 05 juillet 2019 par

LOUSSY EZRA France Exaucée

Travaux dirigés par :

M. Ahmed ZONGO

Enseignant en Génie Energétique, froid et Climatisation.

M. MAKOSSO TCHIBASSA Bertrand Dimitri Judicaël

Chef de Division Etudes et Travaux Neufs

SNE

Jury d'évaluation :

Président du jury : Dr Daniel YAMEGUEU

Membres du jury : M. Madieumbe GAYE

M. Ahmed ZONGO

CITATION

« La chose la plus précieuse que vous pouvez faire est une erreur, vous ne pouvez rien apprendre en étant parfait ». **Adam Osborne**

DEDICACES

Je dédie ce travail

A mes parents et à mon tuteur M. OKOUYA Feidrich

Pour le soutien moral et financier

A ma famille

Que ce document soit un facteur de motivation pour tous ceux qui sont encore sur le banc de l'école

A tous ceux, qui de près ou de loin

Ont contribué à la réalisation de ce travail, qui m'ont toujours encouragé à aller jusqu'au bout de mes initiatives. Nous leur souhaitons plein de succès dans toutes leurs entreprises.

REMERCIEMENTS

Nous profitons de ce document pour exprimer nos remerciements :

- Au Dr Ahmed BAGRE pour ses conseils, son aide et sa patience également. Grâce à son accompagnement, ce document a pris forme tant sur le fond que sur la forme.
- A l'Ingénieur Ahmed ZONGO qui a pris le relais en l'absence du Dr Ahmed BAGRE et a contribué à la finalisation de ce document.
- A M. Bertrand MAKOSSO pour son encadrement et sa disponibilité.
- A nos formateurs de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), pour la formation et l'accompagnement tout le long de ces trois années passées au sein de 2iE.

J'exprime ma gratitude :

- A tout le personnel de la Société Nationale d'Electricité (SNE) pour leur bienveillance et à M. Octave OSSAKETO en particulier de m'avoir associé à la préparation des futurs projets d'électrification.
- A toutes les personnes qui ont transmis les informations essentielles à l'élaboration de ce document et qui ont accepté de répondre aux questions posées lors de la collecte des données.
- Enfin, à toutes celles qui ont donné leur avis pour améliorer le contenu de ce document.

RESUME

Le développement par l'électricité n'est pas une idée nouvelle et l'importance de cette dernière n'est plus à démontrer, car elle est devenue une nécessité presque vitale. Cependant plusieurs personnes vivent encore sans électricité sur le continent africain. Au regard de ce constat, nous nous sommes appesantis sur le cas du quartier Nanga, un grand quartier non électrifié de la ville de Pointe-Noire (Congo Brazzaville)

L'étude sur l'électrification de ce quartier est effectuée dans le cadre du projet PEEDU (Projet Eau Electricité pour le Développement Urbain) entre la Société Nationale d'Electricité et la Banque Mondiale. L'objectif de cette étude est de déterminer s'il est possible :

- d'électrifier cette zone via le poste source du quartier Ngoyo situé à 3km du quartier Nanga.
- d'avoir une tension stable en bout de ligne en prenant en compte les charges actuelles et celles à venir.

Pour mener à bien cette étude nous nous sommes basées sur des données existantes pour l'estimation de la charge électrique du quartier Nanga, la disparité des habitations, la puissance du poste source, etc.

En somme, ce document vise à contribuer à l'accompagnement de toutes actions à intérêt général concourant à favoriser l'accès à l'électricité des habitants de Nanga et pourquoi pas d'autres quartiers environnants.

Recommandations découlant du résultat de l'étude :

- 1- Ajout d'un transformateur 16MVA au niveau du poste source de Ngoyo pour couvrir au mieux les charges du quartier Nanga
- 2- Installation de dix postes de distribution (3x250 kVA, 3x400kVA et 4x630kVA) dans différentes zones du quartier Nanga pour une meilleure distribution électrique.

Mots clés:

- 1- Nanga
- 2- Electrification
- 3- PEEDU
- 4- Estimation coût du projet
- 5- Recommandations

ABSTRACT

Development by electricity is not a new idea, and the importance of electricity is well established as it has become an almost vital necessity. However, many people still live without electricity on the African continent. In view of this finding, we dwelt on the case of Nanga quarter, a large non-electrified quarter of Pointe-Noire city (Congo Brazzaville).

The study on the electrification of this quarter is related to the PEEDU project (Water Electricity Project for Urban Development) between the National Electricity Company and the World Bank. The main aim of this study is to determine if it is possible:

- to electrify this quarter via the Ngoyo neighborhood source station located 3km from it.
- to have a stable voltage at the end of the line, taking current and future loads into account.

To carry out this study, we used existing data to estimate the electric load of t Nanga quarter, its size, the power of the source substation, and so on.

In short, this document aims to contribute to the accompaniment of all actions of general interest helping to promote access to electricity for the inhabitants of Nanga and why not other surrounding areas.

Recommendations stemming from the outcome of the study:

- 1- Addition of a 16MVA transformer at Ngoyo source substation for better coverage of Nanga district charges.
- 3- Installation of ten distribution stations (3x250 kVA, 3x400kVA and 4x630kVA) in different areas of Nanga district for better power distribution.

Key words :

- 1- Nanga
- 2- Electrification
- 3- PEEDU
- 4- project cost estimate
- 5- recommendations

ACRONYMES

2iE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
BT	Basse Tension
HTA/ HTB	Haute tension A/ Haute tension B
IM	Cellule réseau
kVA	Kilo Volt Ampère
kW	Kilo Watt
K	Coefficient de foisonnement
Ku	Coefficient d'utilisation
Ks	Coefficient de simultanéité
Ka	Coefficient d'augmentation de la charge
PEEDU	Projet Eau Electricité pour le Développement Urbain
PU	Prix Unitaire
QM	Cellule de protection
RMM	Revenu Mensuel Moyen
STD	Service Technique de Distribution
SNE	Société Nationale d'Electricité
TUR	Tableau Urbain Réduit
W	Watt
V	Volt

Table des matières

DEDICACES.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME	iv
ABSTRACT	vi
ACRONYMES.....	vii
INTRODUCTION	1
1. Contexte	1
2. Justification de l'étude	2
3. Objectifs	3
CHAPITRE 1 : GENERALITES	4
1.1 présentation de la SNE	5
1.1.1. Historique	5
1.1.2. Organigramme du Service Technique de distribution de la SNE	6
.....	7
1.1.3. Activités de l'entreprise	7
1.2. Présentation du quartier NANGA.....	7
1.2.1. Situation géographique	7
1.2.2 Milieu physique	8
1.2.3 Milieu biologique	9
1.2.4. Milieu humain	9
1.3. Présentation du poste source de Ngoyo	11
1.3.1. Poste extérieur	12
1.3.2. Poste intérieur	13
1.4. Généralités sur les réseaux électriques	16
1.4.1 Définition	Error! Bookmark not defined.
1.4.2. Fonction	17
1.4.3. Topologie	18
1.4.4. Nature ou système utilisé	20
1.5. Matériels utilisés dans les réseaux électriques.....	20
1.5.1. Matériels de puissance	20
1.5.2. Matériels de surveillance.....	23
1.6. Généralités sur les postes électriques	24
1.6.1. Etude des postes électriques	24
1.6.1.1. Définition	24
1.6.1.2. Rôles	24
1.6.1.3. Fonctions	24
1.6.1.4. Les technologies	24
1.6.1.5. Différents types de postes électriques	25
1.6.1.6. Eléments constitutifs d'un poste	28
.....	29

1.6.1.7. Les problèmes engendrés par les postes	29
CHAPITRE 2 : ESTIMATION DE LA CHARGE	31
2.1. Méthodologie appliquée	32
a- Charges de l'hôpital	35
b- Charges des deux auberges	35
2.2. Calcul des charges électriques du quartier NANGA	35
a- Projection pour les 10 ans à venir	38
CHAPITRE 3 : CONFIGURATION DU RESEAU PROPOSE.....	39
3.1. Type de réseau.....	40
a- Réseau proposé	41
b- Points d'implantations des transformateurs des différentes zones	44
c- Charges supportées par le transformateur 45MVA du poste source	44
CHAPITRE 4 : CHOIX DES COMPOSANTS.....	46
4.1. Choix des transformateurs	47
4.1.1. Définition	47
4.1.2. Caractéristiques électriques d'un transformateur	47
4.1.3. Méthodologie de choix de transformateur	47
4.1.4. Distance entre les transformateurs des différentes zones	50
4.2. Choix des sections de câbles.....	51
4.2.1. Détermination de la section du conducteur par la méthode classique	51
a- Charge appelée sur chaque zone	52
b- Calcul de la section des câbles	53
4.3. Impédance de la ligne	54
4.3.1 Modules des impédances	56
4.4. Calcul des chutes de tension	56
4.5.1. Méthodologie de calcul	57
4.5.2. Graphes des tensions et chutes de tension	62
CHAPITRE 5 : PERTES D'ENERGIE ET ESTIMATION DU COÛT DU PROJET	64
5.1. Pertes d'énergie.....	65
5.2. Estimation du coût du projet.....	70
CONCLUSION.....	72
RECOMMANDATIONS.....	73
BIBLIOGRAPHIE	74
WEBOGRAPHIE.....	75
ANNEXES	I
Annexe 1 : Bilan de puissance des deux auberge N°1	II
Annexe 2 : Bilan de puissance des deux auberge N°2	III
Annexe 3 : Caractéristiques des câbles.....	IV
Annexe 4 : Calcul des impédances de ligne	V
Annexe 5 : Estimation du coût du projet	VI
Annexe 6 : Lac Nanga	VIII
Annexe7 : aperçu des vasières du quartier Nanga	IX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Niveaux de tension (NF C 15-100 ET NF C 13-200)	16
Tableau 2: Nombre d'habitants et de ménages du quartier Nanga.....	32
Tableau 3:tarifs de la Société Nationale d'Electricité	34
Tableau 4: Charges électriques par zone	37
Tableau 5: Charges supportées par le transformateur 45MVA la 1ère année.....	45
Tableau 6: Charges supportées par le transformateurs 45MVA dans 10 ans	45
Tableau 7: Choix transformateurs	49
Tableau 8: Charge électrique par zone	52
Tableau 9: Section des câbles de chaque tronçon	54
Tableau 10: Caractéristiques du câble 150mm ²	55
Tableau 11: Modules des impédances	56
Tableau 12: Valeurs des tensions au début de la ligne, en bout de ligne et des chutes de tension	61
Tableau 13: Pertes d'énergie.....	69
Tableau 14: Estimation du coût du projet	71
Tableau 15: Tableau bilan de puissance auberge 1	II
Tableau 16: Tableau bilan de puissance auberge 2	III
Tableau 17: Caractéristiques des câbles selon la norme NFC 33-226.....	IV
Tableau 18: Impédance des lignes	V
Tableau 19: Estimation détaillée du coût du projet	VI

LISTE DES FIGURES

Figure 1: taux d'accès à l'électricité de la population (Données de la banque mondiale).....	1
Figure 2: Croissance démographique du quartier Nanga	2
Figure3: Organigramme du Service Technique de distribution de la SNE.....	6
Figure 4: Périmètre quartier Nanga (Image Google Earth)	8
Figure 5:Hôpital de Nanga (Image Google Earth)	10
Figure 6:Schéma du réseau de distribution de la ville de Pointe-Noire à partir du poste.....	11
Figure 7:exemple réseau radial	18
Figure 8: exemple réseau bouclé	19
Figure 9: exemple réseau maillé.....	19
Figure 10:Schéma équivalent d'une ligne dont la longueur ne dépasse pas 250km	20
Figure 11: Ligne électrique à haute tension (image Wikipedia)	22
Figure 12: Schéma poste HTA/ BT classique	26
Figure 13: Cellules HTA.....	27
Figure 14: Ligne électrique (image Wikipédia).....	29
Figure 15: Revenu mensuel des habitants (%) comparé au RMM	33
Figure 16:Réseau de distribution de Pointe-Noire à partir de MGK 2 – MGK 1 - CT3	40
Figure 17: Réseau de distribution de la ville de POINTE-NOIRE à partir du poste source.....	42
Figure 18: Schéma unifilaire des postes de NANGA	43
Figure 19: Points d'implantation des transformateurs.....	44
Figure 20: Distance entre les zones	50
Figure 21: Distances entre les zones (image Google Earth)	50
Figure 22 : exemple tronçon de longueur quelconque.....	54
Figure 23 : schéma tronçon	55
Figure 24:Tronçon illustrant le calcul des chutes de tension	57
Figure 25: Tension en début et en bout de ligne	62
Figure 26: Chute de tension dans les différentes zones	63
Figure 27: Emplacement des postes de distribution dans Nanga.....	65
Figure 28: Schéma représentant les pertes en ligne	66
Figure 29: tronçon illustrant le calcul des pertes d'énergie	67
Figure 30: Pertes d'énergie dans les différentes zones	70
Figure 31: Lac Nanga	VIII
Figure 32: Vasière du quartier Nanga.....	IX
Figure 33: Ecole primaire du quartier Nanga	IX
Figure 34:transformateur 16 MVA du poste source de NGOYO.....	X
Figure 35:transformateur 25MVA du poste source de NGOYO.....	XI

INTRODUCTION

1. Contexte

L'énergie électrique a une place grandissante dans le développement socioéconomique mondial. Elle est utilisée dans plusieurs secteurs telles que la santé, qui a connu un énorme progrès grâce à la radiographie, l'échographie, les appareils médicaux, pour ne citer que ceux-là, dans l'éducation, en apportant la lumière dans les écoles et les foyers, la sécurité sanitaire des aliments par la réfrigération, l'accès aux technologies de communication ou encore l'amélioration de la productivité des activités agricoles et économiques. Toutefois sa distribution reste un problème majeur pour bon nombres des pays en développement à l'instar du Congo Brazzaville où le taux d'accès à l'électricité de la population est de 66% [14] tel que décrit dans le graphe ci-dessous :

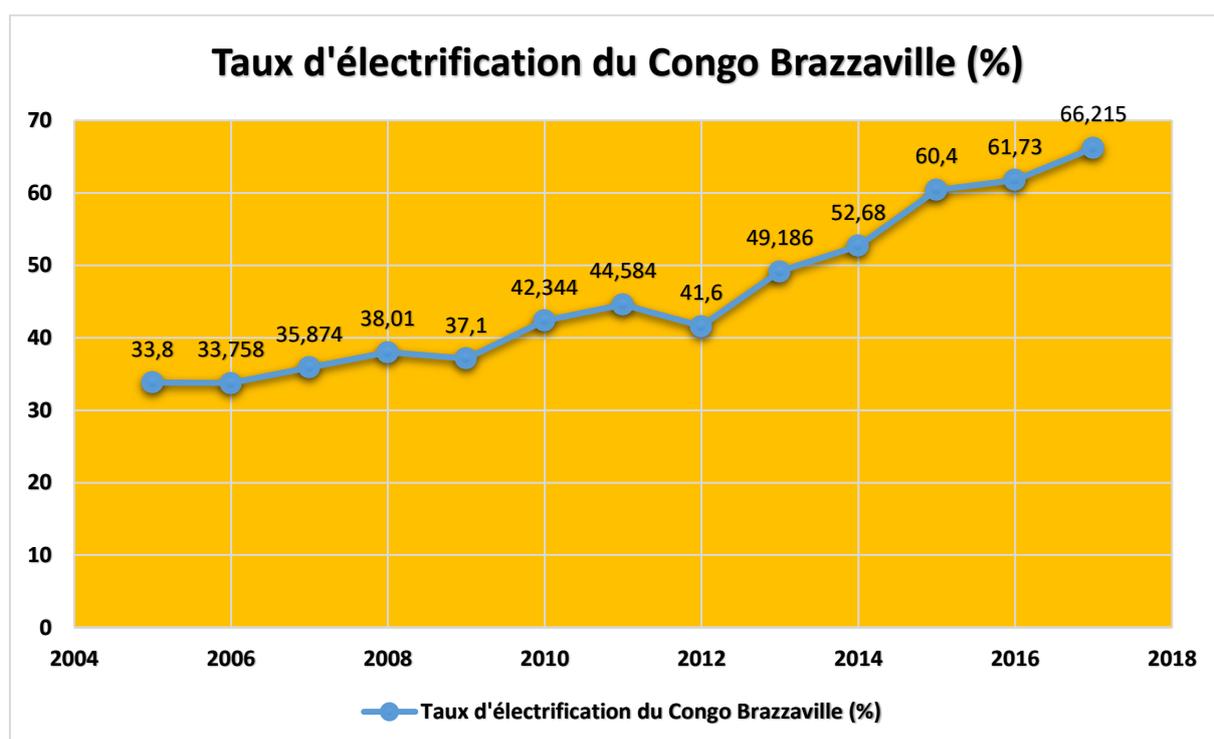


Figure 1: taux d'accès à l'électricité de la population (Données de la banque mondiale)

Excepté l'Afrique du Nord et l'Afrique du Sud, le continent africain voit une concentration de régions où le taux de population ayant accès à l'électricité est

inférieur à 10% [15]. C'est notamment le cas dans les zones rurales et périurbaines qui sont souvent éloignées du réseau national.

C'est dans ce contexte que nous allons nous appesantir sur Nanga, un des quartiers dits "nouveaux " de la ville de Pointe- Noire (Congo Brazzaville).

2. Justification de l'étude

Nanga est un vaste quartier de la ville de pointe – Noire qui était jadis inhabité. Sa forte croissance démographique telle que représentée dans le graphe ci-dessous est un facteur qui suscite l'attention des uns et des autres, mais surtout celles des autorités publiques. C'est un quartier qui a un énorme potentiel touristique, sur ce site se trouvent des berges et un îlot où l'on déguste le jus de noix de coco et le vin de palme. On pratique également la pêche dans le lac. Plusieurs activités commerciales se sont créées dans ce quartier. Le gouvernement congolais, dans sa politique d'aménagement du territoire, ayant pour but d'améliorer les conditions de vie des populations, à travers la Société Nationale d'Electricité (SNE), travaille en collaboration avec la banque mondiale pour remédier aux problèmes de distribution d'énergie électrique dans la ville de Pointe-Noire dans le cadre du programme baptisé PEEDU (Projet Eau Electricité pour le Développement Urbain).

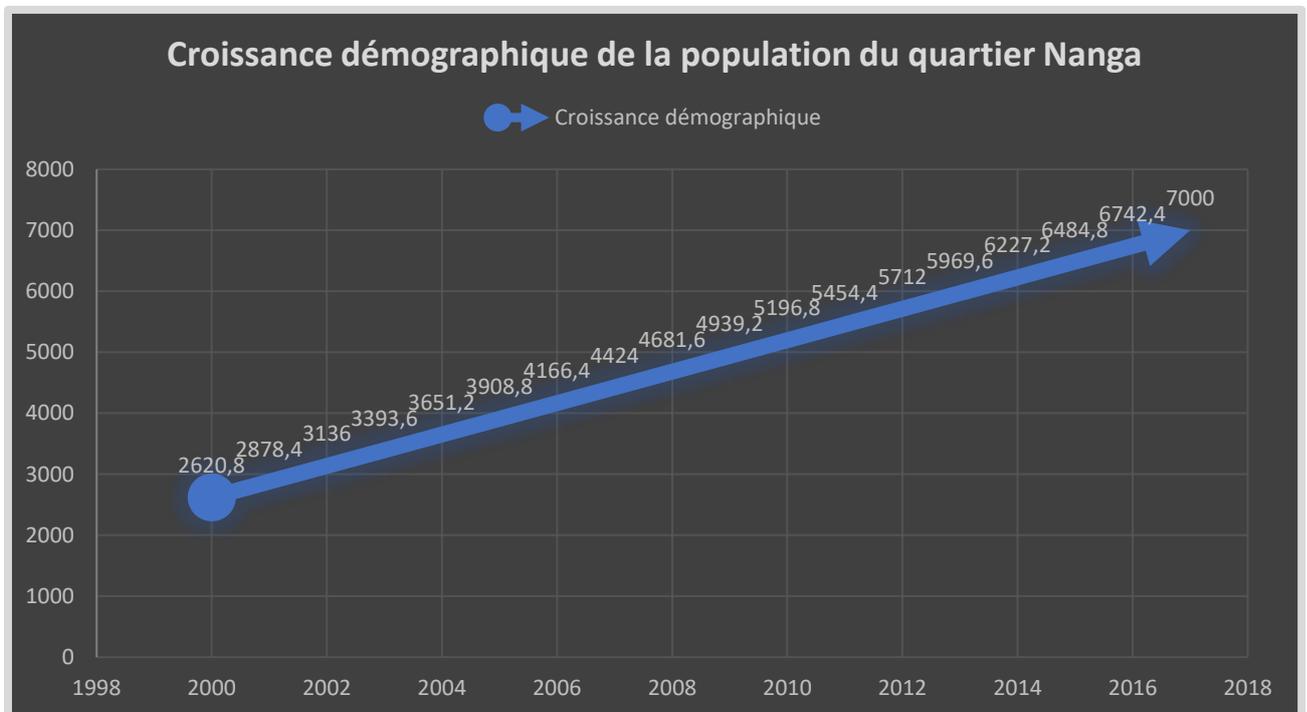


Figure 2: Croissance démographique du quartier Nanga

3. Objectifs

La Société Nationale d'Electricité pourra via le présent projet élargir son réseau de distribution dans la ville de Pointe-Noire en électrifiant le quartier Nanga. L'accès à l'électricité pourra prolonger certaines activités commerciales, ou aider à en créer d'autres.

Les travaux à effectuer auront pour objectifs de mettre à la disposition de la SNE un document (cahier des charges) contenant l'étude technique et financière du projet et qui contribuera dans un futur proche à la réalisation de ce dernier.

Notre étude prendra en compte les hypothèses ci-dessous dont nous discuterons par la suite à savoir :

- La distance entre le poste source de Ngoyo et le quartier Nanga étant de 3km, il est possible d'électrifier ce quartier à partir du poste source de Ngoyo
- Il est possible de maintenir un niveau de tension constant et admissible en bout de ligne
- Esquisse du réseau de distribution envisagé.

CHAPITRE 1 : GENERALITES

1.1 présentation de la SNE

1.1.1. Historique

La Société Nationale d'Electricité, alors Société Nationale d'Energie, a été créée par la loi n°67 du 15 juin 1967 à la suite de la fusion des deux sociétés concessionnaires coloniales, UNELCO et SEEE.

La S.E.E.E. exploitait la centrale hydroélectrique du Djoué et alimentait les villes de Brazzaville et Kinshasa (ex Léopoldville).

L'UNELCO exploitait les centrales thermiques diesel pour l'approvisionnement en électricité des villes de Brazzaville, Pointe-Noire, Dolisie et Nkayi.

La SNE ne s'occupe alors que de la production et la distribution de l'électricité locale dans les centres urbains de Brazzaville, Pointe-Noire, Dolisie et Nkayi. Le 11 septembre 1984, a été adoptée la loi n° 67/84 modifiant la dénomination de la Société Nationale d'Energie en Société Nationale d'Electricité.

Etablissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous la tutelle du Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique, son siège social est à Brazzaville, Boulevard Denis SASSOU NGUESSO, BP : 95, Téléphone : 81.05.66 (69)-Télex : 5261 kg - 5521 kg, enregistrée sous le numéro : R.C. : 83 B 950 du 23/06/1983.

Ses principales missions sont : la Production, le Transport, la Distribution et la Commercialisation de l'énergie électrique sur toute l'étendue du territoire national. Il sied de souligner que jusqu'à un passé récent, l'entreprise avait encore le monopole dans les domaines cités avant la publication de la loi n°14 - 2003 du 10/04/2003, portant Code de l'électricité.

En 2003, l'Etat congolais a mis fin au monopole de la SNE en établissant un nouveau cadre institutionnel pour le secteur électrique. La loi n°14 - 2003 du 10/04/2003, portant Code de l'électricité, promulgué, a libéralisé le secteur électrique en introduisant de nouveaux principes pour l'accès au réseau de transport, l'importation et l'exportation de l'énergie électrique.

Le principe de la libre concurrence a été ainsi admis en ouvrant le secteur à tout opérateur sous diverses formes d'intervention.

1.1.2. Organigramme du Service Technique de distribution de la SNE

L'organigramme du Service Technique de Distribution se compose comme suit :

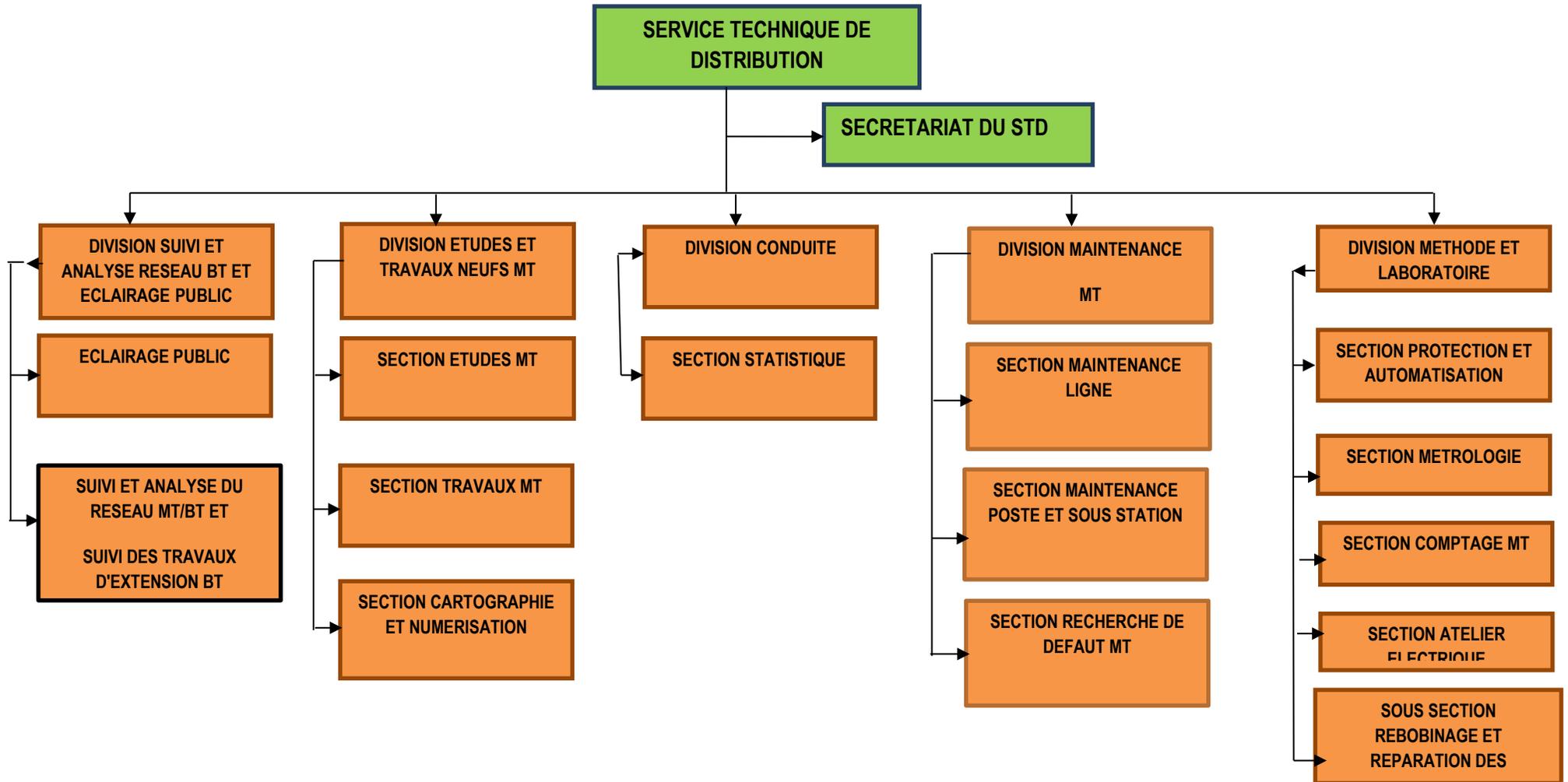


Figure3: Organigramme du Service Technique de distribution de la SNE

1.1.3. Activités de l'entreprise

Les différentes activités menées au sein de la SNE sont :

- La production
- Le transport
- La distribution
- La commercialisation de l'énergie électrique

1.2. Présentation du quartier NANGA

1.2.1. Situation géographique

Nanga est un nouveau quartier de la ville de Pointe-Noire, il est situé dans son sixième arrondissement. Il s'étend sur 952.98ha soit 9.529.800m² et se limite :

Au Nord : Par une vasière définissant la limite entre Nanga et Louessi (un quartier voisin)

Au Sud : Par un lac communément appelé lac Nanga

A l'Est : Par une vasière

A l'Ouest : Par une vasière



Figure 4: Périmètre quartier Nanga (Image Google Earth)

1.2.2 Milieu physique

1.2.2.1. Climat

Le climat est subéquatorial sous l'influence d'un courant marin froid de juin à septembre et d'un courant marin chaud d'octobre à mai. Il y a deux saisons distinctes, la saison sèche de juin à septembre et la saison de pluie d'octobre à mai.

1.2.2.2. Sol

Le sol dans le quartier Nanga est de type sableux

1.2.2.3. Relief

Le relief est peu accidenté et généralement plat.

1.2.2.4. Hydrographie

L'hydrographie est constituée d'un lac : le lac Nanga

1.2.3 Milieu biologique

1.2.3.1. Végétation

Le quartier Nanga était réputé pour son lac et ses nombreux eucalyptus qui s'étendaient sur des milliers de kilomètres carrés. Actuellement, on n'y trouve plus de végétation spécifique car les eucalyptus ont été coupés et brûlés il y a peu afin d'y mettre des habitations.

1.2.3.2. Faune

Il n'y a pas de faune spécifique dans le quartier Nanga

1.2.4. Milieu humain

En se basant sur le recensement ayant eu lieu en 2016, la population de Nanga est estimée à près de 7000 habitants.

1.2.4.1. Activités socioéconomiques

Les activités socioéconomiques sont dominées par le commerce de gros et détail des produits agricoles et manufacturés.

1.2.4.2. Infrastructures de base

- **Infrastructure de commerce**

Le quartier dispose d'un petit marché créé par les habitants, mais il sera doté dans un futur proche d'un grand marché (projet du gouvernement congolais). On y trouve aussi des boutiques d'alimentation, des bars, des quincailleries, des restaurants et deux auberges

- **Infrastructures scolaires**

Le quartier abrite un établissement scolaire (primaire), et quelques établissements scolaires privés.

- **Infrastructures sanitaires**

Un grand hôpital général est en cours de construction dans le quartier Nanga.



Figure 5:Hôpital de Nanga (Image Google Earth)

- **Infrastructures hydrauliques**

Le quartier n'est pas desservi par le réseau national de distribution d'eau de la Société Nationale de Distribution d'Eau (SNDE), néanmoins on y trouve quelques forages privés.

- **Infrastructures d'énergie**

Le quartier est dépourvu d'un réseau de distribution électrique de la Société Nationale d'Electricité (SNE), d'où l'objet de notre étude.

- **Infrastructures de télécommunication**

Le quartier est desservi par les réseaux de téléphonie mobile : MTN, AIRTEL et AZUR.

- **Infrastructures routières**

Le quartier dispose des routes non bitumées, très sableuses et peu accidentées ne facilitant pas toujours le trafic surtout en saison de pluie.

- **Edifices religieux**

Le quartier dispose de quelques lieux de culte pour les différentes croyances.

1.3. Présentation du poste source de Ngoyo

Le poste source de Ngoyo est constitué comme suit :

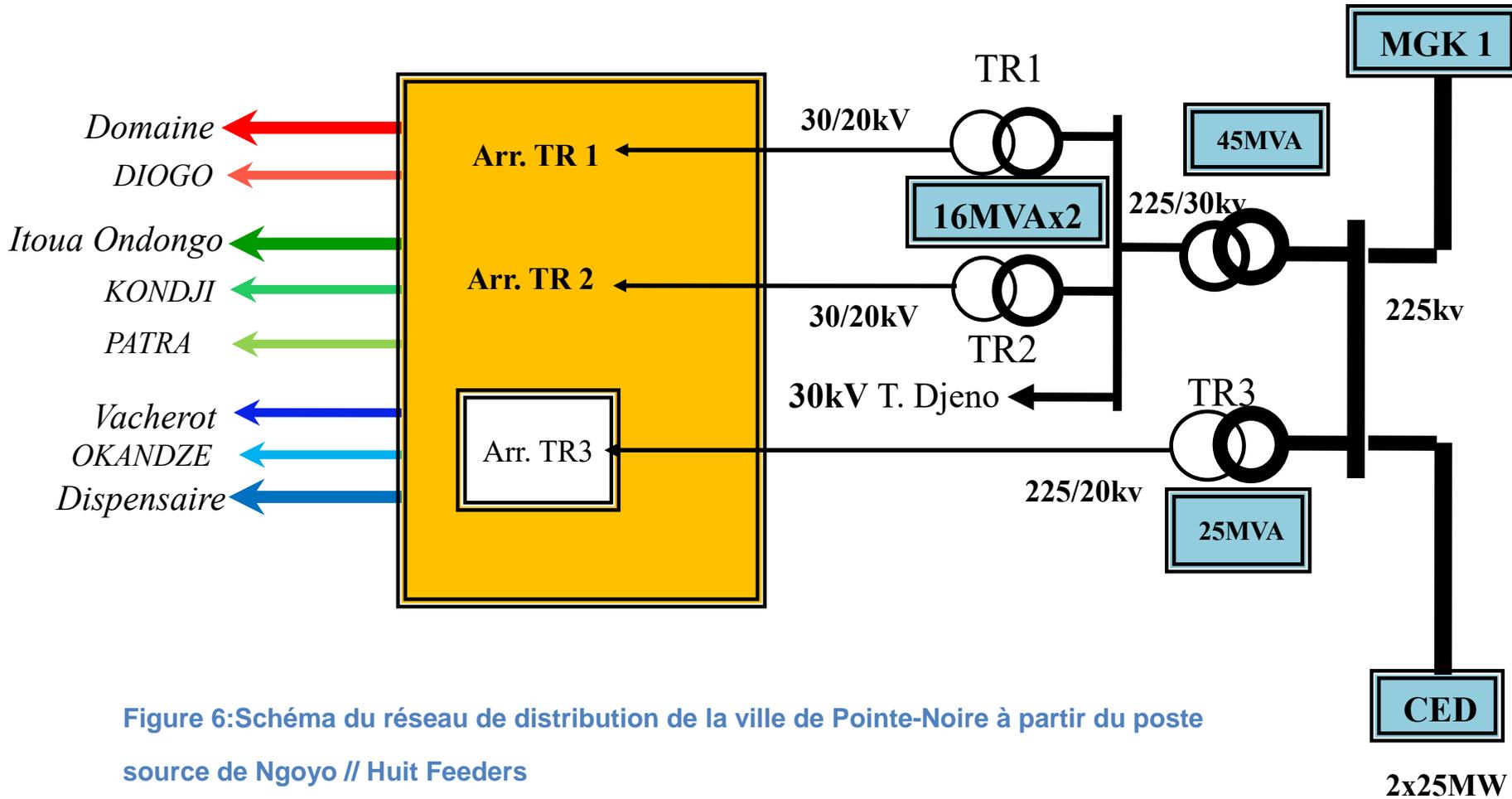


Figure 6:Schéma du réseau de distribution de la ville de Pointe-Noire à partir du poste source de Ngoyo // Huit Feeders

C'est un poste HTB/HTA qui fût inauguré le 03 avril 1983. Ce poste est équipé de quatre transformateurs de puissance, à savoir un transformateur 45 MVA en 30kV, qui débouche sur deux transformateurs 16 MVA en 20KV et un transformateur 25 MVA en 20 kV. Les transformateurs 45MVA et 25 MVA reçoivent du 220 kV. Comme tous les postes de distribution et de transit, le poste de Ngoyo est composé d'un poste extérieur et d'un poste intérieur.

1.3.1. Poste extérieur

Après une ligne THT de 225kV longue de 12,8 km et disposant de trois conducteurs de section 570mm², deux fils de garde de 94 mm² en acier et de 24 pylônes quadrillés de type chat, vient le poste extérieur de Ngoyo qui est composé de trois travées : la travée ligne, la travée jeu de barres et la travée transformateur.

Travée ligne

Après le pylône d'encrage des lignes, Centrale Electrique du Congo (CEC), la Centrale thermique à gaz, Mongo Kamba 1 vient la travée arrivée ligne qui constitue la première partie du poste. Elle comprend successivement les équipements suivants :

- Trois circuits bouchons 225 kV- 400A montés en diviseur de tensions capacitives
- Deux diviseurs de tension capacitifs 225 kV
- Trois transformateurs de courant 225kV- 250-125/ 5-5A, 75VA, cl.0, 5
- Un disjoncteur tripolaire 225kV- 3150A- 15GVA avec commande tripolaire et à isolement au gaz hexafluorure de soufre (SF6)
- Deux sectionneurs d'aiguillages tripolaires 225kV-125A avec commande électrique.

Travée jeux de barres

Cette travée dispose de deux jeux de barre composés chacun d'un tube AGS 3x120 posé sur la tête des sectionneurs et d'un transformateur de potentiel 225kV.

Travée transformateur

Cette travée est composée de :

- Deux sectionneurs tripolaires d'aiguillage de caractéristique 225kV- 1250A, deux colonnes avec commande électrique

- Un disjoncteur tripolaire 225kV- 3150A- 15 GVA avec commande tripolaire de protection primaire transformateur 225/20kV
- Trois transformateurs de courant 225kV-250A-125A/ 5-5A, cl.0.5 (Neutre 225 et 20KV, protection masse-cuve transformateur abaisseur)
- Deux transformateurs de puissance abaisseur de tension 25MVA et 45MVA, 225/20kV et 225/30kV avec régleur en charge
- réactances de 10MVAR, 300A branchées du côté 20kV sur les deux demi-sections de jeux de barres sortie transformateur1(TR1) et transformateur2(TR2). Elles diminuent la surtension des pics de tension en cas de défaut d'ordre atmosphérique ou de perte brutale de la charge de la ligne.

1.3.2. Poste intérieur

Le poste intérieur est le poste dans lequel s'effectuent les relevés et le contrôle des paramètres nécessaires, la protection et la commande de certains équipements et bien d'autres manœuvres. Il est reparti en plusieurs salles à savoir :

- La salle de commande
- La salle de relayage
- La salle de batteries
- La salle du groupe électrogène
- La salle haute tension (A)
- Le magasin
- Les toilettes

La salle de commande

L'élément principal de la salle de commande est le tableau synoptique ou de commande (T.C.O) qui représente les équipements du poste extérieur en THT et intérieur en HTA tels que :

- Les appareils de mesure comme le wattmètre, les varmètres, les ampèremètres, les voltmètres et les fréquencemètres
- Les régleurs de transformateurs

- Les verrines de signalisation lumineuse des défauts et des états physiques des équipements
- Les boutons poussoirs pour la commande à distance des disjoncteurs et sectionneurs pour l'arrêt du klaxon, et pour l'essai des lampes des verrines
- Les klaxons pour signaler les défauts

Salle de relayage

Elle est majoritairement constituée des équipements de protection et automates programmables comme :

- Protection à distance
- Protection de secours
- Sélecteur de phase
- Réenclencheurs
- Relais ampérométriques différentiels, RMAH, etc.

Il faut aussi noter la présence des appareils de défauts, enregistreurs, manœuvres et de signalisation (EMS), oscillopertubographes.

Salle des auxiliaires

Elle est composée de :

- Deux transformateurs HTA/BT qui alimentent le poste
- Des auxiliaires alternatifs
- Deux jeux de barres 0,4 kV
- Des auxiliaires continus composés de deux redresseurs 125VCC et 48 VCC
- Un jeu de barres 125VCC de tension commune batterie 125 VCC et redresseur 125 VCC

Salle des batteries

Il est composé de deux bancs de batteries ayant plusieurs éléments. Ces batteries alimentent les équipements du poste qui fonctionnent avec des tensions continues 24V et 12V en cas de manque de tension.

Salle du groupe électrogène

Comme l'indique son nom, elle est composée d'un groupe électrogène de secours d'une puissance de 65kVA démarrant automatiquement lors d'un manque de tension réseau et permettant la réalimentation du poste dans un temps approximatif de 10s. Ce groupe électrogène alimente essentiellement la salle des auxiliaires, l'éclairage du poste en cas de délestage et le suivi paramètres électriques du poste par les opérateurs.

Salle moyenne tension

Cette salle reçoit une tension de 20kV venant du transformateur HTB/HTA 225/20kV par le disjoncteur sortie transformateur (qui se trouve dans cette salle), après vient un sectionneur de barres puis un jeu de barres 20kV, à la sortie du disjoncteur se trouvent huit disjoncteurs, huit sectionneurs pour les différents départs

1.4. Généralités sur les réseaux électriques

1.4.1 Définition

Un réseau électrique est un ensemble d'appareillages mis en place pour transporter ou faire transiter l'énergie électrique des points de production vers les points de consommation.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

Il est classifié selon des critères spécifiques, à savoir :

- Le niveau de tension
- La fonction
- La topologie
- La nature ou système utilisé

1.4.1.1. Niveau de tension

La tension est importante car elle limite les puissances transportées et fixe les dimensions des lignes et du matériel des postes.

Tableau 1: Niveaux de tension (NF C 15-100 ET NF C 13-200)

	TBT	BTA	BTB	HTA	HTB
Alternatif	$U \leq 50V$	$50V < U \leq 500V$	$500V < U \leq 1kV$	$1KV < U \leq 50kV$	$U > 50kV$
Continu	$U \leq 120V$	$120V < U \leq 750V$	$750V < U \leq 1,5kV$	$1,5V < U \leq 75kV$	$U > 75kV$

Au Congo- Brazzaville, le niveau de tension est de :

- 225kV en HTB

- 20kV et 30kV en HTA
- 230V/400V en BT

1.4.2. Fonction

Celle-ci détermine les quantités d'énergie, les puissances que le réseau recevra ou fournira. Elle influence de façon essentielle le choix de sa tension et les contraintes imposées au fonctionnement du réseau.

Les conditions de transit de l'énergie électrique ne sont pas les mêmes d'un bout à l'autre de la chaîne des installations nécessaires. Les puissances mises en jeu et les répercussions de tout incident présentent des différences qui permettent de délimiter des fonctions spécifiques :

- **Les réseaux d'utilisation**

Ces réseaux sont destinés à alimenter directement un grand nombre d'appareils domestiques ou de petits moteurs.

- **Les réseaux industriels**

Ces réseaux sont des réseaux d'utilisation nécessitant des puissances relativement élevées. Ils sont généralement intérieurs aux usines.

- **Les réseaux de distribution**

Les réseaux de distribution ont pour fonction de fournir aux réseaux d'utilisation la puissance dont ils ont besoin.

- **Les réseaux de répartition**

Les réseaux de répartition fournissent la puissance aux réseaux de distribution, mais ne peuvent la transiter que sur de petites distances limitées à quelques dizaines de kilomètres. Les puissances qu'ils transitent sont de plusieurs dizaines de mégawatts, ce qui nécessite l'utilisation de hautes tensions, généralement entre 33 et 110kV.

- **Les réseaux de transport**

Les réseaux de transport assurent l'alimentation de l'ensemble du territoire, grâce à des transits de puissances importants sur des distances atteignant cent ou plusieurs centaines de kilomètres.

- **Les réseaux d'interconnexion**

Ces réseaux constituent des liaisons entre les réseaux de deux pays.

1.4.3. Topologie

Ce critère fixe le mode d'exploitation normale du réseau et les possibilités de secours en cas de défaillance.

Si les réseaux doivent assurer le transit d'une certaine puissance, ils doivent le faire avec une sécurité suffisante. Or, les appareils qui les composent sont sujets à des avaries, et les lignes et postes sont soumis à toute sorte d'agressions externes, telles que la pluie, la pollution, la foudre, le choc d'engins divers.

On augmente la sécurité d'alimentation :

- Soit par des lignes ou d'appareillages plus solides ;
- Soit par des circuits plus nombreux.

De toute façon, augmenter la sécurité est très onéreux. Il y a donc un compromis entre le coût d'investissement supplémentaire et la valeur de ceux qu'il permet de sauver. Ce compromis n'est certainement pas le même suivant les types de réseaux et d'usagers. Il conduira donc à des topologies de réseaux différentes.

- **Les réseaux radiaux**

Ces réseaux sont, à partir d'un poste d'alimentation, constitués de plusieurs artères, dont chacune va en se ramifiant, mais sans jamais retrouver de point commun.

Les réseaux radiaux sont de structure simple et peuvent être contrôlés et protégés par un appareillage simple.

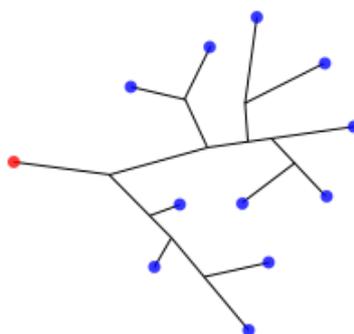


Figure 7: exemple réseau radial

- **Les réseaux bouclés**

Les réseaux bouclés sont alimentés à la fois par plusieurs sources. Les lignes les reliant appelées « boucles » n'ont pas de discontinuité, de sorte que ces sources débitent en parallèle.

Le contrôle et la protection de ces réseaux nécessitent des dispositifs plus complexes donc plus chers que pour les réseaux radiaux.

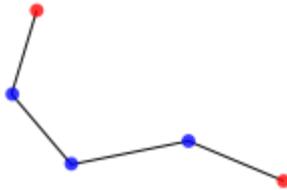


Figure 8: exemple réseau bouclé

- **Les réseaux maillés**

Les réseaux maillés sont des réseaux où toutes les lignes sont bouclées, formant ainsi une structure analogue aux mailles d'un filet. On obtient la meilleure sécurité, mais au prix le plus élevé.

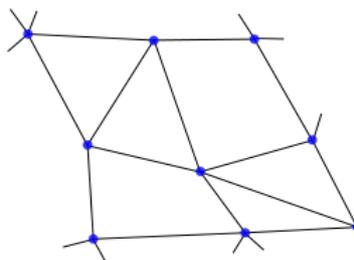


Figure 9: exemple réseau maillé

1.4.4. Nature ou système utilisé

On peut transiter de l'énergie, soit par du courant continu, soit par du courant alternatif à fréquence plus ou moins élevée. Le nombre de possibilités est même plus large, si l'on différencie les systèmes polyphasés. Ces systèmes sont nés du besoin de créer des champs tournants, ce qui est facile dès qu'il y a au moins trois phases.

1.5. Matériels utilisés dans les réseaux électriques

Le réseau électrique est constitué non seulement de matériel haute tension (dit matériel de puissance), mais également de nombreuses fonctions utiles telles que la téléconduite ou le système de protection.

1.5.1. Matériels de puissance

a- Les lignes

Les lignes électriques assurent la fonction « transport de l'énergie » sur les longues distances. C'est un ensemble de conducteurs, d'isolateurs, de pylônes et d'autres accessoires destinés au transport de l'énergie électrique. Elles sont constituées de trois phases, et chaque phase peut être constituée d'un faisceau de plusieurs conducteurs (de 1 à 4) espacés de quelques centimètres afin de limiter l'effet couronne qui entraîne des pertes en lignes, différentes des pertes Joule. L'ensemble de ces trois phases électriques constituent un terne.

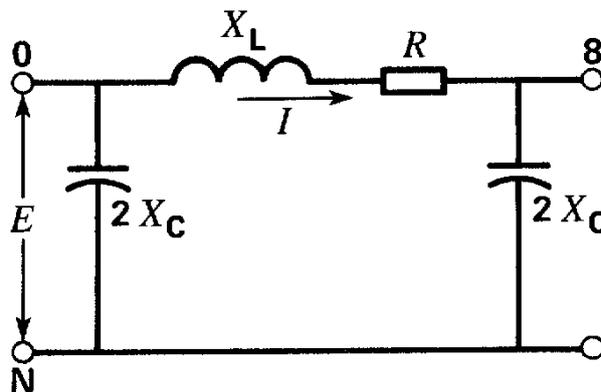


Figure 10: Schéma équivalent d'une ligne dont la longueur ne dépasse pas 250km

Il existe des lignes souterraines et aériennes :

a.1- Lignes aériennes : Ce sont des lignes constituées de conducteurs de phase fixés par des isolateurs sur des pylônes métalliques, des poteaux en béton ou en bois. L'air assure l'isolement entre conducteur par rapport à la terre.

a.2- Les lignes souterraines : Ce sont des lignes utilisées dans les installations urbaines et dont l'utilisation est souvent justifiée par plusieurs raisons à savoir :

- La présence des agglomérations en plein cœur de la ville
- La sécurité des habitants
- Le besoin esthétique

On distingue trois types de lignes :

- Les lignes courtes : inférieures à 50 km
- Les lignes moyennes : entre 50km et 150km
- Les lignes longues : supérieures à 150km

La ligne de la sous-station de Ngoyo est une ligne courte : 9,5 km.

a. 3- Les pylônes : Ce sont les supports métalliques des lignes à haute tension.

a.4- Les conducteurs actifs : Il s'agit des conducteurs sous tension et qui assurent le transport de l'énergie.

a. 5- Les isolateurs : Ils isolent les conducteurs actifs sous tension des organes métalliques tels que les pylônes.

C'est sur les isolateurs que sont également fixés les conducteurs actifs.

Les plus utilisés sur les lignes à HT, sont des isolateurs en porcelaine ou en matériaux composites.

a.6- Les câbles de garde : Ils sont situés tout au-dessus des conducteurs actifs et fixés sur les pylônes et donc électriquement reliés à la terre pour écouler au sol les décharges atmosphériques venant sur la ligne afin qu'elles ne frappent pas les 3 phases de la ligne, évitant ainsi les creux de tension perturbant les clients . Ils constituent le paratonnerre pour les lignes à HT.

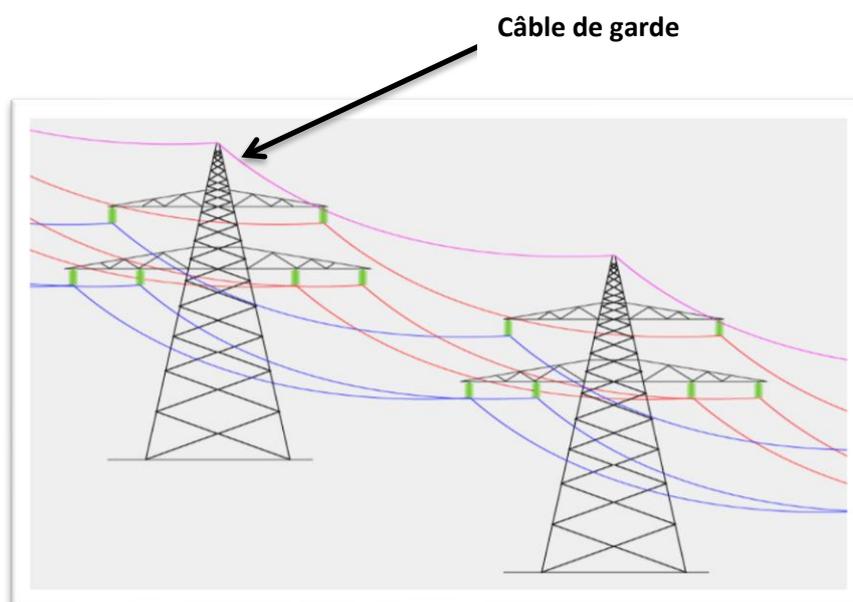


Figure 11: Ligne électrique à haute tension (image Wikipedia)

Le câble le plus haut est le câble de garde, constitué d'un seul conducteur et relié au réseau de terre. Il a pour but d'attirer les surtensions d'ordre atmosphériques comme la foudre à la terre. Ces pylônes supportent 2 ternes. Chaque phase est supportée par un isolateur.

b- Les transformateurs de puissance

Les transformateurs de puissance constituent une partie importante du réseau. Ils ont pour fonction de transformer un système de tension et courant alternatif en un autre système de tension et courant de valeurs généralement différentes, à la même fréquence, dans le but de transmettre de la puissance électrique. Sa principale utilité est de réduire les pertes dans les réseaux électriques. Il peut être monophasé ou triphasé et recevoir divers couplages : étoile, triangle et zigzag.

c- Les postes électriques

Par définition, un poste (une sous-station) est une installation d'organes de liaison et d'organes de manœuvre où parvient l'énergie des centrales et d'où cette énergie est orientée vers les centres de consommation. Leur rôle est de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs

I.5.2. Matériels de surveillance

a- Protection des réseaux électriques

Tout réseau électrique possède des systèmes de protection pour déconnecter le système de production en cas de défaut sur la ligne. L'objectif est de protéger les 3 constituants d'un système électrique :

- les organes de production (alternateur)
- les composants des réseaux de transport et de distribution (lignes aériennes et souterraines, transformateurs, jeux de barre)
- les organes de consommation (clients finaux)

b- Matériel de surveillance et de conduite

La conduite s'effectue depuis des centres de conduite régionaux (dispatchings) ou nationaux. Ceux-ci disposent d'instruments de téléconduite (des SCADA, notamment) comprenant des dispositifs permettant :

- De commander les organes de coupure (disjoncteurs, sectionneurs),
- De connaître la position de ces organes,
- De mesurer un certain nombre de grandeurs (tension, intensité, fréquence),
- De signaler des dysfonctionnements (alarmes).

Outre les éléments ci-dessus permettant la conduite à distance, on trouve également des dispositifs locaux, pouvant réaliser de façon automatique des manœuvres destinées à sauvegarder le fonctionnement du système électrique ou à rétablir le service lorsque celui a été interrompu.

Un important réseau de voies de télécommunication fiables et sécurisées est nécessaire pour échanger ces informations entre le centre de conduite et les postes qu'il exploite.

Le matériel de surveillance est destiné à l'analyse a posteriori des incidents. Il comprend essentiellement des consigneurs d'état chargés de relever la position des organes de coupure, et des perturbographes qui, grâce à un système de mémoire, restituent l'évolution des tensions et des courants pendant le déroulement des incidents. Lorsque des clients sensibles se trouvent à proximité du poste, des

qualimètres, destinés à mesurer les coupures brèves, peuvent aussi être installées. Les données fournies par ces équipements sont consultées sur place. Par commodité, elles peuvent être transmises à distance, mais la fiabilité demandée aux voies de transmission utilisées est moins importante que dans le cas précédent.

1.6. Généralités sur les postes électriques

1.6.1. Etude des postes électriques

1.6.1.1. Définition

Un poste (une sous-station) est une installation d'organes de liaison et d'organes de manœuvre où parvient l'énergie des centrales et d'où cette énergie est orientée vers les centres de consommation. Leur rôle est de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs. Les postes sont généralement appelés sous stations.

1.6.1.2. Rôles

Les différents rôles des sous stations sont :

- La transmission de l'énergie en différents niveaux de tensions
- Raccorder un tiers au réseau d'électricité
- L'interconnexion entre les différentes lignes électriques

1.6.1.3. Fonctions

Un poste a plusieurs fonctions telles que :

- L'élévation de la tension
- La diminution de la tension
- La protection (disjoncteurs)
- L'isolement (sectionneurs)
- La sécurité (mise à la terre)
- La mesure de courant et de tension (réducteurs de mesure)
- La conversion du signal électrique du courant alternatif au courant continu ou vice versa

1.6.1.4. Les technologies

Il existe deux technologies principales pour les postes électriques haute tension :

- **La technologie isolée dans l'air, dite aussi conventionnelle** : Dans ce cas, les conductrices électriques hautes tensions sont séparées par une distance d'air qui en assure l'isolation. Ces postes peuvent être réalisés en extérieur, ou bien en bâtiment. Cette variante permet de réduire les dimensions du poste, les équipements haute-tension, notamment les isolateurs, étant à l'abri des intempéries et de la pollution.

- **La technologie à isolation gazeuse, dite aussi blindée** : Dans ce cas, les conducteurs électriques sont encapsulés dans une enveloppe métallique remplie d'un gaz, l'hexafluorure de soufre (SF₆), dont les propriétés diélectriques très supérieures à celles de l'air permettent de réduire les distances d'isolation.

La technologie dite blindée possède des avantages techniques par rapport à la technologie dite conventionnelle : compacité, fiabilité, maintenance réduite. Cependant son coût de fabrication représente un investissement supérieur à celui de la technologie conventionnelle. Une analyse du coût du cycle de vie, en intégrant les aspects de coût du terrain, investissement, fiabilité, maintenance (détection de fuite) et finalement recyclage du gaz SF₆ et démantèlement peut montrer qu'elle est finalement globalement moins chère. Mais les conclusions de ce genre d'analyse sont fortement dépendantes du coût du terrain à l'endroit où le poste est implanté.

1.6.1.5. Différents types de postes électriques

Il existe plusieurs types de postes électriques :

- **Postes de sortie de centrale** : le but de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau ;
- **Postes d'interconnexion** : le but est d'interconnecter plusieurs lignes électriques ;
- **Postes élévateurs** : le but est de monter le niveau de tension, à l'aide d'un transformateur ;
- **Postes de distribution** : le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

Exemple : Poste de distribution ou poste HTA/BT classique

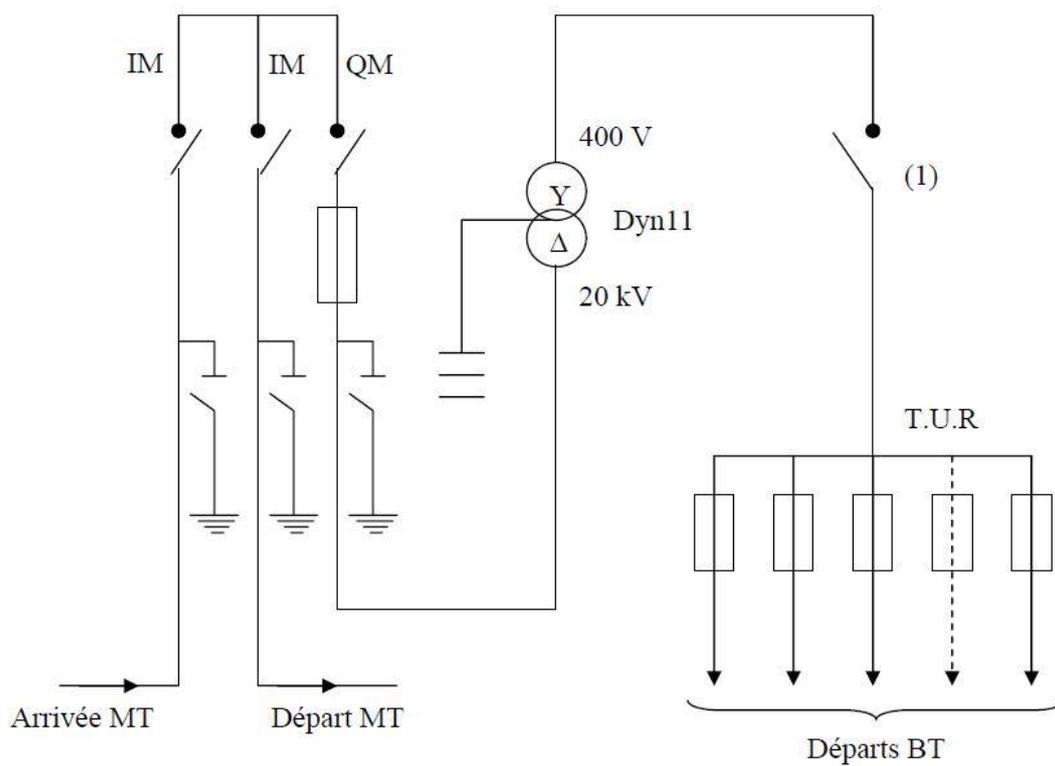


Figure 12: Schéma poste HTA/ BT classique

Ce schéma correspond à la figure ci-dessous



Figure 13: Cellules HTA

QM

IM

IM

Avec :

IM : Cellule interrupteur

QM : Cellule protection transformateur

TUR : Tableau Urbain Réduit

(1) : Sectionneur dans le cas d'un poste public

(1): Disjoncteur dans le cas d'un poste privé

N.B : Lorsque la puissance sollicitée par une installation est supérieure à 160kVA, le distributeur d'énergie électrique, la SNE en l'occurrence impose l'acquisition d'un poste privé HTA/BT. Cette installation ne peut plus être branchée sur le réseau BT d'un poste public.

L'aspect des postes électriques varie fortement suivant leurs fonctions. Les postes peuvent être en surface à l'intérieur d'une enceinte, souterrains, dans des bâtiments qu'ils desservent.

1.6.1.6. Eléments constitutifs d'un poste

On distingue parfois les éléments d'un poste HTB/HTA en "éléments primaires" (les équipements haute tension) et "éléments secondaires" (équipements basse tension).

Parmi les équipements primaires, on peut citer :

- Le transformateur de puissance
- Le disjoncteur à haute tension
- Le sectionneur
- Le sectionneur de mise à la terre
- Le parafoudre
- Le transformateur de courant (TC ou TI)
- Le transformateur de tension (TT ou TP)
- Le combiné de mesure (courant + tension)
- Le jeu de barres
- Les batteries de condensateurs
- La réactance shunt

Parmi les éléments secondaires on peut citer :

- Les relais de protection,
- Les équipements de surveillance,
- Les équipements de contrôle,
- Le système de téléconduite
- Le comptage d'énergie
- L'alimentations auxiliaires
- équipements de télécommunication
- consignateur d'état

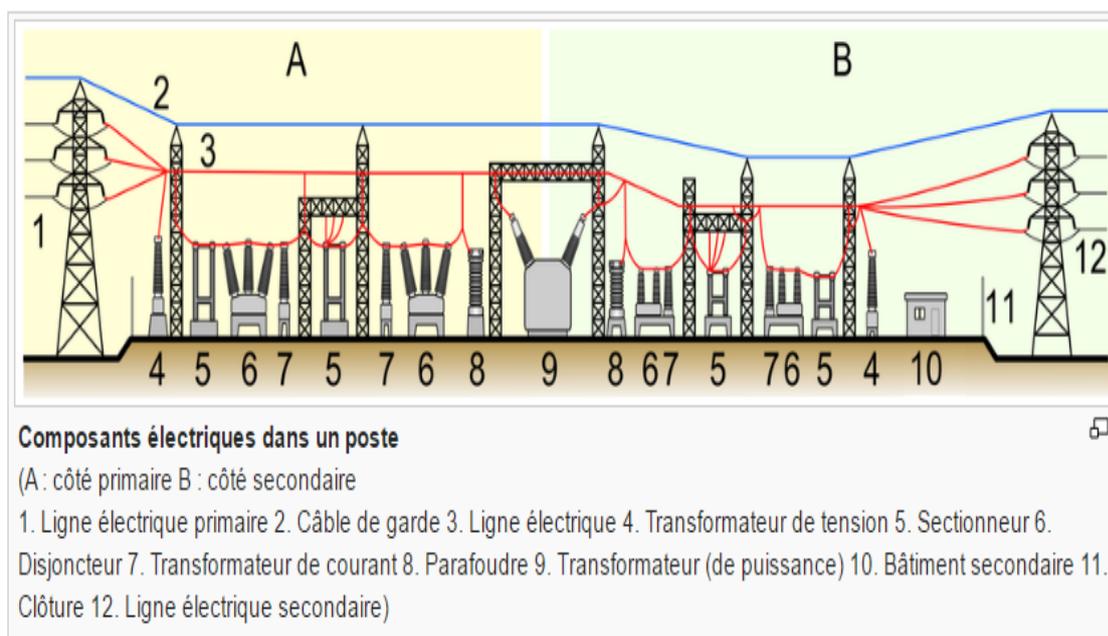


Figure 14: Ligne électrique (image Wikipédia)

1.6.1.7. Les problèmes engendrés par les postes

L'implantation d'un poste électrique est loin de poser les problèmes environnementaux suscités par l'implantation d'une centrale électrique ou d'une ligne à haute tension. Les problèmes engendrés sont essentiellement :

- **L'esthétique** : les postes électriques utilisant une technologie à isolation dans l'air sont fortement déconseillés en zone urbaine de par la surface nécessaire pour implanter les différentes parties qui doivent être isolées entre elles et pour des raisons de sécurité. On préférera des postes à isolation gazeuse installés en bâtiment solution idéale en zone urbaine voir en ville en sous-sol, sinon en espace ouvert la surface est réduite au maximum (4 à 6 fois moins que pour un isolement en technologie en espace libre).
- **Les nuisances sonores** : les phénomènes de striction dans les transformateurs engendrent un bruit continu ainsi que le bruit des ventilateurs pour les transformateurs de fortes puissances pouvant être gênant pour le voisinage.

- ***Les nuisances magnétiques*** : chaque site doit faire l'objet d'une étude de réduction des champs électromagnétiques résultant des fuites des circuits magnétiques.

CHAPITRE 2 : ESTIMATION DE LA CHARGE

Pour mieux alimenter le quartier Nanga en énergie électrique, il est au préalable nécessaire d'estimer sa charge électrique. Cette détermination va permettre une bonne évaluation des besoins en énergie électrique du réseau à projeter et choisir de façon adéquate:

- La puissance des transformateurs et leur emplacement
- Les équipements de protection
- L'appareillage de la sous-station de façon générale
- Aussi les simulations des pertes de puissance et des variations de la tension pourront être menées.

2.1. Méthodologie appliquée

Près 7000 habitants ont été recensés dans le quartier Nanga, et chaque ménage compte en moyenne 5 personnes adultes.

Le revenu mensuel moyen (RMM) par habitant au Congo-Brazzaville s'élève à 143\$ soit 82179,24 Francs CFA [16].

Tableau 2: Nombre d'habitants et de ménages du quartier Nanga

	Nombre d'habitants	Pourcentage du nombre d'habitants (%)	Nombres de ménages
	1050	15	210
	1750	25	350
	4200	60	840
Total	7000	100	1400

Le tableau précédent nous aide à classer les habitants (en pourcentage) selon leur revenu mensuel tel que décrit dans le graphe ci-dessous :

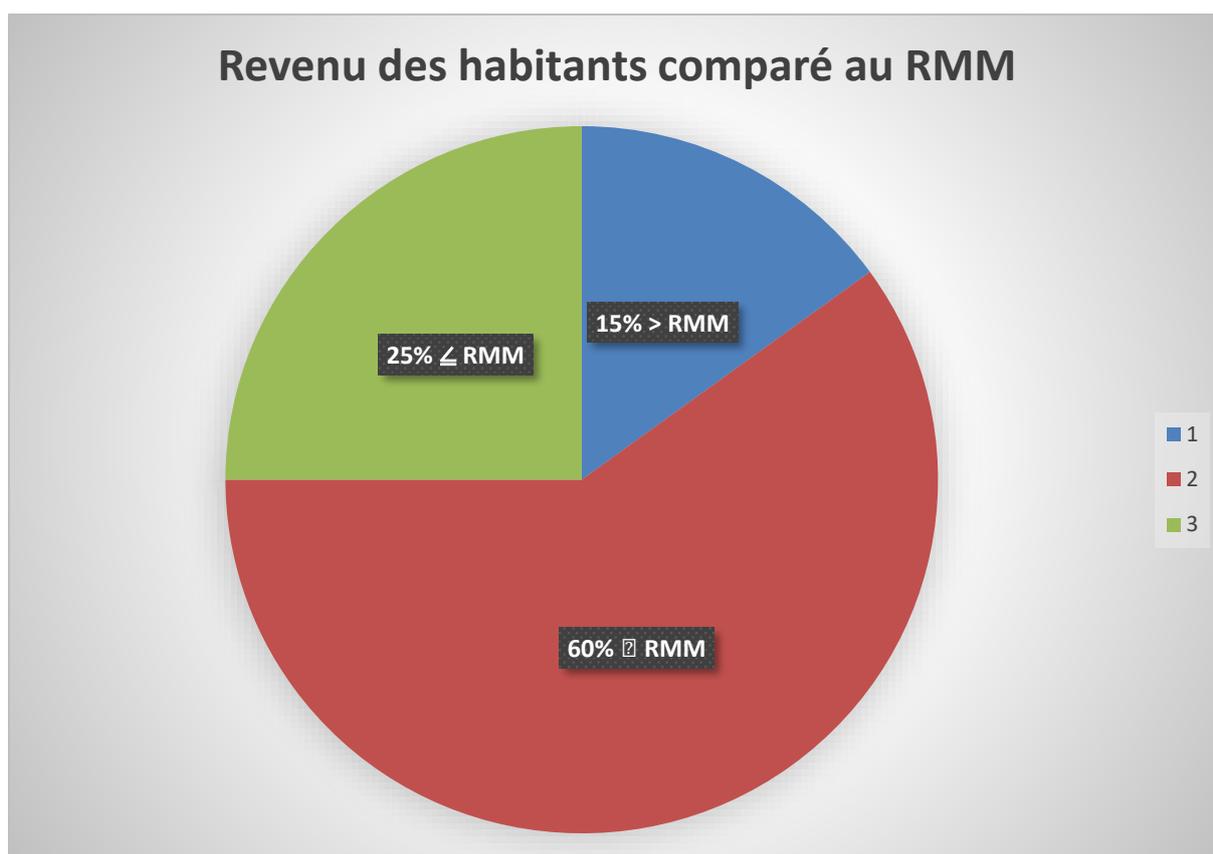


Figure 15: Revenu mensuel des habitants (%) comparé au RMM

La visite sur le terrain nous permis d'avoir les informations suivantes :

- Les zones fortement habitées du quartier Nanga sont : les zones 1, 2, 3, 4,7et 10.
- Les zones faiblement habitées sont les zones : 5, 6,8 et 9.
- Les habitants ayant un revenu mensuel supérieur au RMM sont localisées dans les zones suivantes : 1, 2, 3,7 et 9.

Les tarifs de la SNE sont classés comme suit :

- Pour le premier abonnement avec installation d'un compteur

Tableau 3:tarifs de la Société Nationale d'Electricité

Puissances (kW)	Tarifs abonnement (FCFA)
3	26440
5	50440
9	75440
12	100440
18	151440
27	200440
32	248440

- Pour un abonnement de 3kW ou 5kW le prix du kWh correspond respectivement à 49,6 FCFA et 46,6 FCFA.
- Pour un abonnement forfaitaire sans installation d'un compteur : 34500frs tous les deux mois

Notre étude nous a conduit à attribuer une puissance de 3kW aux habitants ayant un revenu mensuel inférieur ou égale au RMM et une puissance de 5kW aux habitants ayant un revenu mensuel supérieur au RMM. Ce choix est conditionné par les charges que l'on trouve déjà dans certains ménages ou qui s'y ajouteront une fois l'électricité présente dans ce quartier.

Actuellement dans certains logements où les habitants ont un revenu mensuel largement supérieur au RMM, l'on trouve des charges telles que les congélateurs, réfrigérateurs, split et/ou machine à laver.

a- Charges de l'hôpital

L'hôpital est localisé dans la zone 3 du quartier NANGA. La ligne qui alimentera le quartier NANGA est la même qui alimentera l'hôpital de NANGA qui sera doté d'un transformateur privé. L'hôpital étant en construction, donc pas encore équipé, il nous est impossible de connaître les charges exactes dudit édifice d'autant plus que cette information nous a été cachée. Néanmoins l'un des maîtres d'œuvres de l'édifice nous a dit que l'hôpital serait doté d'un groupe électrogène de 400kVA. Nous prendrons donc une charge de 400 kVA pour l'hôpital dans la suite des calculs.

b- Charges des deux auberges

Deux auberges sont présentement installées dans la zone 7 du quartier Nange. Nous avons donc fait un bilan de puissance de ces deux auberges dont les charges sont respectivement 2kW et 3kW (Voir annexes 1 et 2).

2.2. Calcul des charges électriques du quartier NANGA

Application :

Rappel : chaque ménage a une puissance estimative de 3Kw pour les habitants ayant un salaire inférieur ou égale au RMM et 5kW pour ceux qui ont un salaire supérieur au RMM

Exemple de calcul : Zone 1

Nombre de ménages : 140

105 ménages ont une puissance de 3kW et 35 ont une puissance de 5kW

$$P(KW) : 3 \times 105 = 315 \text{ kW}$$

$$Q (KVAR) = P \tan \varphi$$

$$Q (KVAR) = 315 \times \tan (\cos^{-1}(0,8))$$

$$Q (KVAR) = 236,25 \text{ kVAR}$$

$$S(KVA) = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2}$$

$$S(KVA) = \sqrt{(315)^2 + (236,25)^2}$$

$$S \text{ (KVA)} = 393,75\text{kVA}$$

$$P(\text{KW}) : 5 \times 35 = 175 \text{ kW}$$

$$Q \text{ (KVAR)} = P \tan \varphi$$

$$Q \text{ (KVAR)} = 175 \times \tan (\cos^{-1}(0,8))$$

$$Q \text{ (KVAR)} = 131,25 \text{ kVAR}$$

$$S(\text{KVA}) = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2}$$

$$S(\text{KVA}) = \sqrt{(175)^2 + (131,25)^2}$$

$$S \text{ (KVA)} = 218,75\text{kVA}$$

La puissance apparente totale pour les 140 ménages de la zone 1 est la somme des deux puissances apparentes calculées ci-dessus.

$$S_{\text{totale}} \text{ (KVA)} = 393,75 + 218,75$$

$S_{\text{totale}} \text{ (KVA)} = 612,5\text{kVA}$

ELECTRIFICATION DU QUARTIER NANGA A PARTIR DU POSTE SOURCE DE NGOYO

Tableau 4: Charges électriques par zone

Zones	Nombre de ménages		Puissance souscrite	P (KW)	Q(KVAR)	S (KVA)
1	182	140	3	420	315.0	525.0
		42	5	210	157.5	262.5
Total1				630	472.5	787.5
2	182	140	3	420	315.0	525.0
		42	5	210	157.5	262.5
Total2				630	472.5	787.5
3	182	140	3	420	315.0	525.0
		42	5	210	157.5	262.5
Total3				630	472.5	787.5
4	140	140	3	420	315.0	525.0
Total4				420	315	525
5	87	87	3	261	195.8	326.3
Total5				261		326.3
6	87	87	3	261	195.8	326.3
Total6				261		326.3
7	182	142	3	426	319.5	532.5
		42	5	210	157.5	262.5
Total7				636		795.0
8	89	89	3	267	200.3	333.8
Total8				267		333.8
9	129	87	3	261	195.8	326.3
		42	5	210	157.5	262.5
Total9				471		588.8
10	140	140	3	420	315.0	525.0
Total10				420		525.0
Totaux zones	1400			4626	4 887.0	5782,5
Charge Hôpital						400
Total						6 182,5

La puissance estimative du quartier NANGA pour l'an 0 est estimée à 6,182 MVA. La charge de l'hôpital sera fixe tout le long de notre étude.

a- Projection pour les 10 ans à venir

D'après les statistiques de la SNE, le taux d'électrification des quartiers publics varie entre 7 et 9% par année ; soit en moyenne $i = 8\%$ par an [4].

$$\begin{aligned} \text{1ère année} \quad S_1 &= S_0 \\ \text{2ème année} \quad S_2 &= S_1 + i S_1 = (1 + i) S_1 \\ \text{3ème année} \quad S_3 &= S_2 + i S_2 \\ &= (1 + i) S_1 + i (1 + i) S_1 \\ &= (1 + i) S_1 [1 + i] \\ S_3 &= (1 + i)^2 S_1 \\ S_n &= (1 + i)^{n-1} S_1 \\ \text{Donc } S_{10} &= (1 + i)^9 S_1 \end{aligned}$$

Application numérique:

$$S_{10} = (1 + i)^9 S_1$$

$$S_{10} = (1 + 0,08)^9 5782,5$$

$$S_{10} = 11559,24 \text{ kVA}$$

En ajoutant la charge de l'hôpital qui est de 400 kVA, nous trouvons pour les 10 ans à venir, une charge électrique de 11959,24kVA soit 11,95MVA.

CHAPITRE 3 : CONFIGURATION DU RESEAU PROPOSE

3.1. Type de réseau

Le réseau national HTA est souterrain, pour la conformité du réseau nous avons donc choisi une installation souterraine pour l'électrification du quartier NANGA.

Le réseau national étant bouclé, nous avons donc choisi le feeder PETT du poste source MGK2, qui est est proche du quartier Nanga et est également ouvert. La première source sera donc le poste source de NGOYO et la deuxième, le poste source de Mont Kamba 2 (MGK2).

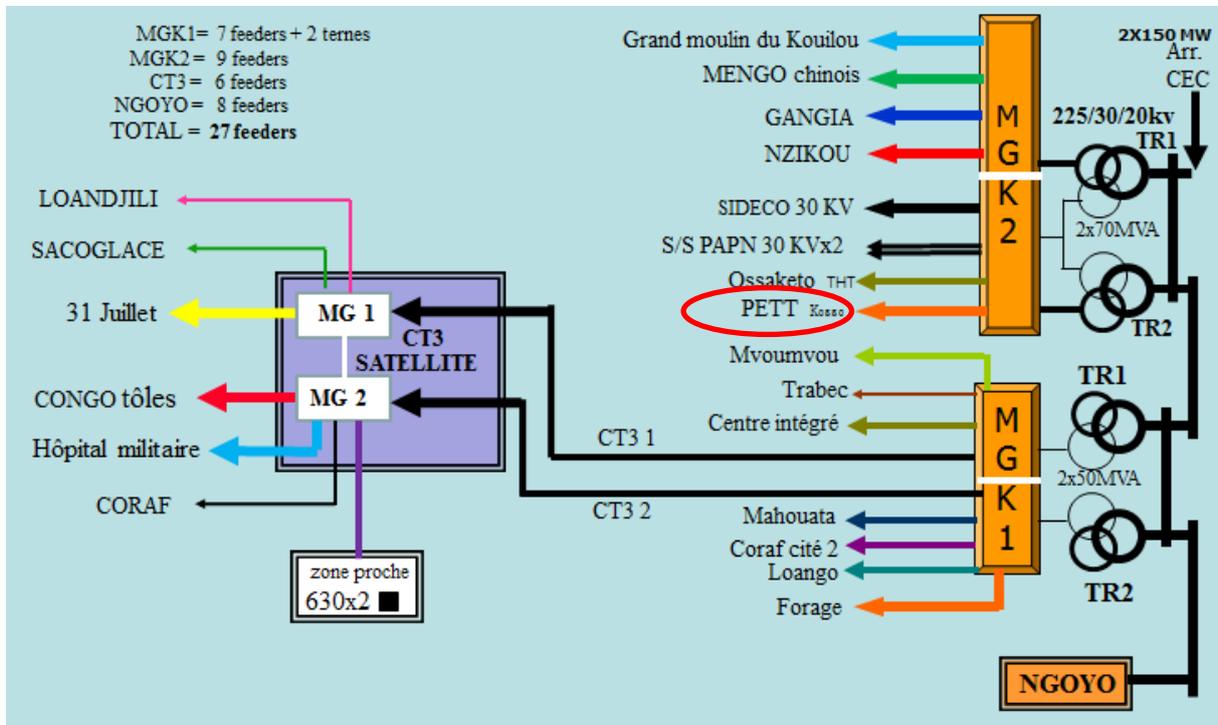


Figure 16:Réseau de distribution de Pointe-Noire à partir de MGK 2 – MGK 1 - CT3

Le dernier poste du réseau envisagé sera bouclé sur le dernier feeder PETT du poste source MGK2.

a- Réseau proposé

Il y a une travée jeu de barres 30kV/ 20 kV disponible au niveau du poste source de NGOYO. Nous proposons donc d'y ajouter un transformateur 16MVA pour couvrir les charges du quartier NANGA.

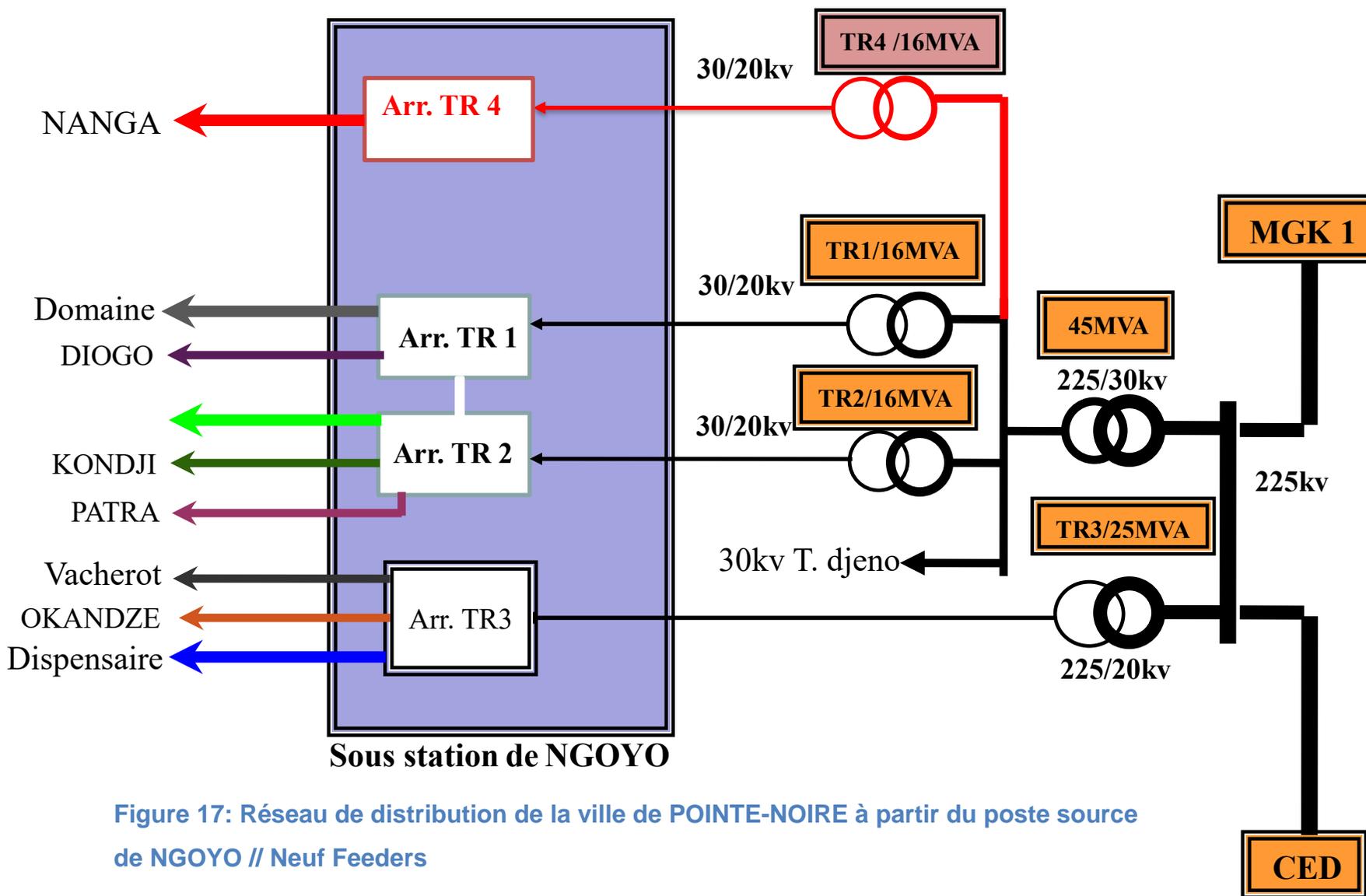


Figure 17: Réseau de distribution de la ville de POINTE-NOIRE à partir du poste source de NGOYO // Neuf Feeders

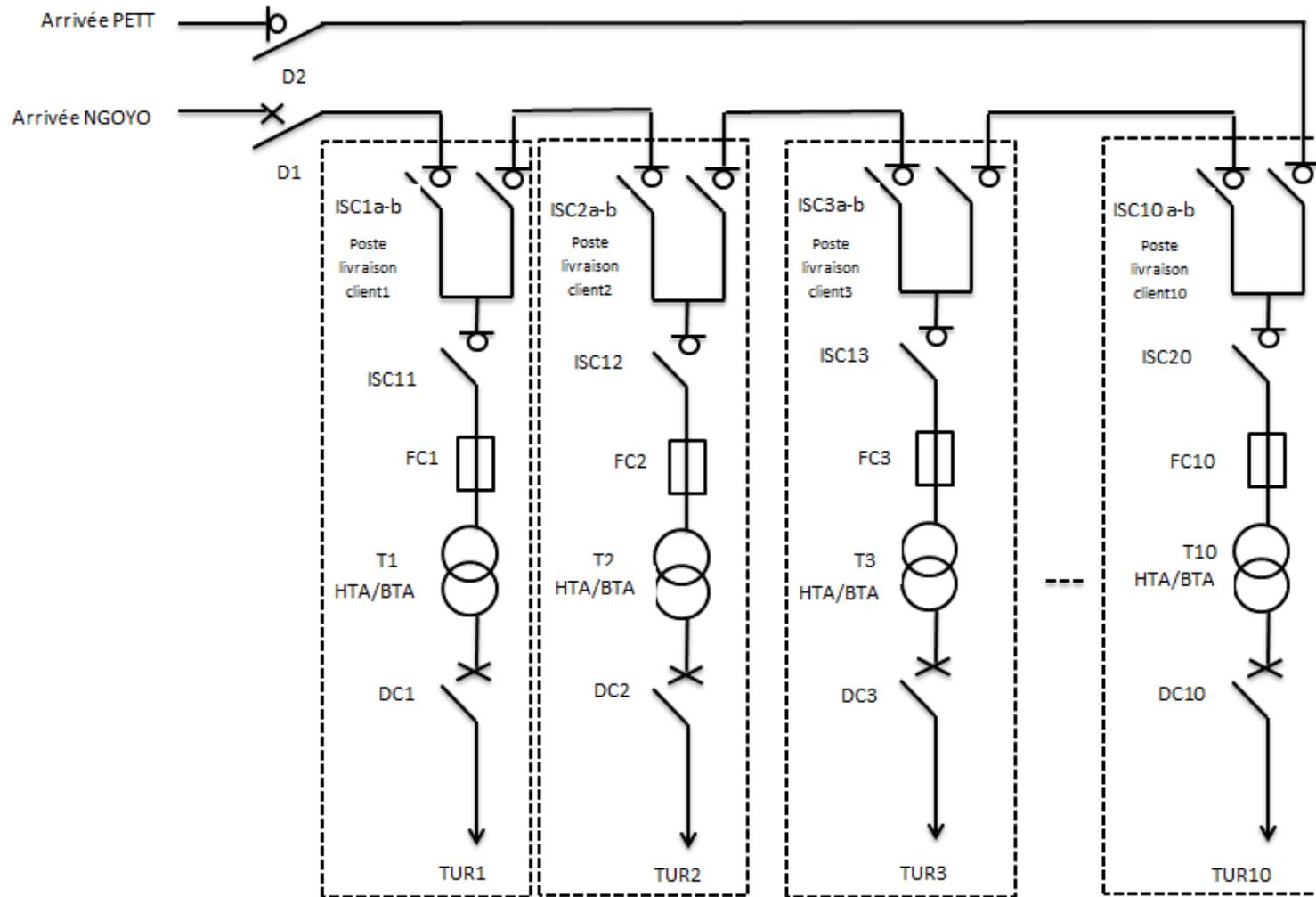


Figure 18: Schéma unifilaire des postes de NANGA

b- Points d'implantations des transformateurs des différentes zones

Les points d'implantation des transformateurs du quartier NANGA ont été choisis selon les critères ci-après :

- Zone 1 : le point d'injection de la ligne provenant du poste source NGOYO à l'entrée du quartier NANGA.
- La proximité des charges les plus importantes, d'où le centrage de chaque poste par rapport à la zone d'action qui lui est assignée.
- Accès faciles pour les matériels et le personnel d'exploitation



Figure 19: Points d'implantation des transformateurs

c- Charges supportées par le transformateur 45MVA du poste source

Selon le guide technique de la distribution, il est admis les règles suivantes :

- la zone de fonctionnement économique du transformateur est comprise entre 70 et 100% de sa puissance nominale, soit $0,7 \leq S \leq S_n$.
- La première année, la charge de pointe ne doit pas dépasser $0,9 S_n$.

Tableau 5: Charges supportées par le transformateur 45MVA la 1ère année

Transformateurs	Charges (MVA)	1 ^{ère} année
TR1	16	38,182 <40,5 40,5= 90% de 45MVA soit 0.9Sn
TR2	16	
TR4	6,182	
Total	38,182	

Tableau 6: Charges supportées par le transformateurs 45MVA dans 10 ans

Transformateurs	Charges dans 10ans (MVA)	Dans 10 ans
TR1	16	31,5 ≤43,95≤ 45 (MVA)
TR2	16	
TR4	11,95	
Total	43,95	

$$0,7 \leq S \leq S_n$$

$$70\% \text{ de } 45 \text{ MVA} = 31,5 \text{ MVA}$$

$$100\% \text{ de } 45 \text{ MVA} = 45 \text{ MVA}$$

Nous remarquons d'après les calculs ci-dessus que le poste de 16MVA ajouté au poste source de NGOYO est largement suffisant pour couvrir les charges du quartier et que dans les 10ans à venir le transformateur 45MVA du poste source de Ngoyo supportera la charge ajoutée.

CHAPITRE 4 : CHOIX DES COMPOSANTS

4.1. Choix des transformateurs

Le dimensionnement d'un transformateur revient à déterminer la puissance apparente de ce dernier. En effet, cette opération est plus ardue en travaux neufs qu'en rénovation par exemple. Il faut tenir compte de la puissance réelle consommée et des prévisions éventuelles d'extension :

- Surdimensionner un transformateur entraîne un investissement excessif et des pertes à vide inutiles.
- Sous-dimensionner le transformateur entraîne un fonctionnement quasi permanent à pleine charge et souvent en surcharge avec de graves conséquences (échauffement excessif, usure prématurée ...).

4.1.1. Définition

Un transformateur électrique (parfois abrégé en transfo) est une machine électrique statique permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative en un système de tension et de courant de valeurs différentes mais de même fréquence et de même forme.

4.1.2. Caractéristiques électriques d'un transformateur

Un transformateur est caractérisé par :

- La puissance nominale
- La tension nominale au primaire et au secondaire
- Le courant nominal au primaire et au secondaire
- La tension de court-circuit
- Le courant à vide
- Les pertes à vide
- Les pertes en court-circuit
- Puissance réactive à compensée à vide
- Puissance réactive à compensée en pleine charge
- Puissance acoustique
- Couplage

4.1.3. Méthodologie de choix de transformateur

- Détermination de la puissance totale de l'installation

- A cette puissance totale à installer, on applique un coefficient de foisonnement K.

$$K = K_u \cdot K_s \cdot K_a \quad (\text{IV. 1})$$

$$S = \frac{P}{\cos \rho} \times K \quad (\text{IV. 2})$$

Avec

S : puissance foisonnée de l'installation

K : Coefficient de foisonnement total

K_u : Coefficient d'utilisation qui traduit le fait que les récepteurs ne sont pas en pleine charge

K_s : Coefficient de simultanéité, qui traduit le fait que les récepteurs ne fonctionnent pas tous au même moment

K_a : Coefficient d'augmentation prévisible de la charge

Ainsi la puissance du transformateur est telle que :

$$S_{\text{transfo}} \geq \left(\frac{P_{\text{installée}}}{\cos \rho} \right) \cdot (K_u) \cdot (K_s) \cdot (K_a) \quad (\text{IV. 3})$$

Avec

S : en KVA

P : en KW

D'après les données de la S.N.E :

- K_u = 1

- $K_s = 0,4$ (Pour un poste public avec nombre d'abonnés excédant 50)

$K_a = 1,4$ (Pour une augmentation prévisible de la charge de 40%)

Exemple de calcul :

Zone1

$P = 630$ kW

$$S = \frac{630}{0,8} \times (1 \times 0,4 \times 1,4)$$

$S = 441$ kVA

$S = 441$ kVA est la puissance foisonnée de l'installation dans la zone1

Tableau 7: Choix transformateurs

Zones	P (KW)	facteur de puissance	K_u	K_s	K_a	S foisonnée (kVA)	Puissance transfo. Choisie (kVA)
1	630	0.8	1	0.4	1.4	441	630
2	630	0.8	1	0.4	1.4	441	630
3	630	0.8	1	0.4	1.4	441	630
4	420	0.8	1	0.4	1.4	294	400
5	261	0.8	1	0.4	1.4	182.7	250
6	261	0.8	1	0.4	1.4	182.7	250
7	636	0.8	1	0.4	1.4	445.2	630
8	267	0.8	1	0.4	1.4	186.9	250
9	471	0.8	1	0.4	1.4	329.7	400
10	420	0.8	1	0.4	1.4	294	400

4.1.4. Distance entre les transformateurs des différentes zones

Les mesures de distance sont effectuées en prenant pour point de repère les centres de chaque zone où seront placés les transformateurs de répartition de ces zones. Ces distances nous permettront de connaître la longueur des tronçons entre les différents postes de répartition de chaque zone.

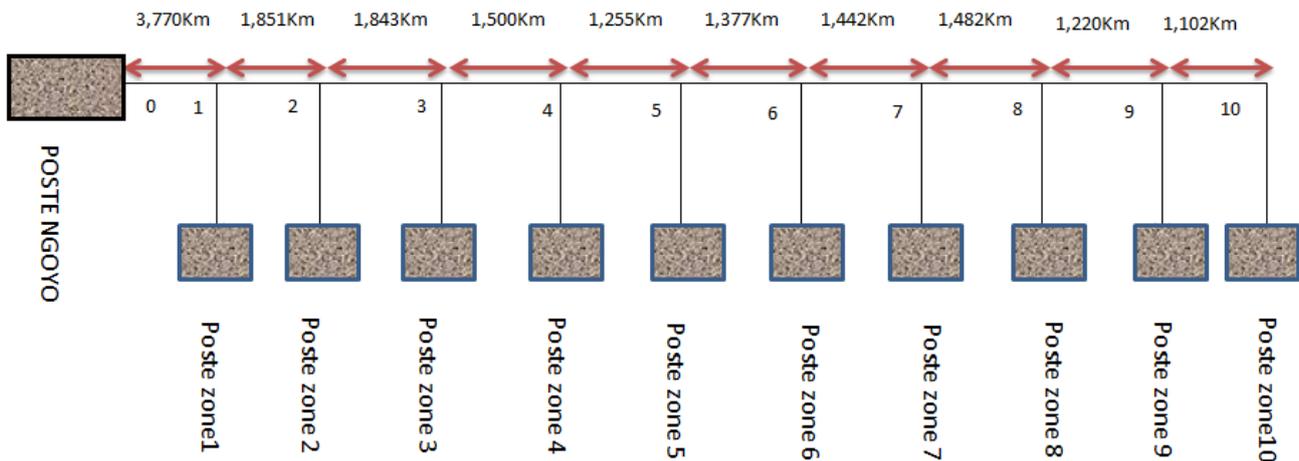


Figure 20: Distance entre les zones

Les réseaux électriques sont construits selon les normes et doivent être bien entretenus. L'implantation correcte des postes est très importante, et il faut veiller à centrer au mieux chaque poste par rapport à la zone d'action qui lui est assignée.

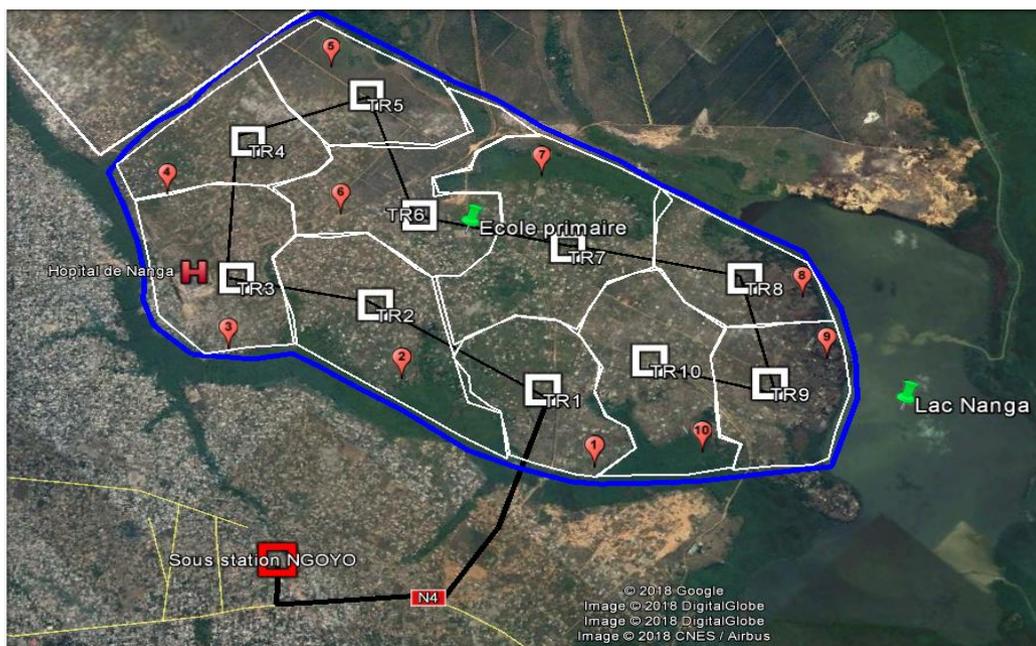


Figure 21: Distances entre les zones (image Google Earth)

4.2. Choix des sections de câbles

Afin d'éviter les pertes de toute nature, il est impératif de faire un bon choix de sections de câble. Cela permettra d'avoir un réseau de bonne qualité et de minimiser le coût du projet.

Le dimensionnement du câble doit se faire de telle sorte qu'il supporte le courant qui va y transiter.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour le calcul des sections des conducteurs, on peut citer :

- La détermination de la section du conducteur à partir de la chute de tension
- La détermination de la section à partir de l'échauffement du câble (effet joule)
- La détermination de la section du conducteur à partir des critères économiques
- La détermination de la section du conducteur par la méthode classique

Pour la suite de notre étude, nous utiliserons la méthode classique.

4.2.1. Détermination de la section du conducteur par la méthode classique

Les densités des courants admissibles en régime nominal pour le cuivre et l'aluminium sont respectivement $J_{CU} = 5A/mm^2$ et $J_{AL} = 3A/mm^2$.

Connaissant l'intensité du courant devant traverser le conducteur, on peut aisément déduire sa section minimale.

$$S = \frac{I}{J} \tag{IV. 4}$$

Avec

S : la section du conducteur (mm^2)

I : l'intensité devant traverser le conducteur (A)

J : la densité du courant admissible par le matériau (A/mm^2)

N.B : La section trouvée par la formule classique est une section minimale

a- Charge appelée sur chaque zone

Connaissant les puissances actives des différentes zones à desservir, on peut déterminer les courants appelés par ces zones.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \quad \text{(IV. 5)}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos\varphi}$$

Exemple de calcul :

*** Zone1**

$$I = \frac{630}{\sqrt{3} \times 20 \times 0,8} = 22,73A$$

$I = 22.73A$

Tableau 8: Charge électrique par zone

Zones	Nombre de ménages	P (KW)	U(KV)	fact.de puis.	I appelé (A)
1	182	630	20	0.8	22.73
2	182	630	20	0.8	22.73
3	182	630	20	0.8	22.73
4	140	420	20	0.8	15.16
5	87	261	20	0.8	9.42
6	87	261	20	0.8	9.42
7	182	636	20	0.8	22.95
8	89	267	20	0.8	9.63
9	129	471	20	0.8	17.00
10	140	420	20	0.8	15.16
Total	1400	4626			

b- Calcul de la section des câbles

Exemple de calcul:

N.B : Nos calculs seront effectués en partant de la charge vers la source.

- **Zone10**

$$S = \frac{I}{J}$$

Conducteur en cuivre

$$SCu = \frac{15,16}{5} = 3,032\text{mm}^2$$

Conducteur en aluminium

$$SAl = \frac{15,16}{3} = 5,05\text{mm}^2$$

- **Zone9**

$$S = \frac{I}{J}$$

Conducteur en cuivre

$$SCu = \frac{15,16+17}{5} = 6,43\text{mm}^2$$

Conducteur en aluminium

$$SAl = \frac{15,16+17}{3} = 10,72\text{mm}^2$$

Tableau 9: Section des câbles de chaque tronçon

Zones	I appelé	JCu (A/mm ²)	JAl (A/mm ²)	SCu (mm ²)	SAI (mm ²)
1	22.73	5	3	9.1	15.2
2	22.73	5	3	9.1	15.2
3	22.73	5	3	7.6	12.6
4	15.16	5	3	4.9	8.2
5	9.42	5	3	3.8	6.3
6	9.42	5	3	6.5	10.8
7	22.95	5	3	6.5	10.9
8	9.63	5	3	5.3	8.9
9	17.00	5	3	6.4	10.7
10	15.16	5	3	3.0	5.1

Le résultat de nos calculs est correct si l'on se base sur l'intensité de courant qui sera transitée sur chaque tronçon, cependant nos valeurs de sections de câbles sont loin de refléter la réalité au niveau de l'exploitation du réseau électrique national qui est essentiellement constitué des câbles 240mm². Pour des raisons économiques nous prendrons dans la suite de notre étude des câbles souterrains de 150mm² avec une âme conductrice en aluminium

4.3. Impédance de la ligne

Soit [A, B] un tronçon de longueur L

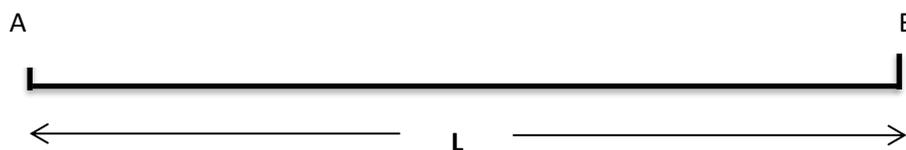


Figure 22 : exemple tronçon de longueur quelconque

Ce tronçon peut être représenté sous la forme ci-dessous :





Figure 23 : schéma tronçon

L'impédance d'une ligne se calcule par la relation suivante :

$$Z = R + jX \quad (IV. 6)$$

$$R = r_0 \times L_i$$

$$X = x_0 \times L_i$$

Avec :

$Z (\Omega)$: Impédance de la ligne

$R (\Omega)$: Résistance totale

$r_0 (\Omega / \text{Km})$: résistance linéique unitaire

$X(\Omega)$: Réactance totale

$x_0(\Omega / \text{km})$: réactance linéique unitaire

$L_i (\text{km})$: Longueur de chaque tronçon de ligne

A chaque section de câble correspond une résistance et une réactance linéiques unitaires.

Tableau 10: Caractéristiques du câble 150mm²

Section (mm ²)	Résistance linéique unitaire $r_0 (\Omega / \text{km})$	Réactance linéique unitaire $x_0(\Omega / \text{km})$
150	0,265	0,112

4.3.1 Modules des impédances

En nous basant sur les caractéristiques du câble de section 150mm² de la norme NFC 33- 226, nous avons calculé les impédances des lignes (Voir annexe 4) dont les modules se calculent par la formule suivante :

$$\|Z\| = \sqrt{(R)^2 + (X)^2} \quad \text{(IV. 7)}$$

Tableau 11: Modules des impédances

Tronçons	Longueurs (km)	Modules des impédances (Ω)
Poste source – Zone1	3.770	1.084614
Zone1 – Zone2	1.851	0.53252533
Zone2 – Zone3	1.843	0.53022377
Zone3 – Zone4	1.500	0.43154403
Zone4 – Zone5	1.255	0.36105851
Zone5 – Zone6	1.377	0.39615742
Zone6 – Zone7	1.442	0.41485766
Zone7 – Zone8	1.482	0.4263655
Zone8 – Zone9	1.220	0.35098914
Zone9 – Zone10	1.102	0.31704101

4.4. Calcul des chutes de tension

Lorsque le transit dans une ligne électrique est assez important, la circulation du courant dans la ligne provoque une chute de la tension.

Elles sont dues aux courants et dépendent des puissances transitées, active (P), et réactive (Q) ainsi que de l'impédance, parties résistive (R) et inductive (X), selon la loi de la variation relative :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{(RP + XQ)}{U^2} \quad (\text{IV. 8})$$

La tension est alors plus basse en bout de ligne qu'en son origine et plus la ligne est chargée en transit de puissance, plus la chute de tension sera importante. Si la consommation double, la chute de tension double également.

Un réseau dans lequel la consommation est éloignée de la production, présentera un profil de tension différent de celui d'un réseau dans lequel production et consommation sont uniformément réparties. Chaque centrale impose la tension à sa sortie, et la tension évolue dans le réseau en fonction de la consommation alimentée

4.5.1. Méthodologie de calcul

La chute de tension d'une ligne aérienne se définit généralement comme étant la somme de deux composantes bien distinctes à savoir :

- La composante longitudinale notée ΔU
- La composante transversale notée δU

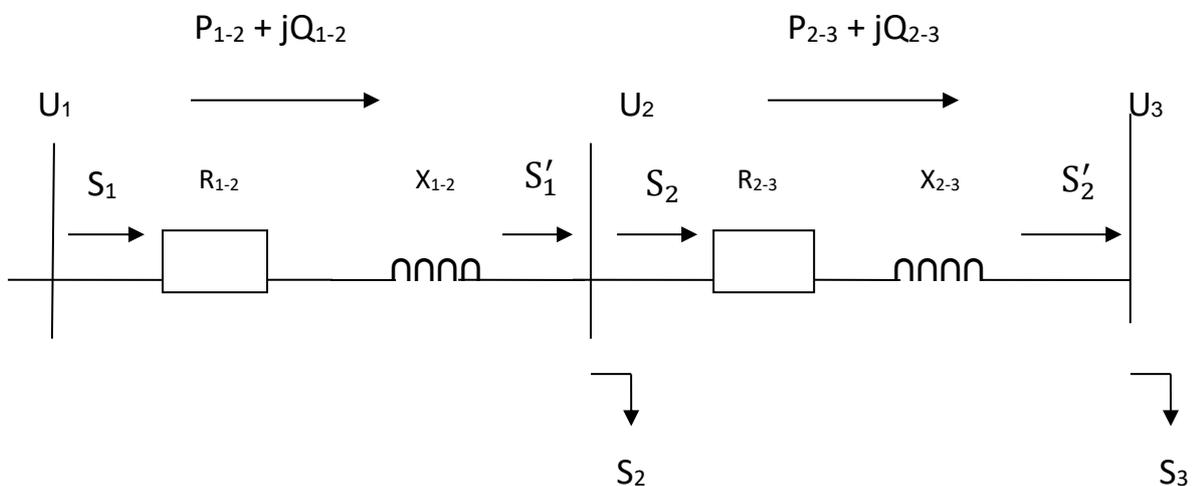


Figure 24:Tronçon illustrant le calcul des chutes de tension

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P_{1-2}R_{1-2} + Q_{1-2}X_{1-2}}{U_1} \quad (\text{IV. 9})$$

et

$$\delta U_{1-2} = \frac{P_{1-2}X_{1-2} - Q_{1-2}R_{1-2}}{U_1} \quad (\text{IV. 10})$$

Avec

P_{1-2} : puissance active transitée par la ligne

Q_{1-2} : puissance réactive transitée par la ligne

R_{1-2} : résistance de la ligne

X_{1-2} : réactance de la ligne.

Dans ces conditions, pour le premier tronçon la tension en bout de ligne dans notre figure est U_2 et elle peut être calculée par la formule suivante :

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{1-2} - j\delta U_{1-2} \quad (\text{IV. 11})$$

U_1 est une valeur connue et la composante transversale δU est souvent négligée lors des calculs.

S_1 : puissance en début de ligne ou puissance transitée par la ligne ;

S_2 : puissance en bout de ligne.

Le module et la phase de U_2 sont déterminés par les relations :

$$U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U_{1-2})^2 + (\delta U_{1-2})^2} \quad (\text{IV. 12})$$

$$\tan \delta = \frac{\delta U_{1-2}}{U_1 - \Delta U_{1-2}} \quad (\text{IV. 13})$$

D'où : $\Delta U_{1-2} = U_1 - U_2$

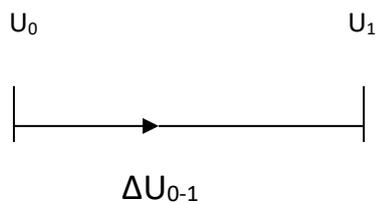
Aussi, la chute de tension est calculée par rapport à la tension nominale U_{nom}

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P_{1-2}R_{1-2} + Q_{1-2}X_{1-2}}{U_{nominale}}$$

Exemples de calcul :

Tronçon Zone1 (0-1)

N.B : 0 représente le poste source



Données :

$U_{nom} = U_0 = 20\text{kV}$; $R = 0,99905\Omega$ et $X = 0,42224\Omega$.

$$S_1 = (630 + j 472,5)\text{kVA} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = 630\text{kW} \\ Q_1 = 472,5 \text{ kVAR} \end{cases}$$

- Chute de tension

$$\Delta U_{0-1} = \frac{(630 \times 0,99905) + (472,5 \times 0,42224)}{20} = 41,443\text{V}$$

D'où : $\Delta U_{0-1} = 41,44V$

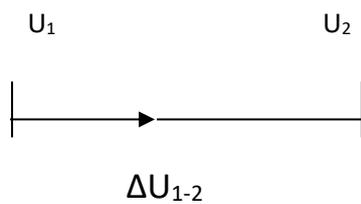
Ainsi, $\Delta U_{0-1} = U_0 - U_1 \Rightarrow U_1 = U_0 - \Delta U_{0-1}$

$U_1 = 20 - 0,04144 = 19,96 \text{ kV}$

La tension en bout de ligne obtenue est :

$U_1 = \text{Zone1} = 19,96\text{kV}$

Tronçon Zone2 (1-2)



Données :

$$S_2 = (630 + j472,5)\text{kVA} \Rightarrow \begin{cases} P_2 = 630 \text{ kW} \\ Q_2 = 472,5 \text{ kVAR} \end{cases}$$

$R = 0.490515\Omega$ et $X = 0.207312\Omega$

- Chute de tension

$$\Delta U_{1-2} = \frac{(630 \times 0.490515) + (472,5 \times 0.207312)}{19,96} = 20,39V$$

$\Delta U_{1-2} = 20,39V$

Ainsi, $\Delta U_{1-2} = U_1 - U_2 \Rightarrow U_2 = U_1 - \Delta U_{1-2}$

$U_2 = 19,96 - 0,02039 = 19,94\text{kV}$

La tension en bout de ligne obtenue est :

$U_2 = 19,94\text{kV}$
--

Tableau 12: Valeurs des tensions au début de la ligne, en bout de ligne et des chutes de tension

Tronçons	Tension en début de ligne (kV)	Chute de tension (kV)	Tension en bout de ligne kV)
Poste source - Zone1	20.00	0.04	19.96
Zone1 - Zone2	19.96	0.02	19.94
Zone2 - Zone3	19.94	0.02	19.92
Zone3 – Zone4	19.92	0.01	19.91
Zone4 – Zone5	19.91	0.01	19.90
Zone5 – Zone6	19.90	0.01	19.89
Zone6 – Zone7	19.89	0.02	19.88
Zone7 – Zone8	19.88	0.01	19.87
Zone8 – Zone9	19.87	0.01	19.86
Zone9 – Zone10	19.86	0.01	19.85

Selon la norme NFC 13-100 :

- En alimentation normale, la tension HTA en tout point du départ doit rester dans la plage $[U_n +5\%, U_n -5\%]$.
- En situation dégradée, la plage est élargie à $[U_n +5\%, U_n -8\%]$.

Les chutes de tensions calculées pour les différents tronçons du quartier Nanga représentent 0,8% de la tension nominale $U_n=20kV$

4.5.2. Graphes des tensions et chutes de tension

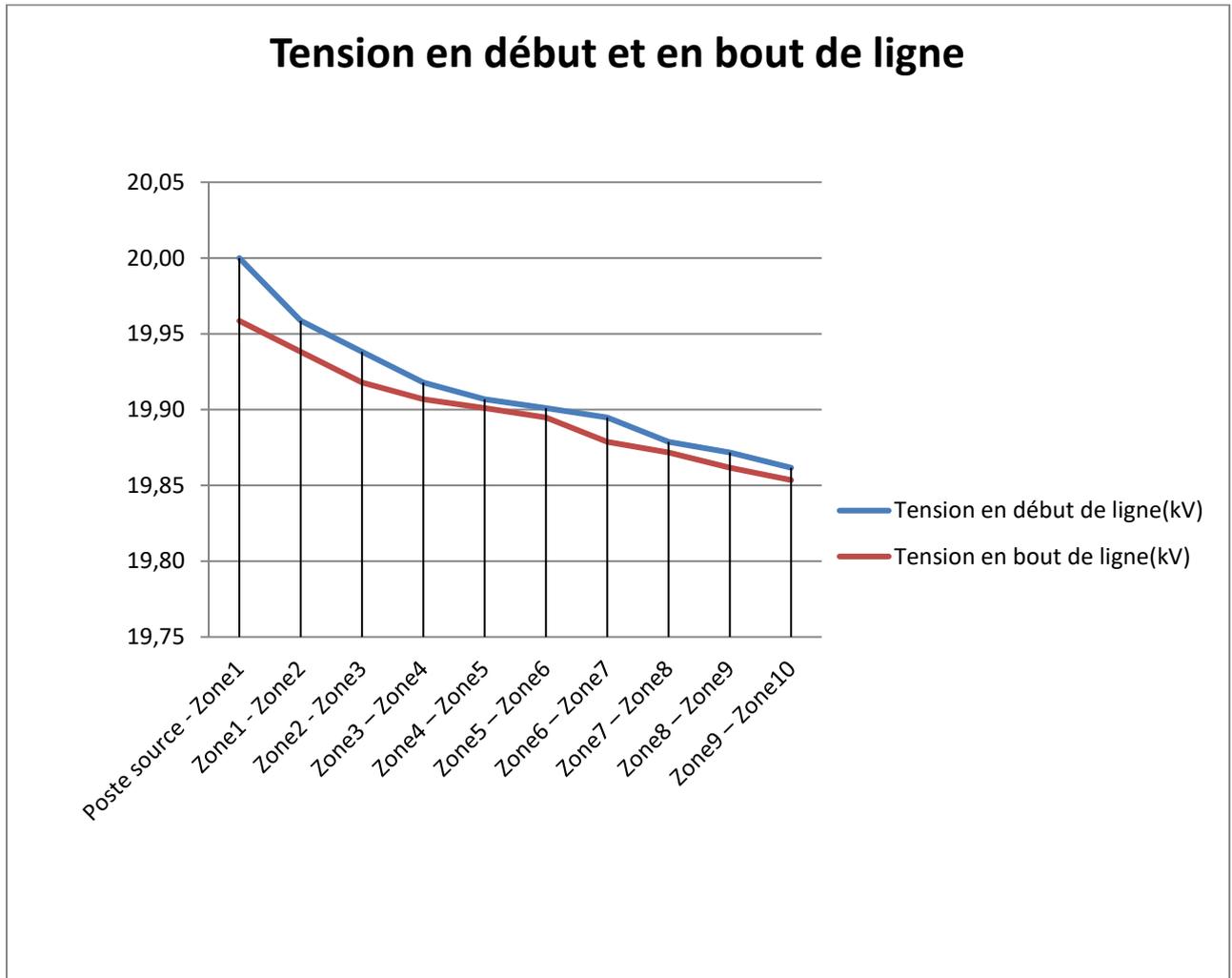


Figure 25: Tension en début et en bout de ligne

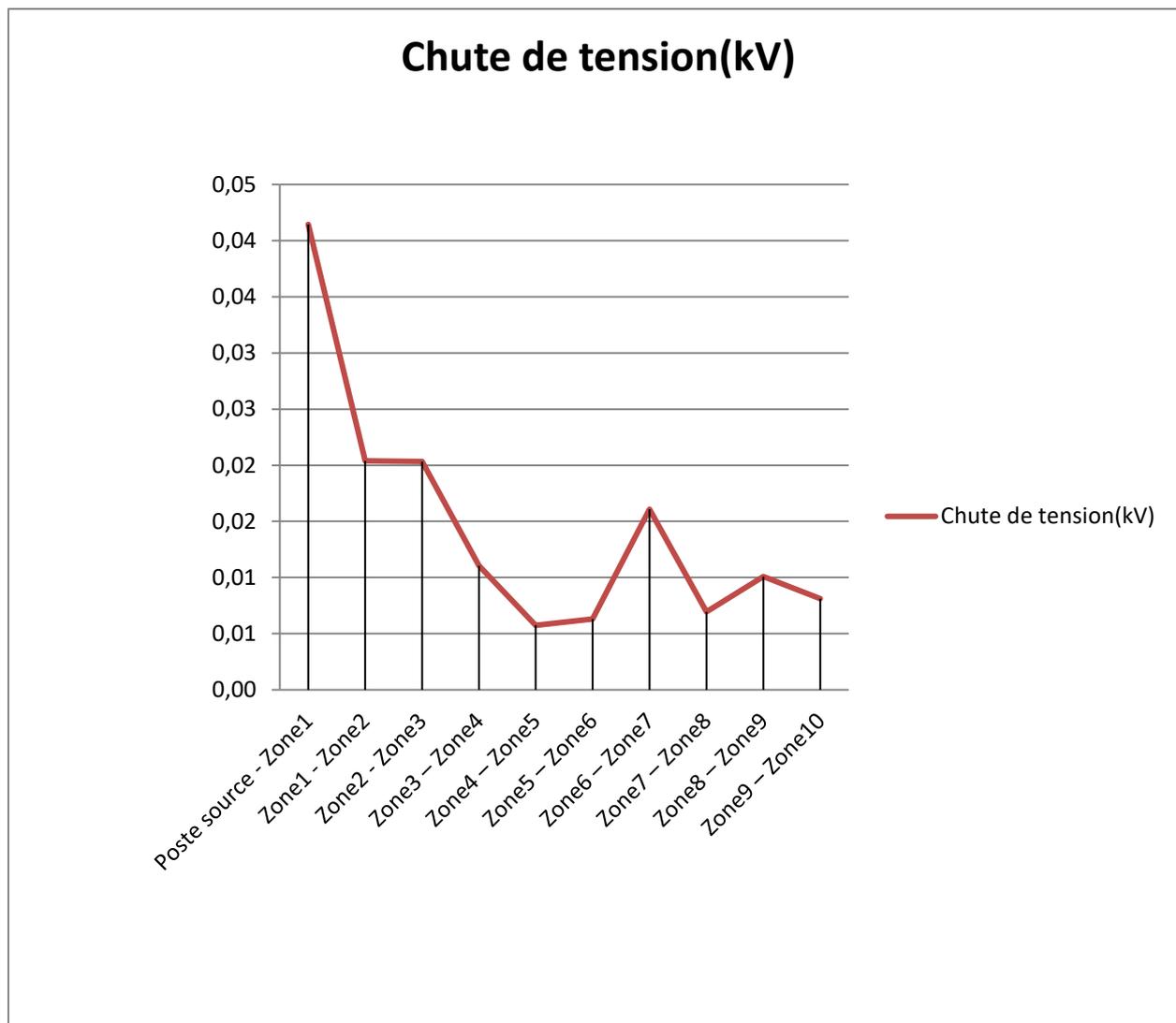


Figure 26: Chute de tension dans les différentes zones

CHAPITRE 5 : PERTES D'ENERGIE ET ESTIMATION DU COÛT DU PROJET

5.1. Pertes d'énergie

Le calcul des pertes d'énergie se fera en se basant sur le schéma des tronçons ci-dessous :



Figure 27: Emplacement des postes de distribution dans Nanga

ELECTRIFICATION DU QUARTIER NANGA A PARTIR DU POSTE SOURCE DE NGOYO

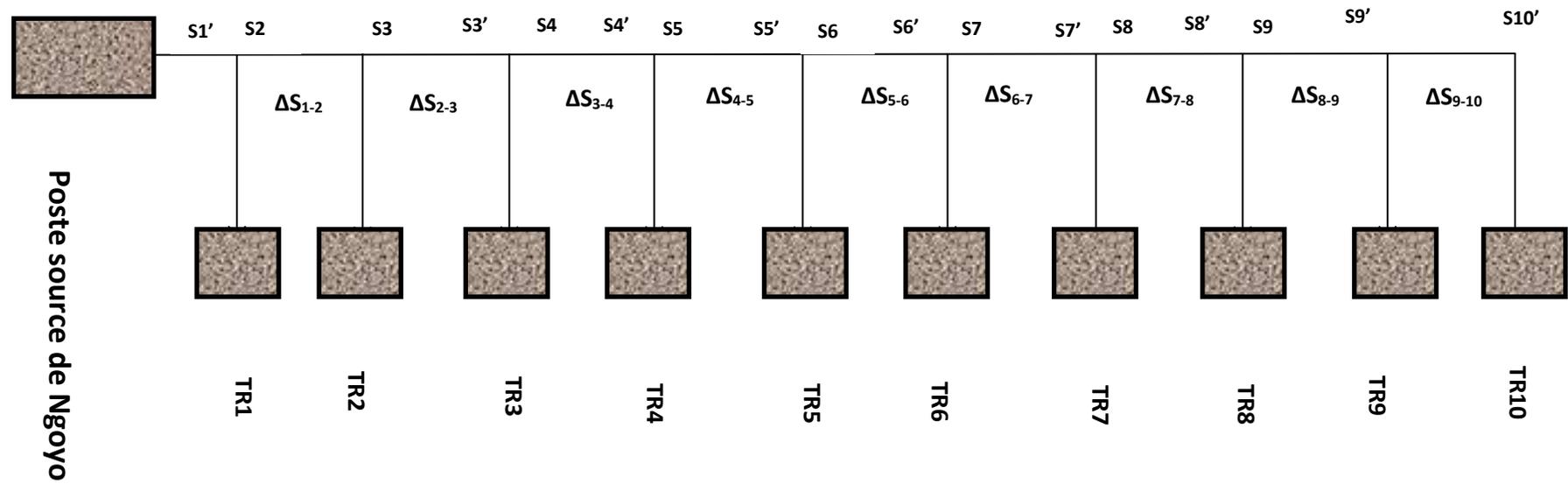


Figure 28: Schéma représentant les pertes en ligne

Exemple de calcul :

Soit le tronçon [AB]

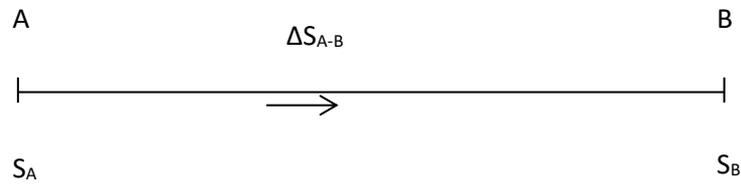


Figure 29: tronçon illustrant le calcul des pertes d'énergie

Avec

S_A : la puissance en début de ligne

S_B : la puissance en bout de ligne

ΔS : les pertes en ligne sur le tronçon [AB]

Connaissant la puissance apparente transitée, la tension nominale, et les caractéristiques physiques de notre ligne, nous pouvons aisément calculer les pertes en ligne des différents tronçons du quartier Nanga par la formule suivante :

$$\Delta P(\text{kW}) = \frac{S^2}{U_n^2} R \quad (\text{V. 1})$$

$$\Delta Q(\text{kVAR}) = \frac{S^2}{U_n^2} X \quad (\text{V. 2})$$

Or

$$\Delta S_{A-B} = \Delta P + j\Delta Q$$

$$\Delta S_{A-B} = \frac{S^2}{U_n^2} R + j \frac{S^2}{U_n^2} X$$

$$\Delta S_{A-B} = \frac{S^2}{U_n^2} (R + j X)$$

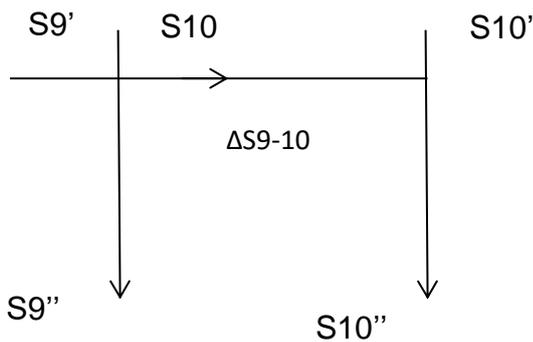
Donc

$$\Delta S_{A-B} \text{ (kVA)} = \frac{S^2}{U_n^2} Z_{A-B} \quad (\text{V. 3})$$

Application numérique :

NB : S et S' représentent respectivement les puissances en début et en bout de ligne.

- **Tronçon zone9-zone10**



Au nœud 10

La puissance en bout de ligne est $S10' = S10''$

$$S10' = S10'' = (420 + j315) = 525 \text{ kVA}$$

Les pertes en ligne

$$\Delta S_{9-10} = \left(\frac{525}{20000} \right)^2 (0.29203 + j0.123424)$$

$$\Delta S_{9-10} = 0,000218461 \text{ kVA}$$

La puissance en début de ligne

$$S_{10} = \Delta S_{9-10} + S_{10}''$$

$$S_{10} = 0,000218461 + 525$$

$$S_{10} = 525,0002185 \text{ kVA}$$

Tableau 13: Pertes d'énergie

Tronçons	Puissance transitée (kVA)	Puissance en bout de ligne (kVA)	Pertes d'énergie (kVA)
Poste source - Zone1	5784.2829	5784.19	0.0907
Zone1 - Zone2	4996.3922	4996.36	0.0332
Zone2 - Zone3	4208.5590	4208.54	0.0235
Zone3 – Zone4	3420.7355	3420.72	0.0126
Zone4 – Zone5	2895.2229	2895.22	0.0076
Zone5 – Zone6	2568.9153	2568.91	0.0065
Zone6 – Zone7	2242.6088	2242.60	0.0052
Zone7 – Zone8	1447.6035	1447.60	0.0022
Zone8 – Zone9	1113.8013	1113.80	0.0011
Zone9 – Zone10	525.0002	525.00	0.0002

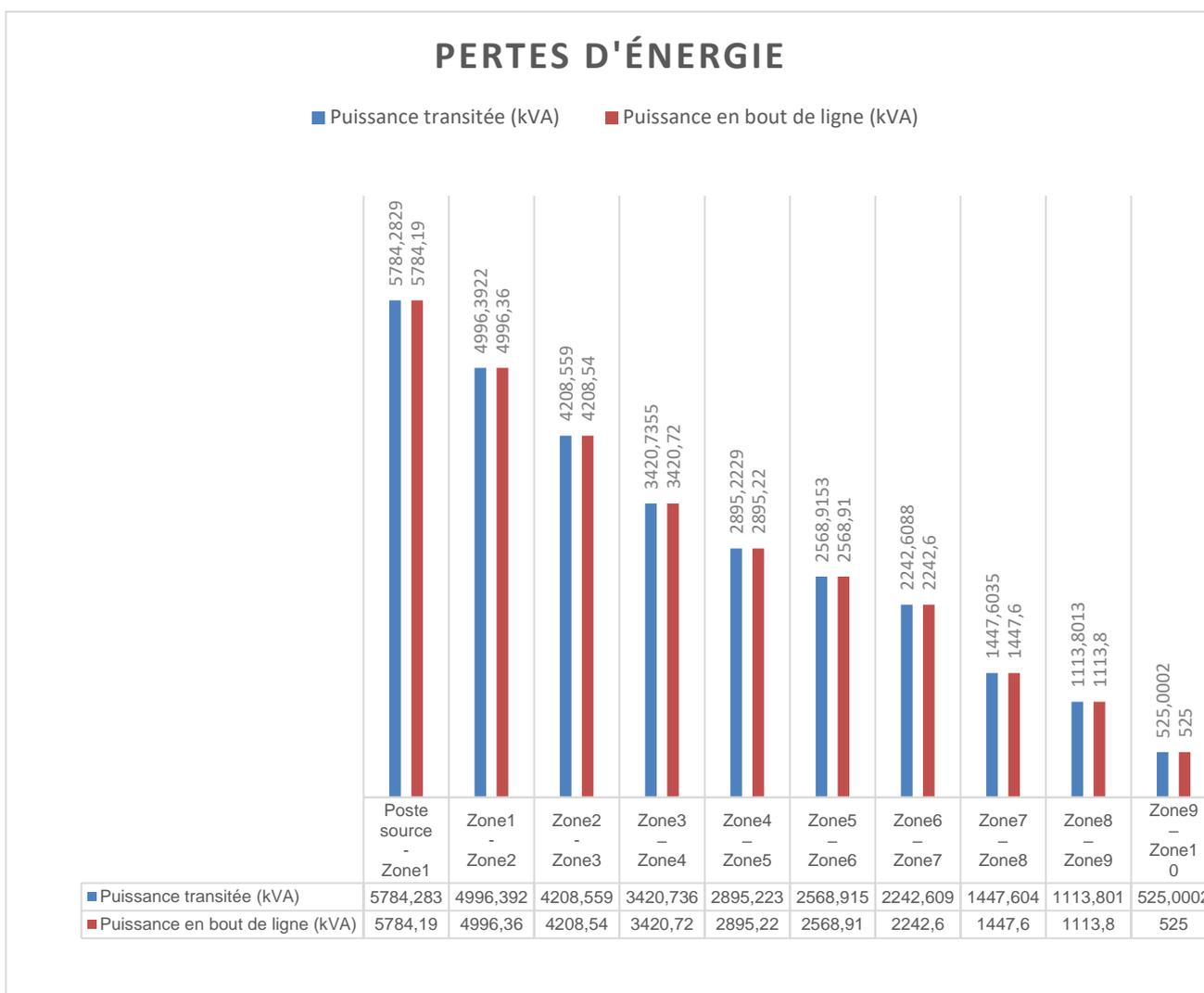


Figure 30: Pertes d'énergie dans les différentes zones

Les puissances transitées et les puissances en bout de ligne sont quasiment les mêmes, les pertes d'énergie sont donc mineures.

5.2. Estimation du coût du projet

Nous avons estimé le coût du projet en nous basant sur les devis existant au sein de la Société Nationale d'Electricité du Congo Brazzaville et ayant servis pour d'autres projets. Ce document ne traitant ni la partie protection, ni la partie basse tension, notre estimation du coût du projet se limitera aux équipements ou matériels faisant partie de notre étude.

Tableau 14: Estimation du coût du projet

Item	Désignation	Prix total
1	Matériel de canalisation	642 894 760,00
2	Matériel du poste de transformation	506 049 988,80
3	Matériel de sécurité	2 805 680,00
4	Pancartes	244 000,00
5	Eclairage	771 480,00
Total		1 152 765 908,80

Mis à part à part la construction du poste en maçonnerie traditionnelle, le montant total des équipements liés à notre étude s'élève à **1 152 765 908,80 FCFA**.

CONCLUSION

Comme expliqué en amont, l'un des paramètres découlant de l'électrification rurale est le développement socio-économique. Face à l'absence de l'électricité dans un quartier aussi peuplé que NANGA nous avons fait une étude dans le cadre du projet PEEDU pour répondre à la question de savoir si oui ou non ce quartier pouvait être électrifié d'un point de vue technique à partir du poste source de Ngoyo.

Nous avons dans un premier temps procédé à la collecte de données en nous rendons moult fois sur le terrain, discuter avec la population, le chef du quartier et son équipe, les agents de la mairie et du cadastre. De cette collecte de données nous avons pu découvrir que le quartier est délimité par des vasières, des zones érosives en plein cœur du quartier et le fait que certaines habitations sont à proximité de ces zones érosives, les conditions de vie de la population ainsi que le potentiel qu'à ce quartier d'être une zone touristique attractive tant par la beauté de son paysage paisible que par son lac où l'on peut se permettre de passer du bon temps en pêchant soit avec des amis soit en famille.

Puis nous avons procédé au dimensionnement en nous basant sur les données collectées. La complexité de l'environnement de certaines zones à électrifier demande parfois une certaine technicité, c'est en effet l'une des raisons pour lesquelles vous remarquerez dans cette étude que nous avons surdimensionné le nombre des câbles souterrains. Il en découle également la nécessité d'implanter dix postes de transformations pour arriver à couvrir au mieux toutes les charges.

Enfin, en se référant aux résultats trouvés lors de cette étude à savoir :

- L'électrification du quartier Nanga à partir du poste source de Ngoyo en ajoutant au niveau du poste source un transformateur de 16 MVA pour couvrir toute la charge du quartier,
- Le maintien d'un niveau de tension constant et admissible en bout de ligne dans chaque zone en mettant un poste de distribution dans chaque zone pour élever la tension

Les hypothèses posées en introduction sont vérifiées.

RECOMMANDATIONS

Recommandation 1

- Impliquer dès le début du projet les mairies ou juste la mairie de Ngoyo pour convenir ensemble de l'étendu des fouilles afin d'éviter tout conflit dans le futur.

Recommandation 2

- S'assurer de la protection individuelle des ouvriers et agents pendant la phase travaux telles que : les casques ; les chaussures de sécurités, les gants, les gilets ou tenues adaptées au type de travaux qui seront effectués.

Recommandation 3

- Eviter si possibilité y est d'abattre les arbres inutilement pendant la phase travaux.

Recommandation 4

Avertir les habitants avant le début des travaux et installer des balises d'avertissement pendant la phase travaux.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Mémotech electrotechnique, R. Bourgeois, D. Cogniel (1992), 4^e édition avec mise à jour des normes y compris la NFC 15 100 du 15 avril 1991.

[2] Transport et Distribution de l'Energie Electrique, Université de LIEGE, faculté des Sciences appliquées, édité par la Centrale des cours de l'A.E.E.S 1998/1999

[3] Transport et Distribution de l'Energie Electrique, J.L. LILIEN, 2010

[4] Energie Electrique, Luc Lasne, 3^e édition

[5] Réseaux publics de distribution d'électricité : Fonctionnement et protection, Michel Oddi, édité par Tec & Doc Lavoisier

[6] Memento d'Electrotechnique , A. CURCHOD et L. VELLARD

[7] Principes d'Electrotechnique, Max Marty, Daniel Dixneuf et Delphine Garcia Gilabert,

[8] Génie électrique, Electrotechnique, machines et réseaux, Jean- Pierre FANTON

[9] Les réseaux d'énergie électrique 1, Valentin Crastan, édité par Hermès - Lavoisier

[10] Réseaux d'énergie électrique, Professeur Alphonse OMBOUA (2009),.

[11] Glossaire du référentiel technique version 3, ERDF (Electricité Réseau Distribution France) .

[12] Principes d'étude et de développement du réseau pour le raccordement des utilisateurs BT, Strasbourg Electricité Réseaux,.

[13] Réseaux Basse Tension Urbains, Emile-Germain PIMBI-MALEKA.

WEBOGRAPHIE

- [14]
<https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EG.ELC.ACCS.ZS?end=2017&locations=CG&start=2005&view=chart>
- [15] <http://www.rfi.fr/emission/20161012-mini-reseaux-solution-electrifier-villages-africains>
- [16]
<http://www.journaldunet.com/business/salaire/congo-brazzaville/pays-cog>
- [17]
http://lycees.ac-rouen.fr/maupassant/Melec/co/2melec/co/Adaptation/webMob/co/3_2_poste_li_vraison.html
- [18]
https://fr.wikipedia.org/wiki/Poste_%C3%A9lectrique
- [19]
https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformateur_%C3%A9lectrique
- [20]
http://tatati.free.fr/meleec.org/Pages/CoursInd8f7c.pdf?NomFichier=DP_-_Distribution_electrique
- [21]
http://www.nexans.fr/France/2012/TARIF_T212-web.pdf
- [21]
<http://www.coelmo.fr/Boutique/Article/THH1250KVA>
- [22]
https://www.nexans.fr/France/product/doc/fr_FR/5312JURN.pdf
- [23]
https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Environmental-and-Social-Assessments/Burkina_Faso_%E2%80%93_Projet_d_%C3%A9lectrification_d_es_zones_p%C3%A9ri-urbaines_de_Ouagadougou_et_de_Bobo-Dioulasso_PEPU_-_R%C3%A9sum%C3%A9_PGES_%E2%80%93_07_2016.pdf
- [24]

- <https://www.cateraccess.com/catalogue/gants-isolants-latex-classe-3-long-36-cm-taille-11>

ANNEXES

ELECTRIFICATION DU QUARTIER NANGA A PARTIR DU POSTE SOURCE DE NGOYO

Annexe 1 : Bilan de puissance des deux auberge N°1

Table 15: Tableau bilan de puissance auberge 1

Nombre de pièces	Pièces	Nombre matériel	Désignation	Pab.unitaire(w)	Pabs Totale(W)	Ku	Ks	p	Ks1	Pf1	Ks2	Pf2(W) finale
3	Chambres	3	Lampes	45	135	1	1	135	0.8	108	0.9	97.2
		6	Prises	2944	17664	0.2	0.25	883.2	0.8	706.56	0.9	635.904
		5	Ventilateurs	80	400	1	1	400	0.8	320	0.9	288
		3	TV 24"	5	15	1	1	15	0.8	12	0.9	10.8
1	Salle de réception	4	Lampes	45	180	1		0	0.8	0	0.9	0
		4	Prises	2944	11776	0.2	0.325	765.44	0.8	612.352	0.9	551.1168
		1	Ventilateur	80	80	1	1	80	0.8	64	0.9	57.6
		1	TV 24"	5	5	1	1	5	0.8	4	0.9	3.6
		1	Frigo	350	350	1	1	350	0.8	280	0.9	252
2	Toilettes	2	Lampes	45	90	1	1	90	0.8	72	0.9	64.8
	Extérieur	2	Lampes	45	90	1	1	90	0.8	72	0.9	64.8
												2025.8208

Annexe 2 : Bilan de puissance des deux auberge N°2

Table 16: Tableau bilan de puissance auberge 2

Nombre de pièces	Pièces	Nombre matériel	Désignation	Pab.unitaire(w)	Pabs Totale(W)	Ku	Ks	p	Ks1	Pf1	Ks2	Pf2(W) finale
5	Chambres	5	Lampes	45	225	1	1	225	0.8	180	0.9	162
		5	Ventilateurs	80	400	1	1	400	0.8	320	0.9	288
		6	Prises	2944	17664	0.2	0.25	883.2	0.8	706.56	0.9	635.904
1	Salle de réception	4	Lampes	45	180	1	1	180	0.8	144	0.9	129.6
		1	Frigo	350	350	1	1	350	0.8	280	0.9	252
		1	TV 40"	10	10	1	1	10	0.8	8	0.9	7.2
		4	Prises	2944	11776	0.2	0.325	765.44	0.8	612.352	0.9	551.1168
		2	Ventilateurs	80	160	1	1	160	0.8	128	0.9	115.2
5	Toilettes	5	Lampes	45	225	1	1	225	0.8	180	0.9	162
	Extérieur	1	Lampes	45	45	1	1	45	0.8	36	0.9	32.4
												2335.4208

Annexe 3 : Caractéristiques des câbles

Table 17: Caractéristiques des câbles selon la norme NFC 33-226

		Physiques		Electriques							
NFC 33-226		diamètre moyen d'une phase (mm)	poids d'une phase (kg/km)	R à 90° C (Ω /km)	X (Ω /km)	ΔU à cos 0,9 (V/A.km)	C (μ F/km)	I capa (A/km)	I adm. enterré hiver (A) avec t°sol 10°C, Rth=0,85K. m/W	I adm. enterré été (A) avec t°sol 20°C, Rth=1,20K. m/W	I adm. 20° C ext (A)
		Classique	50 ² alu	28,4	680	0,822	0,140	1,387	0,18	0,64	200
95 ² alu	31,5		900	0,411	0,125	0,734	0,22	0,75	295	240	310
150 ² alu	32,3		1030	0,265	0,112	0,497	0,29	1,02	380	310	405
240 ² alu	36,1		1380	0,161	0,104	0,330	0,36	1,28	500	405	550
240 ² cu	36,3		2830	0,0979	0,102	0,230	0,37	1,28	640	520	710
400 ² alu	42,6		1960	0,102	0,097	0,232	0,45	1,58	650	520	740
630 ² alu	52,2		3030	0,0634	0,093	0,169	0,54	1,88	840	680	1010

Annexe 4 : Calcul des impédances de ligne

Table 18: Impédance des lignes

Tronçons	Résistance linéique unitaire r_0 (Ω / km)	Réactance linéique unitaire x_0 (Ω / km)	Longueurs (Km)	Résistances R (Ω)	Réactances X(Ω)	Impédances (Ω)
Poste source – Zone1	0,265	0,112	3.770	0.99905	0.42224	0.99905+j0.42224
Zone1 – Zone2			1.851	0.490515	0.207312	0.490515+j0.207312
Zone2 – Zone3			1.843	0.488395	0.206416	0.488395+j0.206416
Zone3 – Zone4			1.500	0.3975	0.168	0.3975+j0.168
Zone4 – Zone5			1.255	0.332575	0.14056	0.332575+j0.14056
Zone5 – Zone6			1.377	0.364905	0.154224	0.364905+j0.154224
Zone6 – Zone7			1.442	0.38213	0.161504	0.38213+j0.161504
Zone7 – Zone8			1.482	0.39273	0.165984	0.39273+j0.165984
Zone8 – Zone9			1.220	0.3233	0.13664	0.3233+j0.13664
Zone9 – Zone10			1.102	0.29203	0.123424	0.29203+j0.123424

Annexe 5 : Estimation du coût du projet

Table 19: Estimation détaillée du coût du projet

MATERIEL DE CANALISATION			
Désignation	Quantité	PU (Fcfa)	Prix total (Fcfa)
Câble UTE C33-223-1x3x150mm ² Un 24kV	20 000,00	27 000,00	540 000 000,00
Boite de jonction J 3UR1	120	470 000,00	56 400 000,00
Manchon Alu de 150mm ²	360	15 015,00	5 405 400,00
Cosse xcx de 150mm ²	720	9 013,00	6 489 360,00
Tranchée	2000	5 000,00	10 000 000,00
Grillage avertisseur rouge	60 000,00	410	24 600 000,00
Total matériel de canalisation			642 894 760,00
POSTE DE TRANSFORMATION			
Cellule SM6 IM-400-24-16	20	4 400 000,00	88 000 000,00
Cellule SM6-QM-200-24-12,25 avec bobine de déclenchement	10	7 150 000,00	71 500 000,00
transformateur triphasé 16 MVA, 30kV/ 20kV, 50Hz	1	40 000 000,00	40 000 000,00
transformateur triphasé 250 kVA, 24kV, 20kV/ 420V, 50Hz	3	4 612 981,60	13 838 944,80
transformateur triphasé 400 kVA, 24kV, 20kV/ 420V, 50Hz	3	5 841 814,00	17 525 442,00
transformateur triphasé 630 kVA, 24kV, 20kV/ 420V, 50Hz	4	7 338 685,50	29 354 742,00
Disjoncteur visu compact avec déclencheur 1600 A 4poles	10	694 000,00	6 940 000,00
Extrémité E3UIC	30	185 030,00	5 550 900,00
Fusible soiefuse Un 24kV In 63A	30	341 000,00	10 230 000,00
Câble HN-S-22 1x35mm ² Cu	300	10 300,00	3 090 000,00
Câble RO 2V U1000 x 150mm ² Cu	300	15 000,00	4 500 000,00
Câble terre vert jaune 1x35mm ²	30	2 800,00	84 000,00
Câble terre Cu Nu 29mm ²	750	2 300,00	1 725 000,00
Vis pour cheville de Ø8	30	5 400,00	162 000,00
Cheville plastique de Ø8	30	6 000,00	180 000,00
Eclisse de chemin de câbles	200	5 000,00	1 000 000,00
Piquet de terre	100	10 900,00	1 090 000,00
Collier colson petit model	10	23 000,00	230 000,00
Barrette de terre	20	12 820,00	256 400,00
Chemin de câbles 219-48	18	32 670,00	588 060,00
Chemin de câbles 319-48	9	42 500,00	382 500,00
Cosse XCT de 150mm ²	240	40 300,00	9 672 000,00
Cosse XCT de 35/12mm ²	30	5 000,00	150 000,00
Tableau TUR 8 départs avec fusible	10	20 000 000,00	200 000 000,00

ELECTRIFICATION DU QUARTIER NANGA A PARTIR DU POSTE SOURCE DE NGOYO

Total Poste de transformation			506 049 988,80
MATERIEL DE SECURITE			
Perche à corps pour le sauvetage	10	90 000,00	900 000,00
Tabouret isolant	10	98 000,00	980 000,00
Extincteur	10	65 000,00	650 000,00
Coffret contenant une paire de gants isolants Un 24kV	10	27 568,00	275 680,00
Total matériel sécurité			2 805 680,00
PANCARTES			
Soin aux électrisés	10	15 000,00	150 000,00
Terre des masses métalliques	10	4 700,00	47 000,00
Terre du neutre	10	4 700,00	47 000,00
Total pancartes		24 400,00	244 000,00
ECLAIRAGE			
Réglette de 1,20m	10	14 748,00	147 480,00
Interrupteur SA plexo	10	5 300,00	53 000,00
Prise de courant avec terre (plexo)	10	5 200,00	52 000,00
Câble VGV 2x25mm ²	250	600	150 000,00
Tube IRO de Ø11	80	1 500,00	120 000,00
Boite de dérivation	10	2 900,00	29 000,00
Collier à embase	10	22 000,00	220 000,00
Total éclairage			771 480,00
Totaux			1 152 765 908,80

Quelques unités liées à la quantité :

- Câbles : en mètres
- Boites de dérivation : boite
- Collier : boite
- Chevilles plastiques : boite

Vis pour chevilles : boite

Tranchées : en mètre

Prix tranchés : 10m à 5000 Frs

Nous avons choisi 20000 mètres de tranchée à faire dans le quartier Nanga, pour faciliter les calculs sur Excel nous avons mis 2000 correspondant à 2000 blocs de 10 mètres.

Annexe 6 : Lac Nanga



Figure 31: Lac Nanga

Annexe7 : aperçu des vasières du quartier Nanga



Figure 32: Vasière du quartier Nanga

Annexe8 : Ecole primaire de Nanga



Figure 33: Ecole primaire du quartier Nanga

Annexe9 : transformateur 16 MVA du poste source de NGOYO



Figure 34:transformateur 16 MVA du poste source de NGOYO

Annexe10 : transformateur 25MVA du poste source de NGOYO



Figure 35:transformateur 25MVA du poste source de NGOYO