

REPUBLIQUE DU BENIN

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT

SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université d'Abomey-Calavi

Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi

OPTION : GENIE ELECTRIQUE

Rapport de fin de formation pour l'obtention de la licence professionnelle en génie électrique

**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DU
RENDEMENT ELECTRIQUE DU RESEAU POBE
PAR SA RECONFIGURATION : Cas du réseau
aérien départ Pobè à la sous station d'Onigbolo**

Réalisé par :

AGBADJAGAN Cossi Victor Marcel

Tuteur de stage :

Monsieur DATONDJI Eusèbe

Chef département maintenance
SBEE zone nord

Superviseur :

Monsieur NASSARA Luc

Enseignant à l'EPAC

Année académique 2015-2019

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

Ma feuë mère,

Pour l'amour, l'affection, la tendresse, les sages conseils, les prières, le réconfort et le soutien indéfectible que vous n'aviez cessé de m'apporter depuis ma naissance. Puisse le Tout-Puissant vous accorder un repos éternel.

Cossi Victor Marcel AGBADJAGAN

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu pour son omniprésence à nos côtés chaque jour de notre formation.

Nous remercions très sincèrement :

- Mon feu père et ma chère mère pour leur soutien indéfectible ;
- Le Professeur Monsieur Guy Alain ALITONOU, Professeur Titulaire des universités, Maitre de conférences CAMES ;
- Feu Professeur Christophe AHOUANTO ;
- Luc NASSARA, pour son encadrement précieux, son soutien et son éclairage ;
- Tous les professeurs du CAP qui ont contribué à notre formation ;
- Monsieur William HOUNSA, Chef département SBEE zone sud ;
- Monsieur Modeste ADJOVI, Chef d'Agence à la SBEE Pobè, pour son assistance et son sens de collaboration sincère et franche ;
- L'ensemble des membres du jury qui malgré tout, ont consacré leur précieux temps pour apprécier ce travail ;
- Tous mes collaborateurs, frères, sœurs et toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

BT : Basse Tension

CEB : Communauté Electrique du Bénin

DEP : Direction des Etudes et de la Planification

DPME : Direction de la Production et des Mouvements d'Energie

HTA : Haute Tension catégorie A

HTB : Haute Tension catégorie B

JDB : Jeu de barre

DSP : Département Suivi Poste

DSPAL : Département du Patrimoine

RTM : Responsable Technique Maintenance

RTE : Responsable Technique Exploitation

GN : Grand Nokoué (Littoral 1, Littoral 2, Porto-Novo, Pobè, Ouidah, Calavi, Lokossa, Dogbo, Abomey).

mH/km : milli Henri par kilomètre

mm² : millimètre carrée

mn : minute

MVA : Méga Voltampère

MW : Mégawatt

ONAB : Office National du Bois

SBEE : Société Béninoise d'Energie Electrique

SCMR : Service Cartographie et Modélisation des Réseaux

Sec : seconde

SME : Service Mouvements d'Energie

ST : Service Transport

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau des interruptions enregistrées sur le départ POBE

Tableau 2 : Durées mensuelles de la somme des déclenchements et des coupures pour travaux

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des différents postes installés et leurs puissances

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des nouveaux postes en cabine et leurs puissances

Tableau 5 : Catalogue des sections et leur courant maximal admissible en ampère

Tableau 6 : Puissances et courants de court-circuit

Tableau 7 : Courant de court-circuit : paramètre « a »

Tableau 8 : Limites de fonctionnement du réseau de distribution

Tableau 9 : Conditions de choix des cellules de protection

Tableau 10 : Transformateur à diélectrique liquide (pour Pcc amont 500 MVA / BT 410V)

Tableau 11 : Transformateur sec type Trihal (pour Pcc amont 500 MVA / BT 410V)

Tableau 12 : Sections des câbles BT

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Histogramme des durées d'interruptions moyennes par an sur le départ POBE

Figure 2 : Réseau HTA d'Adja-Ouèrè sur le départ de Pobè

Figure 3 : Réseau Pobè centre

Figure 3 : Nouvelle configuration du départ Pobè

Figure 4 : Schéma unifilaire de la nouvelle configuration du départ Pobè

Figure 5 : Aperçu des différents types de poses

Figure 6 : Histogramme de l'évolution des sections en fonction du temps de court-circuit

Figure 6 : Histogramme de l'évolution des sections en fonction du temps de court-circuit

Figure 7 : Histogramme des coûts des sections

Figure 8 : Modélisation du système triphasé

Figure 9 : Schéma équivalent en monophasé du système triphasé

Figure 10 : Structure d'un réseau bouclé

SOMMAIRE

DEDICACE.....	2
Je dédie ce mémoire à :	2
REMERCIEMENTS.....	3
ACRONYMES ET ABREVIATIONS	4
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES FIGURES.....	7
SOMMAIRE	8
RESUME.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUCTION.....	11
OBJECTIFS.....	12
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU CADRE DE STAGE.....	15
CHAPITRE 2 : ORGANISATION DU RESEAU AERIEN DU DEPART POBE	20
INTRODUCTION.....	30
CHAPITRE 3 :.....	30
ETUDE TECHNIQUE ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	30
CHAPITRE 4 : SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS	57
CONCLUSION GENERALE	63
REFERENCES	66
BIBLIOGRAPHIQUES.....	66
ANNEXES.....	69
TABLE DES MATIERES	76

RESUME

Le réseau POBE est l'un des réseaux qui prend son départ du poste source d'Onigbolo. Il est caractérisé par une ligne aéro-souterraine de longueur 22 kilomètres, située en bordure de la voie bitumée et exposée aux embruns du trafic inter-état et aux intempéries, ce qui cause d'énormes perturbations au réseau. Parmi ces derniers, nous pouvons citer, la détérioration des câbles et des appareils électriques par corrosion et la multiplication des défauts homopolaires causés par les agressions atmosphériques, ce qui est la cause des nombreux déclenchements enregistrés sur le réseau et qui entrave une meilleure disponibilité d'énergie au niveau des abonnés.

Ce travail consiste à transformer ce réseau dont la plus grande partie est aérienne en souterrain pour réduire au maximum les pertes enregistrées et permettre une seconde possibilité d'alimentation des abonnés afin de leur offrir une meilleure qualité de service. Pour ce faire, nous avons adopté une architecture de réseau en coupure d'artère par la méthode prévisionnelle sur 10 ans.

Mots clés : câble, réseau, souterrain

ABSTRACT

The POBE network is one of the networks that departs from the source substation of Onigbolo. It is characterized by a 22-kilometre-long air-underground line, located along the asphalt track and exposed to the spray of inter-state traffic and bad weather, which causes enormous disruption to the network. Among the latter, we can mention the deterioration of cables and electrical appliances by corrosion and the multiplication of homopolar defects caused by atmospheric aggressions, which is the cause of the numerous tripping recorded on the network and which hinders a better availability of energy at the level of subscribers.

This work consists of transforming this network, most of which is above-ground, into an underground network to reduce the losses recorded as much as possible and to allow a second possibility of supplying subscribers in order to offer them a better quality of service. To do this, we have adopted a network architecture in the form of a feeder cut-off by the 10-year forecasting method.

Keywords : cable, network, underground

INTRODUCTION

Le monde d'aujourd'hui ne peut se concevoir sans énergie en général et électrique en particulier ; son absence est synonyme de retard de développement et son utilisation est d'une plus grande importance voire capitale. Cette utilisation est généralement accompagnée de certains problèmes, notamment ceux de pertes globales, des chutes de tension et des pannes fréquentes sur le réseau, mettant tous les abonnés hors service. Les réseaux de distribution HTA (Haute Tension Niveau A) de la zone de POBE ne font donc pas exception à la règle.

C'est ainsi que d'après l'analyse du tableau des interruptions enregistrées au poste source d'Onigbolo, on remarque que le départ POBE est l'un des départs les plus perturbé. Il a une charge maximale de 49 Ampères soit environs 1,8 MW et est caractérisé par une ligne aéro-souterraine de longueur 24 kilomètres située en bordure de la voie bitumée et exposée aux embruns du trafic inter-état. Aussi, le schéma de distribution mis en œuvre par la SBEE ne lui profite guère car lors d'une panne sur une artère principale, toute la zone alimentée par cette dernière est sans énergie électrique. Les réseaux de POBE souffrent de cette structure par endroit, chose à laquelle il faille réfléchir. C'est aux vues de toutes ces observations, que la Société Béninoise d'Energie Electrique (SBEE) dont l'une des missions est d'assurer la disponibilité de l'énergie à la population, dans la perspective d'actualiser et de rendre tous les réseaux de POBE en souterrain, que le thème : « **Contribution à l'amélioration du rendement électrique du réseau par sa reconfiguration : Cas du réseau aérien départ Pobè de la sous station d'Onigbolo** » nous est proposé.

L'objectif de ce mémoire est d'améliorer le rendement électrique de ce réseau par sa reconfiguration ; Dans un premier temps, nous allons faire l'étude en souterrain de ce départ puis dimensionner les câbles et procéder au choix des équipements des postes, sans oublier l'évaluation du coût de réalisation de ce projet.

Pour ce faire, notre étude sera structurée de la manière suivante :

- Le premier chapitre présentera la Société Béninoise d'Energie Electrique et le cadre de stage qui est la Direction Technique.
- Le deuxième chapitre abordera le système électrique au Bénin et la description du départ POBE.
- Le troisième chapitre sera consacré à l'étude technique du passage en souterrain et aux impacts environnementaux
- Dans le quatrième chapitre, nous ferons des suggestions et recommandations pour une amélioration durable.

OBJECTIFS

Objectif général

L'objectif général de la présente étude est d'améliorer le rendement du réseau électrique de Pobè de la sous station d'Onigbolo.

Objectifs spécifiques

De manière spécifique, l'étude permettra de :

- ✓ Réduire au maximum les perturbations causées par l'embranchement du trafic au réseau de Pobè.
- ✓ Diminuer les pertes d'énergie non distribuée et améliorer le rendement technique.
- ✓ Améliorer la qualité de tension et la continuité d'alimentation pour les abonnés.
- ✓ Proposer une solution économiquement viable et techniquement durable.

Méthodologie

Pour atteindre ces objectifs, la démarche adoptée s'articule autour des étapes suivantes :

- ✓ Collecte des données sur le réseau existant (postes, longueurs de lignes, sections de câbles).
- ✓ Analyse des perturbations et calcul de la durée moyenne des coupures.
- ✓ Étude technique : choix de l'architecture souterraine, dimensionnement des câbles et reconfiguration des postes.
- ✓ Évaluation économique : chiffrage du coût global du projet et estimation de l'amortissement.
- ✓ Analyse environnementale et sécuritaire.
- ✓ Conclusion

Moyens matériels

- ✓ Soutien de la SBEE

Résultats attendus :

- ✓ Réduction de perturbations enregistrées sur ce départ
- ✓ Améliorer la qualité de tension fournie à la clientèle.
- ✓ Réduction des pertes d'énergies ;
- ✓ Actualisation du réseau
- ✓ Rendre le réseau beaucoup plus souple pour une meilleure utilisation

Indicateurs :

- ✓ Souci de mieux servir les abonnés
- ✓ Amélioration du rendement du réseau électrique



PREMIERE PARTIE

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU CADRE DE STAGE

1-1- Présentation de la Société béninoise d'Energie Electrique (SBEE)

1-1-1- Historique

La Distribution de l'Energie Electrique était assurée dans les grandes villes comme COTONOU, OUIDAH et PORTO-NOVO par la Compagnie Coloniale pour la Distribution de l'Energie Electrique (CCDEE) créée en 1948 avec un groupe électrogène de 50 KVA comme matériel de production. Le 1^{er} janvier 1973 le gouvernement militaire crée la Société Dahoméenne d'Electricité et d'eau (SDEE) et met ainsi fin aux activités de la CCDEE. C'est l'année où l'Etat prit l'option d'élargir le réseau. Ainsi progressivement, les villes de Parakou, Lokossa et Natitingou seront couvertes à partir de 1975. Le 30 novembre 1975 la Société Béninoise d'Electricité et d'Eau est créée. Dans le cadre de la réforme institutionnelle des secteurs de l'énergie et de l'eau, la Société Béninoise d'Electricité et d'Eau a été subdivisée, par le décret N°2004-098 du 1er mars 2004, en deux entités autonomes : La Société Béninoise d'Energie Electrique qui s'occupe exclusivement de la production et de la distribution de l'énergie électrique et la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) qui gère la production et la distribution de l'eau.

1-1-2- Mission de la SBEE

La SBEE est principalement chargée d'assurer la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique sur l'ensemble du territoire béninois. Elle a l'obligation de satisfaire aux exigences de sa clientèle qui sont : la bonne qualité de l'énergie distribuée, la disponibilité de l'énergie et l'acquisition de l'énergie à moindre coût. Pour améliorer la qualité de ses prestations, la SBEE doit :

- ✓ Disposer d'un réseau stable ;

- ✓ Renforcer la capacité de production des usines locales ;
- ✓ Protéger efficacement ses installations.

1-1-3- Structure organisationnelle

L'organigramme de la SBEE, donnant une idée claire sur la hiérarchie des différentes sections est présenté en annexe 1.

1.2- Historique et présentation de la SBEE/Pobè

Pobè est alimenté en énergie électrique par le Poste Source CEB situé à 25km de la ville à travers un poste de répartition géré par un personnel SBEE.

Autrefois alimentés au moyen des centrales thermiques conduites par la Compagnie d'Energie Electrique du Togo (CEET) et la Société Dahoméenne d'Electricité et d'Eau (SDEE), le Togo et le Bénin, face au manque à gagner sur le coût du carburant, prirent la résolution de trouver d'autres sources d'approvisionnement en énergie électrique. Ils choisirent donc d'importer cette ressource du Ghana où le barrage d'Akosombo venait d'être mis en service. C'est alors que dès les premières années de l'accession à la souveraineté internationale du Togo et du Benin, les Hautes Autorités des deux pays de la communauté, convaincues qu'une Nation ne peut prétendre au développement sans accès à une énergie de qualité et à moindre coût, et conscientes de la faiblesse des disponibilités en ressources énergétiques de leur pays pris séparément, ont très tôt compris la nécessité de se mettre ensemble et d'entreprendre des actions communes pour le développement et l'exploitation de leurs ressources énergétiques. C'est dans cette optique qu'a été créée le 27 juillet 1968 la Communauté Electrique du Bénin (CEB) par l'accord international instituant le code Bénin-Togo de l'électricité. Cet accord a pour fondement la traduction de la solidarité d'intérêt entre le Bénin et le Togo par une politique concertée dans le secteur de l'électricité en vue d'un développement rapide et harmonieux de leurs économies respectives.

La CEB, organisme international à caractère public a démarré ses activités en 1973 avec une ligne double terne de 243km entre Akosombo (Ghana), Lomé (Togo) et Cotonou (Benin) et un fonds de roulement de 50 millions de F CFA apportés par les Etats.

Elles ont, à travers la création de la Communauté Electrique du Bénin (CEB), concrétisé cette solidarité, persuadées qu'elle doit se traduire par une politique concertée de la recherche des sources de production et de transport de l'énergie électrique des deux Etats.

Ayant pour mission principale la production et le transport de l'énergie électrique elle doit :

Gérer la production et le transport de l'énergie électrique dont elle a le monopole sur le territoire des deux Etats.

Réaliser et exploiter selon les règles appliquées par les sociétés industrielles et commerciales, les installations de transport de l'énergie électrique sur l'ensemble des territoires des deux Etats en qualité de transporteur exclusif. En outre, elle reçoit le privilège d'acheteur unique pour les besoins des deux Etats.

L'objectif général du projet de la CEB est l'utilisation optimale de la production d'énergie électrique au niveau des deux pays et l'importation en provenance d'autre pays. Les objectifs spécifiques sont :

Accroître la sécurité d'alimentation et la qualité de l'énergie fournie au réseau de distribution du Bénin et du Togo ;

Être le moteur de la sous-région par la fourniture de l'énergie électrique de qualité, en quantité suffisante à moindre coût aux populations et aux entreprises des Etats de la communauté : le Bénin et le Togo ;

Assurer la gestion économique du parc d'unité de production et d'établir en temps réel la comptabilité et la tarification de l'énergie produite et consommé ;

Mettre en commun des ressources énergétiques régionales pour une meilleure coopération étatique ;

La Communauté Electrique du Benin (CEB) a pour vision de devenir leader dans la mise en commun des ressources énergétiques régionales et demeurer un modèle de coopération entre le Bénin et le Togo.

La CEB est administrée par des instances hiérarchisées comme suit :

- Le Haut Conseil Inter Etatique (HCIE) : 08 ministres à raison de 04 ministres par Etat ;
- La Haute Autorité (HA) : 10 membres à raison de 05 hauts fonctionnaires par Etat ;
- La Direction Générale : 01 Directeur Général béninois et 01 Directeur Général Adjoint togolais.

Pour satisfaire la demande des deux pays de la zone communautaire, la CEB, outre ses productions propres, a recours à certains fournisseurs tels que

- Volta River Authority (VRA) du Ghana pour une puissance garantie de 60MW et une Energie annuelle de 700GWh de 2013 à 2014 et 1000GWh de 2015 à 2019 ;
- Transmission Company of Nigeria (TCN) du Nigeria pour une puissance garantie de 75 MW et une Energie annuelle garantie de 300GWh pour une durée contractuelle de 10 ans à compter de 2007 ;
- Electricité de Niger (NIGELEC) pour l'alimentation de la ville de Malanville au Bénin.

La production propre de la CEB est répartie comme suit :

- Centrale Hydroélectrique de Nangbéto : d'une puissance de 65 MW et une production annuelle moyenne de 170 GWh ;
- Centrales thermiques à gaz de Maria-Gléta et de Lomé d'une puissance de 40 MW avec une production annuelle moyenne de 300 GWh.

La couverture des besoins en Energie Electrique du Togo et du Bénin est assurée par la CEB à travers Six (6) clients, à savoir les sociétés nationales de distributions d'Electricité et des sociétés industrielles, répartis sur les deux territoires :

- Au Togo : Compagnie d'Energie Electrique du Togo (CEET), West African Cement (WACEM) et la Société Nouvelle des Phosphates du Togo (SNPT)
- Au Bénin : Société Béninoise d'Energie Electrique (SBEE) : distributeur national d'électricité, SCB/LA FARGE d'Onigbolo et la Nouvelle Cimenterie du Bénin (NOCIBE)

Au Bénin, 518 km de ligne de transport de l'énergie sont à l'actif de la CEB pour une capacité de transformation de 826,5 MVA répartis sur les postes suivants :

- Le Poste de Cotonou - Vèdoko (194 MVA) ;
- Le Poste d'Onigbolo (70 MVA) ;
- Le Poste de Bohicon (40 MVA) ;
- Le Poste de Lokossa (32 MVA) ;
- Le Poste d'Avakpa (19 MVA) ;
- Le Poste de Sakété (412,5 MVA) ;
- Le Poste de Djougou (20 MVA) ;
- Le Poste de Parakou (20 MVA) ;
- Le Poste de Maria Gléta (69 MVA).

CHAPITRE 2 : ORGANISATION DU RESEAU AERIEN DU DEPART POBE

Introduction

Le bon fonctionnement d'un réseau électrique s'explique par une absence presque totale de coupure durant la période d'exploitation. Compte tenu de la recrudescence des pannes sur le réseau essentiellement aérien, après les grandes villes, POBE fait partir du record d'indisponibilité. Ce qui fait que sa gestion apparaît quasiment difficile. Dans ce chapitre nous décrirons le départ POBE tout en montrant les différents problèmes liés à la gestion difficile de ce réseau sans oublier l'évaluation de la durée moyenne de coupures liées à sa gestion et le coût des pertes engendrées par ces coupures.

2.1- Description du poste source d'ONIGBOLO

Le poste source d'ONIGBOLO dispose de d'une travée arrivée, une travée départ et de six travées transformatrices et de deux travées groupes non fonctionnelles. La travée arrivée est issue du postes source de SAKETE en câble aérien de 161 kV de sections 150mm² Aluminium. Elles permettent d'alimenter un jeu de barres de 161 kV qu'on peut coupler et comportent chacune :

- Un parafoudre par phase
- Un combiné de mesure par phase
- Un sectionneur de ligne et de terre tripolaire
- Un disjoncteur tripolaire à commande monopolaire

La travée départ Parakou est alimentée par les jeux de barres 161 kV et comportent :

- Un sectionneur de ligne et de terre tripolaire
- Un transformateur de potentiel
- Un transformateur de courant
- Un disjoncteur tripolaire à commande tripolaire

Les travées transformatrices prennent leurs sources sur le jeu de barres 161 kV et permettent d'alimenter trois transformateurs :

- T1 : 161/20kV ; 35 MVA (ONAN)
- T2 : 161/20kV ; 35 MVA (ONAN)
- T2 : 161/63kV ; 50 MVA (ONAF)

Les transformateurs T1, T2 et T3 permettent d'alimenter les six rames des départs 20 kV par le biais des disjoncteurs de couplage (voir annexe 2.2). Parmi ces départs, figure le départ Pobè faisant objet de notre étude.

2.2- Présentation du réseau électrique HTA/BT de Pobè

- Le réseau HTA de la ville de Pobè est essentiellement aérien donc exposé aux aléas climatiques que sont la température, l'humidité de l'air, l'altitude, la présence d'eau, la présence de corps solides, la présence de substances corrosives, chocs mécaniques, vibration, présence de faunes (reptiles, oiseaux), champs électromagnétiques, rayonnements solaires, effets sismiques, foudre et vent. Les lignes principales sont construites avec des câbles alélec de 54,6 ; 75,5 ; 110 ; 148 mm². On retrouve dans les dérivations les câbles de section de 34,4 et 22 mm².

C'est le cas de Pobè-Adja Ouèrè et Pobè-Ikpinlè

La ville de Pobè compte 46 postes de transformateurs H61 dont 43 varient entre 50 et 160KV_a et 03 de 250KV_a

NB : Les postes H61 de 50 à 160 KVa sont installés sur des Supports bétons ou métalliques appelés Poteau électrique

Les autres de 250 KVa sont posés sur des supports métalliques appelés Châssis et en Cabine

- Le réseau BT très souvent en câbles isolés appelés autoportés de section $3 \times 70 + 54,6 + 2 \times 16$; $3 \times 50 + 54,6 + 2 \times 16$; $3 \times 35 + 54,6 + 2 \times 16 \text{ mm}^2$ se retrouve presque dans tous les quartiers de Pobè et ses environs. On retrouve par endroit des anciens réseaux $2 \times 16 \text{ mm}^2$ ou $4 \times 16 \text{ mm}^2$ qui créent régulièrement des problèmes de chute de tension et de chauffage que la SBEE envisage de remplacer en autoportés.

2.3- Description sommaire du départ Pobè

Le départ Pobè est un réseau alimenté par une ligne aérienne en Aluminium de section 148 mm^2 à partir du poste source d'Onigbolo. Il alimente le village d'Onigbolo par un transformateur de 100KV et une dérivation de 15Km qui alimente l'arrondissement de TOWE. Ce départ passe devant de SCB LAFARGE, puis EPP ISSABA, longe la voie POBE-KETOU. Il traverse la brousse jusqu'au carrefour TCHINABOLE, rencontre la voie du Nigéria, vient à l'IACM principale à la sortie de la ville de POBE.

2.3.1- Problèmes liés au réseau aérien du départ POBE

Les clients desservis par le départ POBE enregistrent plusieurs discontinuités dans la fourniture de l'énergie électrique. Ces discontinuités sont liées aux différentes interruptions enregistrées sur le réseau. Ainsi le nombre, les types et les durées des d'interruptions de 2012 à 2013 enregistrés sur le départ POBE sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Tableau des interruptions enregistrées sur le départ POBE

MOIS	Types de coupures					
	Déclenchements		Coupures pour travaux		Délestages	
	Nombres	Durées	Nombres	Durées	Nombres	Durées
Janv-23	4	7h45mn	1	30mn	0	0
Févr-23	6	4h34mn	0	0	0	0
Mars-23	2	3h04mn	2	1h53mn	0	0
Avr-23	2	4h32mn	1	2h08mn	0	0
Mai-23	2	1h49mn	3	6h03mn	0	0
Juin-23	1	38mn	1	2h35mn	0	0
Juil-23	3	3h33mn	2	11h47mn	0	0
Août-23	1	58mn	1	22mn	0	0
Sept-23	3	4h	0	0	0	0
Oct-23	4	3h17mn	1	3mn	0	0
Nov-23	0	0	1	4h10mn	0	0
Déc-23	1	3h14mn	1	56mn	0	0

Notons que les déclenchements et les coupures pour travaux sont dus à des pannes observées sur le réseau POBE tandis que les délestages sont des coupures volontaires dues à

une insuffisance d'énergie électrique. En additionnant les durées des déclenchements et des coupures pour travaux de chaque mois, nous obtenons le tableau suivant :

Tableau 2 : Durées mensuelles de la somme des déclenchements et des coupures pour travaux

MOIS	DUREES (mn)
Janv-23	329
Févr-23	274
Mars-23	297
Avr-23	400
Mai-23	482
Juin-23	312

MOIS	DUREES (mn)
Juil-23	920
Août-23	40
Sept-23	240
Oct-23	350
Nov-23	525
Déc-23	525

Ce tableau nous permet de tracer l'histogramme suivant :

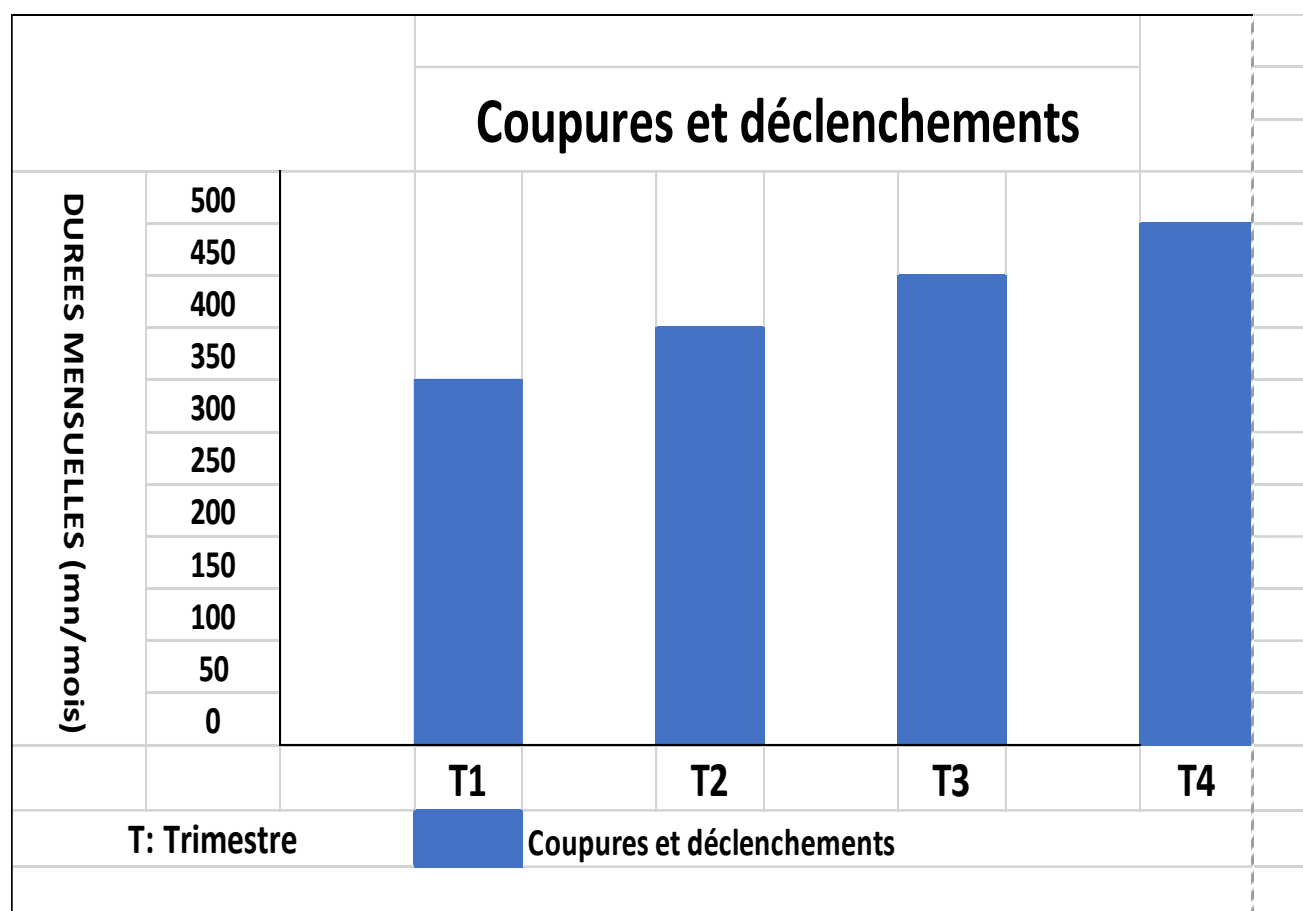


Figure 1 : Histogramme des durées d'interruptions moyennes par an sur le départ POBE

De l'analyse de cet histogramme, on remarque que le départ POBE est fortement perturbé avec en moyenne 300 mn soit (5h) d'interruption dans le premier trimestre, 350mn soit (5h50mn) le deuxième trimestre soit une augmentation de 16,66% puis 400mn soit (6h40mn) le troisième trimestre soit une augmentation de 32,13% en fin 450mn le dernier trimestre soit une augmentation de 48,79%. Des enquêtes menées pour comprendre les raisons de cet état de chose, il en ressort que les risques de la circulation et agressions atmosphériques auxquels sont soumis le réseau sont les principales causes de ces interruptions.

En effet, on assiste à :

- La détérioration des appareils électriques et des câbles par corrosion,
- La création des points faibles,

- La pollution des isolateurs par le sable marin et qui finissent par devenir des conducteurs,
- Des défauts homopolaires dus au grand vent (contacts entre deux phases, aux objets métalliques se jetant dans le réseau et des câbles à terres), et aux oiseaux se posant sur les éclateurs.

En plus de tout ceci, le départ Pobè étant en grande partie un réseau aérien, il est aussi soumis à d'autres problèmes enregistrés en général sur les réseaux aériens. Au nombre de ces problèmes nous pouvons citer : les agressions atmosphériques (foudre, les vents violents), les chutes d'arbres, les défaillances du matériel...

2.3.2- Evaluation du coût des pertes dues aux déclenchements

- **Au niveau des clients**

Les pertes enregistrées chez les clients sont estimées à 1000F/kWh c'est-à dire lorsqu'un client utilisant une charge de 1kilowatt est coupé pendant 1h, il perd en termes de chiffre d'affaires environ 1000F.

La charge maximale et le temps d'interruption étant respectivement de 295A (6,13MW) et 314,83mn/mois en 2023, les pertes enregistrées s'évaluent à :

$$P_C = (1000 \times 314.83 \times 12 \times 6130) : 60 = 385.981.580$$

$$\text{Soit } P_C = 385981.580 \text{ FCFA}$$

- **Au niveau de la SBEE**

Les pertes enregistrées au niveau de la SBEE sont estimées à environ

105F/kWh. Nous avons donc :

$$P_S = (105 \times 314.83 \times 12 \times 6130) : 60 = 40.528.065.9$$

Soit $P_S = 40.528.065,9$ FCFA

Il faut noter qu'en plus des problèmes liés au départ POBE, les réseaux aériens ont des impacts sur l'environnement. En effet :

- leur installation donne lieu à de difficiles discussions avec les propriétaires des terrains surplombés ;
- leur installation soulève des problèmes d'esthétique et de respect des sites ;
- ils sont susceptibles d'induire des forces électromotrices perturbatrices ou dangereuses dans les circuits de télécommunication ;
- ils sont susceptibles de produire des perturbations radioélectriques gênant les réceptions de radiodiffusion et de télévision ;
- la rupture de leurs conducteurs est susceptible de présenter des dangers pour les personnes et les animaux ;
- les champs électriques et magnétiques peuvent exercer une influence néfaste sur la santé.

Conclusion

Le départ POBE est un réseau qui enregistre plusieurs interruptions d'une durée de 314.83 minutes par mois soit 5h14mn50s, ce qui ralentit les activités économiques des clients desservis par ce départ. Il est donc impérieux de mobiliser toutes les ressources nécessaires pour passer le réseau aérien du départ POBE en souterrain.

DEUXIEME PARTIE : TRAVAUX DE FIN D'ETUDE

CHAPITRE 3 :

ETUDE TECHNIQUE ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

INTRODUCTION

Les lignes aériennes ne pouvant se concevoir dans les grandes agglomérations et aux environs des aéroports en raison de leurs encombrements et du danger qu'elles présentent pour les habitants, on a recours à des câbles souterrains. Les câbles souterrains sont aussi utilisés dans les régions soumises à des orages violents qui peuvent détériorer les lignes aériennes dans le transport de l'énergie électrique. On les utilise aussi lors de la traversée des mers et océans de même le long des côtes à cause de l'érosion côtière.

Dans ce chapitre, nous allons procéder à l'étude technique du passage en souterrain du départ POBE et parler des impacts environnementaux qui découleraient de la réalisation de ce projet.

3.1- Etudes techniques de la réalisation du réseau en souterrain

Comme nous l'avons dit dans le chapitre 2 le départ POBE est constitué en majorité d'un réseau aérien et d'une portion en réseau souterrain. Il s'agit pour nous de passer le réseau aérien en souterrain. L'architecture de ce réseau est illustrée à la figure 2 avec son schéma unifilaire à la figure 3. Les transformateurs de distribution HTA/BT sont de type H61 de puissance 50, 100 ou 160 kVA ou de type en cabine (H59) en maçonnerie de puissance 250, 400, 500, 630, 800 kVA. Il y a quelques postes préfabriqués. Les postes H61 sont accrochés aux poteaux en haut et les postes en cabine sont alimentés soit par des descentes aéro-souterraines HTA en antenne soit par des départs souterrains HTA en coupure d'artère. Pour

le passage en souterrain, nous allons donc procéder à la reconstitution des postes de transformation HTA/BT aérien (H61) en des postes en cabine (H59), à la reconfiguration du départ Pobè puis au dimensionnement des câbles et au choix des équipements des postes.

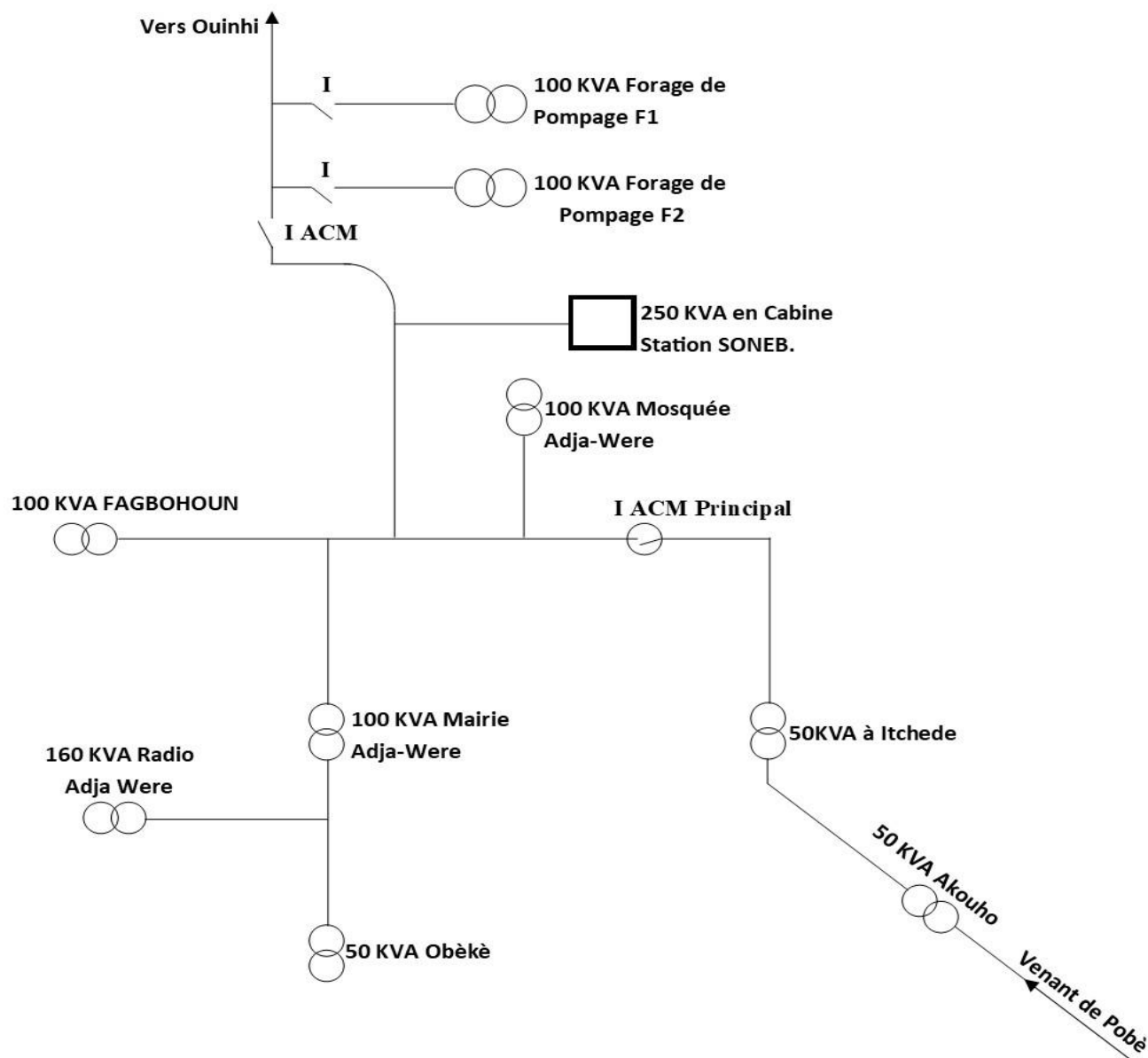


Figure 2 : Réseau HTA d'Adja-Ouèrè sur le départ de Pobè

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DU RENDEMENT ELECTRIQUE DU RESEAU POBE PAR SA RECONFIGURATION : Cas du réseau aérien départ Pobè à la sous station d'Onigbolo

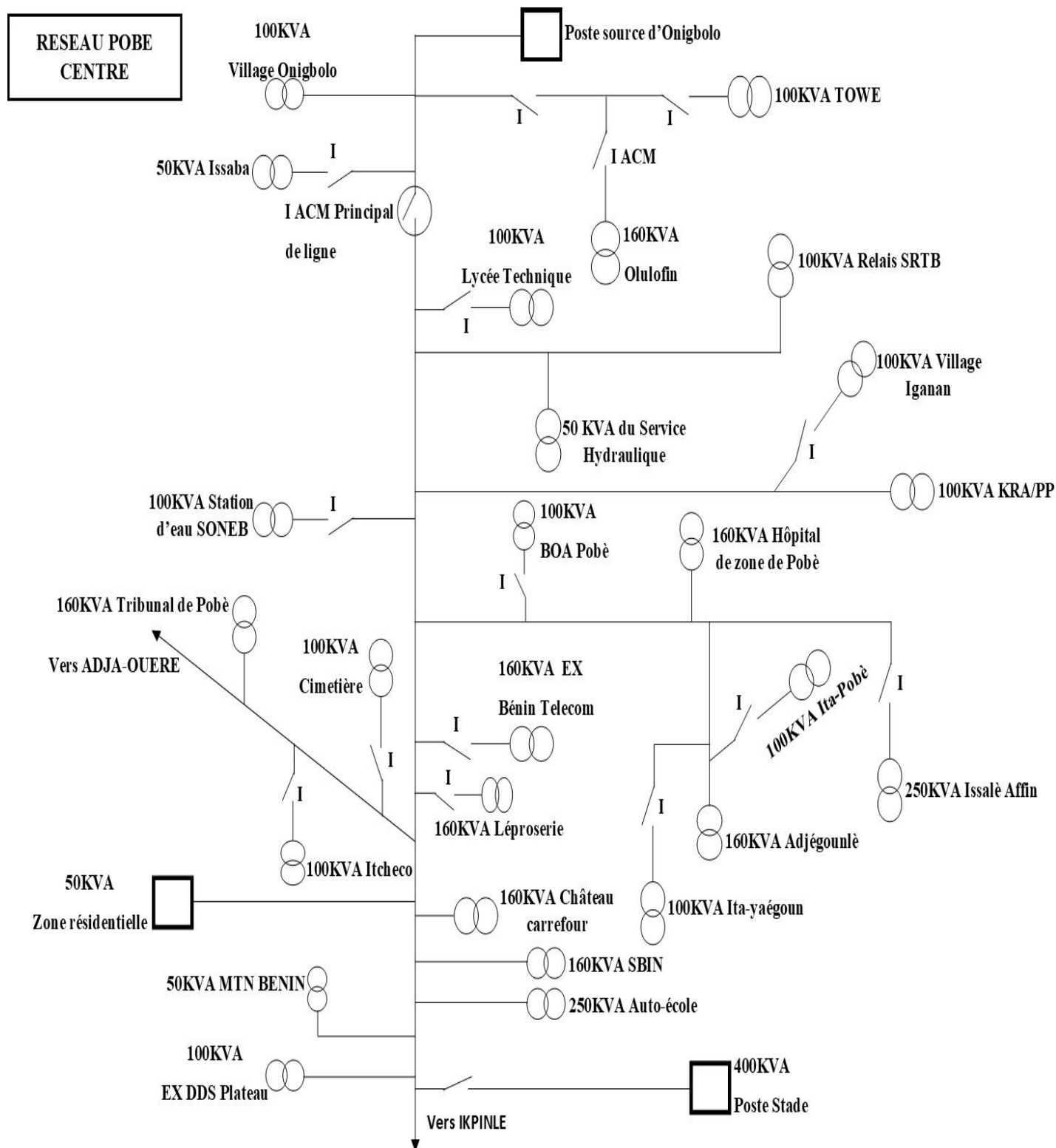


Figure 3 : Réseau Pobè centre

3.1.1- Reconstitution des postes H61 en postes H59

La reconstitution des postes s'est faite en regroupant les postes H61 situés dans un rayon de 400 mètres et en tenant compte de leurs puissances respectives. Le tableau 3 regroupe les différents postes de transformation HTA/BT installés sur le départ Pobè du poste source d'Onigbolo et leurs puissances respectives.

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des différents postes installés et leurs puissances

N° Postes	Situation géographique	Puissances installées (KVA)
1	Village Onigbolo	100
2	Towe	100
3	Issaba	50
4	Lycée Technique de Pobè	100
5	ORTB (le relais)	50
6	Service Hydraulique	50
7	Station d'Eau Soneb Pobè	100
8	Mairie Pobè	100
9	Hôpital de zone de Pobè	160
10	Village Iganen	100
11	KRA/PP	100
12	Cimetière	100
13	Tribunal de Pobè	160
14	Issale Affin Pobè	250
15	Bénin Télécom	160
16	Léproserie	160

**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DU RENDEMENT ELECTRIQUE DU RESEAU POBE PAR
SA RECONFIGURATION : Cas du réseau aérien départ Pobè à la sous station d'Onigbolo**

17	Château Carrefour	160
18	MTN Bénin	50
19	Itchéco	100
20	Akeujo	50
21	Adjegounlè	160
22	Ita-yaégoun	250
23	Auto école	250
24	En Cabine du Stade	250
25	DDS plateau	100
26	Ita-Pobe	100

A ce niveau, nous avons choisi les transformateurs des nouveaux postes en faisant la somme des puissances des transformateurs des différents postes regroupés. Les postes H61 sont regroupés dans le poste H59 situé dans le même environnement et lorsqu'il n'y a pas de poste H59, on crée un nouveau poste H59.

Ainsi, le catalogue en **annexe 3** nous a permis de faire le choix des transformateurs normalisés équivalents.

Les puissances des postes 18, 20 et 24 sont respectivement 50, 50, et 250 kVA. La somme de ces différentes puissances nous donne 350 kVA qui est la puissance calculée après regroupement des trois postes. Le transformateur de 350 kVA n'étant pas normalisé, le catalogue en annexe 3 nous permet de choisir le transformateur normalisé correspondant qui est celui de 400 kVA. Comme le transformateur 24 est un poste en cabine, le transformateur de 400 kVA sera installé dans ce poste.

De même lorsque nous prenons les postes 9, 17 et 21, chacun de puissances respectives 160, on obtient après calcul 480 kVA. Le transformateur normalisé correspondant est celui de 630 kVA et puisque ces postes sont tous de type H61 alors le transformateur de 630 kVA sera installé dans un nouveau poste H59.

Le tableau 4 résume donc les nouveaux postes H59 obtenus après regroupement avec leurs puissances calculées et les transformateurs choisis.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des nouveaux postes en cabine et leurs puissances

Postes H59	Postes regroupés	Puissances calculées (kVA)	Puissances des Transformateurs choisis (kVA)
A1	18-20-24	350	400
B1	14-23	500	630
C1	12-15-16	420	630
D1	3-11-13	310	400
E1	1-2	200	250
F1	4-7-23	450	630
G1	9-17-21	480	630
C60	5-8	150	160
C59	6-10-20-26	400	400
C163	19-22-25	450	630

3.1.2- Reconfiguration du départ Pobè

Pour la reconfiguration du départ Pobè nous avons adopté la structure en coupure d'artère qui est l'une des caractéristiques des réseaux souterrains alimentant les zones à forte densité de population. En effet, dans cette structure

encore appelée réseau en boucle, un câble part d'un poste source HTB/HTA, passe successivement par les postes HTA/BT à desservir avant de rejoindre soit un autre poste source HTB/HTA, soit un départ différent du même poste source HTB/HTA, soit un câble secours.

Après le regroupement des postes et des visites des différents sites appropriés à ces postes, nous obtenons le plan de la figure 3 avec son schéma unifilaire à la figure 4.

**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DU RENDEMENT ELECTRIQUE DU RESEAU POBE PAR SA RECONFIGURATION : Cas du réseau aérien départ
Pobè à la sous station d'Onigbolo**

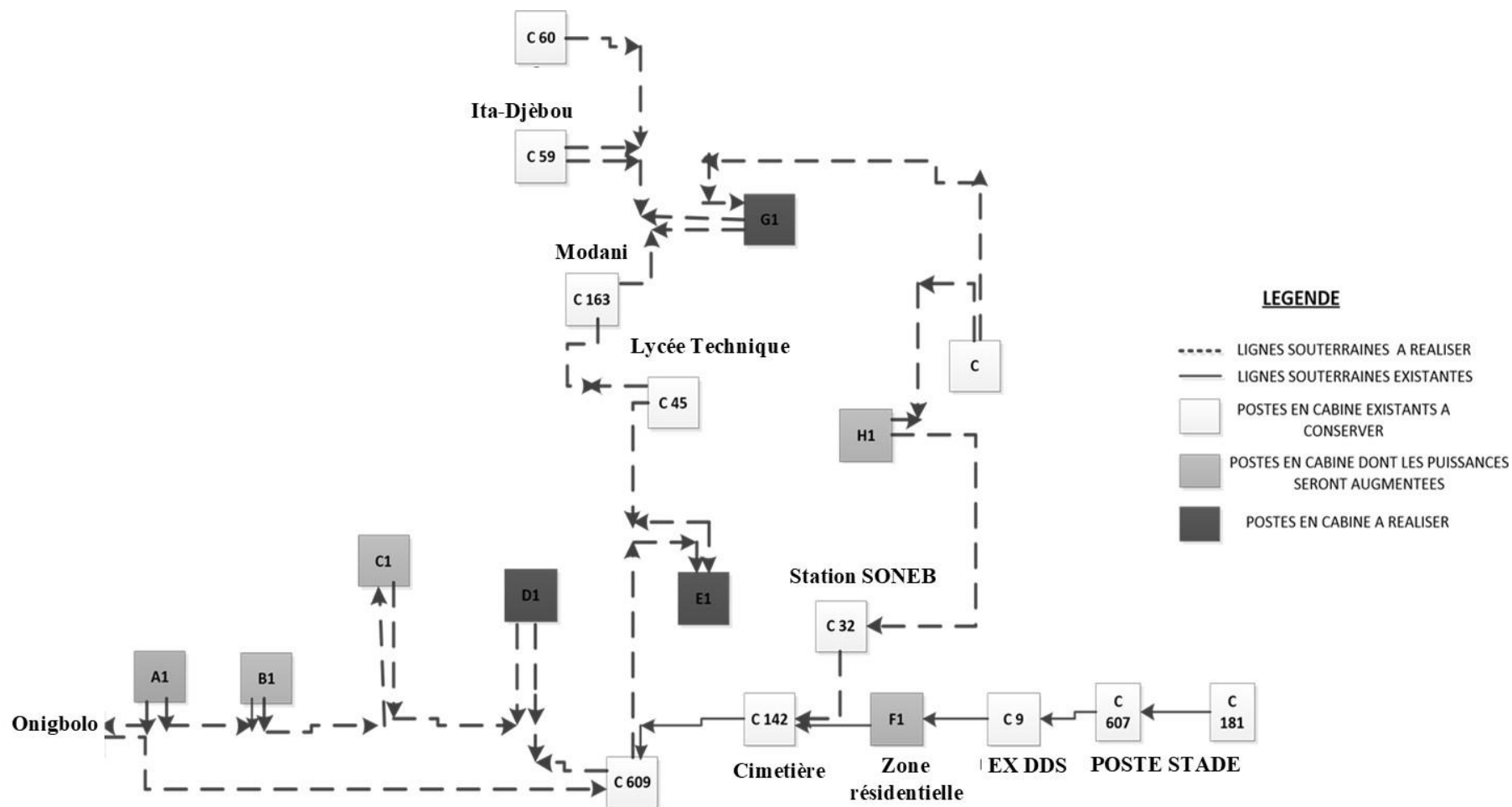


Figure 3 : Nouvelle configuration du départ Pobè

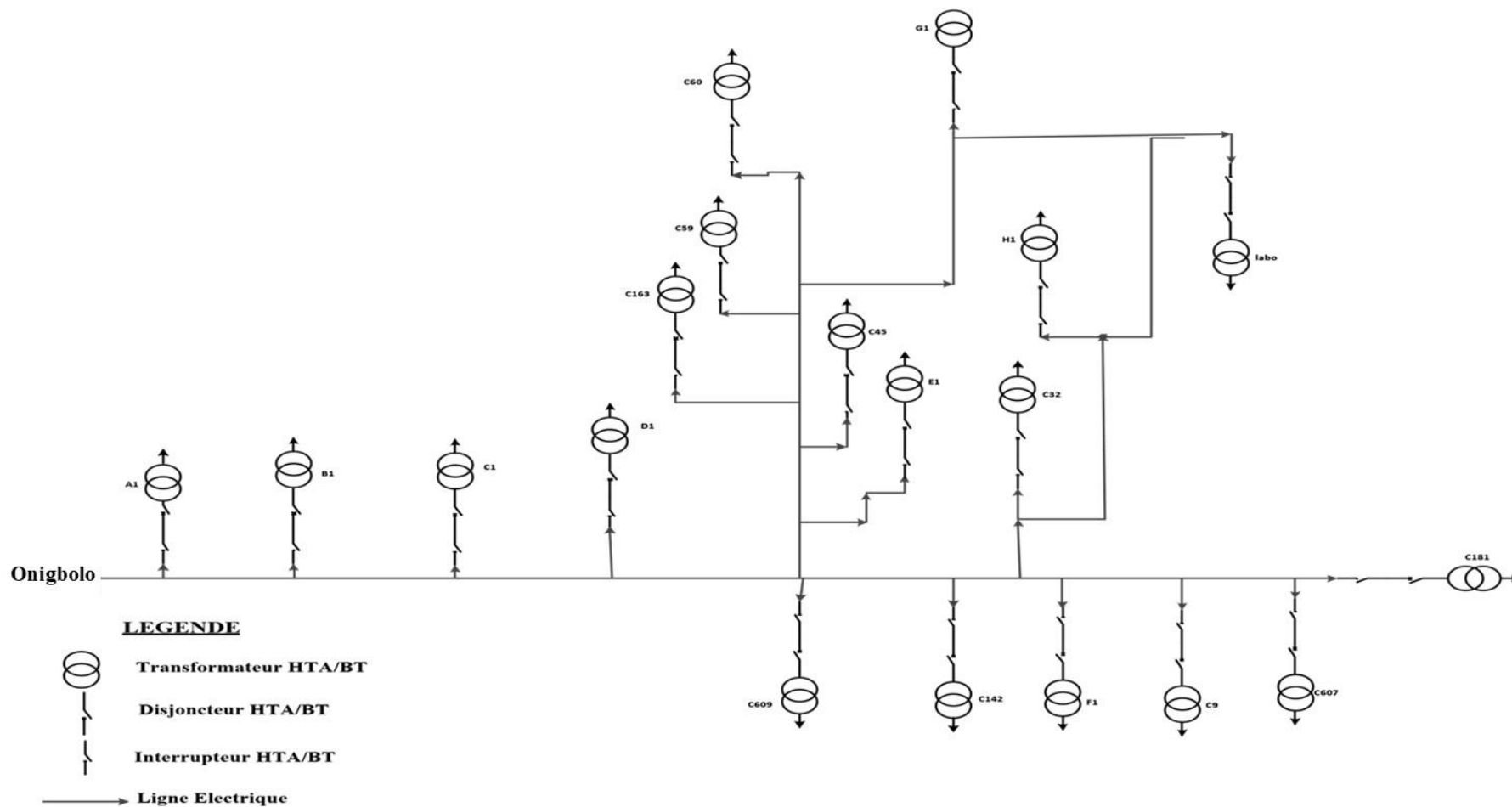


Figure 4 : Schéma unifilaire de la nouvelle configuration du départ Pobè

3.1.3- Dimensionnement des câbles

En service, le câble doit pouvoir satisfaire les quatre contraintes suivantes :

- 1- Le courant nominal ne doit pas dépasser en régime permanent les intensités admissibles dans les conducteurs pour éviter les échauffements anormaux entraînant leur destruction ;
- 2- Le câble doit pouvoir supporter les courants de surintensités de courte durée admissible dans les conducteurs notamment lors des courts-circuits, qui se traduisent par : une élévation rapide de la température de l'âme conductrice ; des courants intenses dans les écrans métalliques des câbles, en particulier en Moyenne Tension, d'où une augmentation de l'échauffement et un risque de détérioration accrue.
- 3- La contrainte économique doit être respectée ;
- 4- La chute de tension induite par le câble ne doit pas dépasser les chutes de tension maximales imposées.

La méthode de calcul consiste à choisir une section compatible avec les points 1 et 2, tout en tenant compte du point 3 puis à vérifier si cette section satisfait au point 4. Si ce n'est pas le cas, la section sera augmentée jusqu'à ce qu'elle remplisse les quatre critères précédents.

3.1.3.1- Courant nominal

Le courant nominal dans un conducteur est le courant en régime permanent qui peut circuler dans ce dernier sans dépasser ses contraintes thermiques. Au-delà de ces températures, l'isolant et/ou le conducteur se détériorent et cela peut causer des incendies.

Le courant nominal est obtenu à partir de la relation suivante :

$$I_N = \frac{P_T}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} \quad (3.1)$$

P_T , la puissance prévisionnelle du réseau après T années d'exploitation ;

U , la tension efficace de service ;

I_N , le courant nominal (courant dans le câble après les T années).

Prévision des charges

La prévision des charges est une hypothèse essentielle dans la planification puisqu'elle est à la base du dimensionnement des réseaux.

Il faut être aussi attentif au fait que les sections fournies dans les tables des fabricants de câbles sont normalisées pour un sol dont la résistivité thermique est de $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$. Il est donc nécessaire d'introduire un facteur correctif prenant en compte la résistivité moyenne du sol dans lequel les câbles seront enfouis. En effet, considérant une référence quelconque, un sol de résistivité thermique moindre dissipera la chaleur plus facilement. Il conviendra donc d'appliquer au courant nominal un facteur correctif CF_1 .

De même, les valeurs de section données se basent sur une température de référence du sol valant 20°C . Le facteur CF_2 viendra corriger cet effet dans le cas où la température considérée (sur le terrain) pour le sol diffère de cette référence.

La profondeur d'enfouissement joue également un rôle. Nous tiendrons compte de son influence via le facteur CF_3 .

Moyennant « $CF = CF_1 \cdot CF_2 \cdot CF_3$ », nous déterminons donc le courant à prendre en compte lors du choix de la section par :

$$I = \frac{I_N}{CF}$$

Des valeurs pour ces facteurs correctifs sont données en Annexe A4.

A partir de ce courant 'I', nous trouvons les sections normalisées nécessaires pour le critère du courant nominal dans le tableau 4. Il conviendra de choisir la section normalisée permettant de faire circuler un courant maximal juste supérieur à celui calculé.

Dans notre cas, on a :

Pose du câble :

- Profondeur d'enfouissement : 80 cm équivaut à $CF_3 = 1$
- Résistivité thermique = 70 °C.cm/W équivaut à $CF_1 = 1,14$
- Température du sol = 30 °C, équivaut à $CF_2 = 0,92$

D'où $CF = 1,14 \times 0,92 \times 1$

$$CF = 1,0488$$

Ainsi, on aura, $I = \frac{290,86}{1,0488}$ d'où, $I = 277,33 \text{ A}$

Le catalogue du tableau 4 nous permet alors de faire les choix suivants :

Tableau 5 : Catalogue des sections et leur courant maximal admissible en ampère

U : 10 – 15 kV

Section du conducteur [mm ²]	Section de l'écran [mm ²]	Conducteur en cuivre				Conducteur en aluminium			
		en terre		à l'air		en terre		à l'air	
		trèfle	nappe	trèfle	nappe	trèfle	nappe	trèfle	nappe
25	16	165	175	165	190	125	135	130	145
35	16	195	210	200	230	150	160	155	175
50	16	230	245	240	275	180	195	185	215
70	16	280	300	295	340	220	235	230	265
95	16	335	360	365	415	260	280	280	325
120	16	380	405	415	475	295	320	325	370
150	25	430	445	475	535	330	350	370	415
185	25	480	495	540	605	375	395	420	475
240	25	555	565	640	710	435	455	500	565
300	25	625	630	730	805	490	505	570	640
400	35	705	685	845	905	560	565	670	735
500	35	790	755	960	1015	640	630	775	835
630	35	885	830	1095	1145	720	705	895	955
800	50	950	840	1200	1185	795	735	1005	1030
1000	50					875	805	1130	1140
1200	95					890	755	1175	1100
1400	95					935	785	1245	1155

Câbles en cuivre :

Pose en trèfle $S = 70\text{mm}^2$ ($I_{\text{max}} = 280 \text{ A}$)

Pose en nappe $S = 70\text{mm}^2$ ($I_{\text{max}} = 300\text{A}$)

Câbles en aluminium :

Pose en trèfle $S = 120\text{mm}^2$ ($I_{\text{max}} = 295 \text{ A}$)

Pose en nappe $S = 95\text{mm}^2$ ($I_{\text{max}} = 280 \text{ A}$)

La figure 5 illustre les différents types de pose

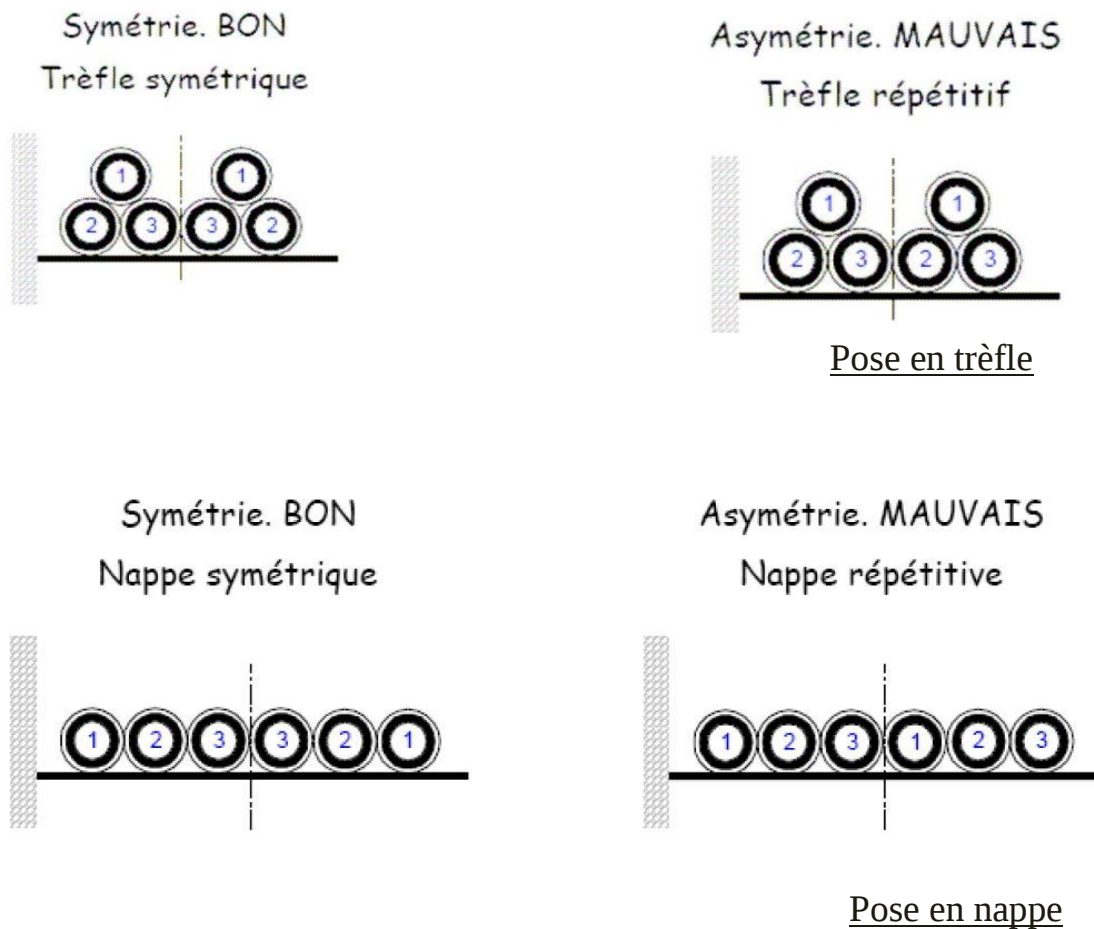


Figure 5 : Aperçu des différents types de poses

A section équivalente, la pose des trois phases en nappe permet de faire transiter plus de puissance que la pose en trèfle car cette dernière permet un moins bon refroidissement. Néanmoins, il faut creuser des tranchées plus larges (donc surcoût) mais moins profond pour poser les câbles en nappe.

3.1.3.2- Courant de court-circuit

Ce courant se déduit directement de la formule donnant la puissance de de court-circuit :

$$S_{cc} = \sqrt{3} U_{eff} I_{cc} \quad (3.5)$$

La puissance de court-circuit S_{cc} est fonction du réseau environnant la ligne étudiée, mais du point de vue dimensionnement, nous retenons souvent les valeurs du tableau 3.5 en fonction des principales tensions caractéristiques [4].

Tableau 6 : Puissances et courants de court-circuit

Tension phase/phase U [kV]	Puissance de court-circuit S_{cc} [MVA]	Courant de court-circuit I_{cc} [kA]
150	8000	30,8
70	2500	20,6
15	350	13,5
6	120	11,6

La tension efficace dans notre cas étant 15 kV alors d'après le tableau 3.5, nous avons :

$$S_{cc} = 350 \text{ MVA} \text{ et } I_{cc} = 13,5 \text{ kA}$$

Afin de trouver la section minimum permettant de supporter ce courant durant le temps t_{cc} , nous disposons de la formule suivant:

$$S = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t_{cc}}}{a} \quad (\forall t_{cc} < 5 \text{ sec})$$

Où a est un facteur dépendant du type de matériau constituant l'âme du câble, calculé dans le tableau 6, S la section du câble en mm^2 et t_{cc} la durée de passage du courant de court-circuit I_{cc} .

Tableau 7 : Courant de court-circuit : paramètre « a »

	Température initiale	Température finale	a
Conducteur en cuivre	90 °C	250 °C	137
Conducteur en Aluminium	90 °C	250 °C	90
Ecran en cuivre	80 °C	350 °C	169
Ecran en plomb	80 °C	240 °C	27

Les valeurs de 'a' sont les suivantes :

Câbles en cuivre a = 137

Câbles en aluminium a = 90

Le tableau 6 nous permet donc de tracer l'histogramme de la figure 6

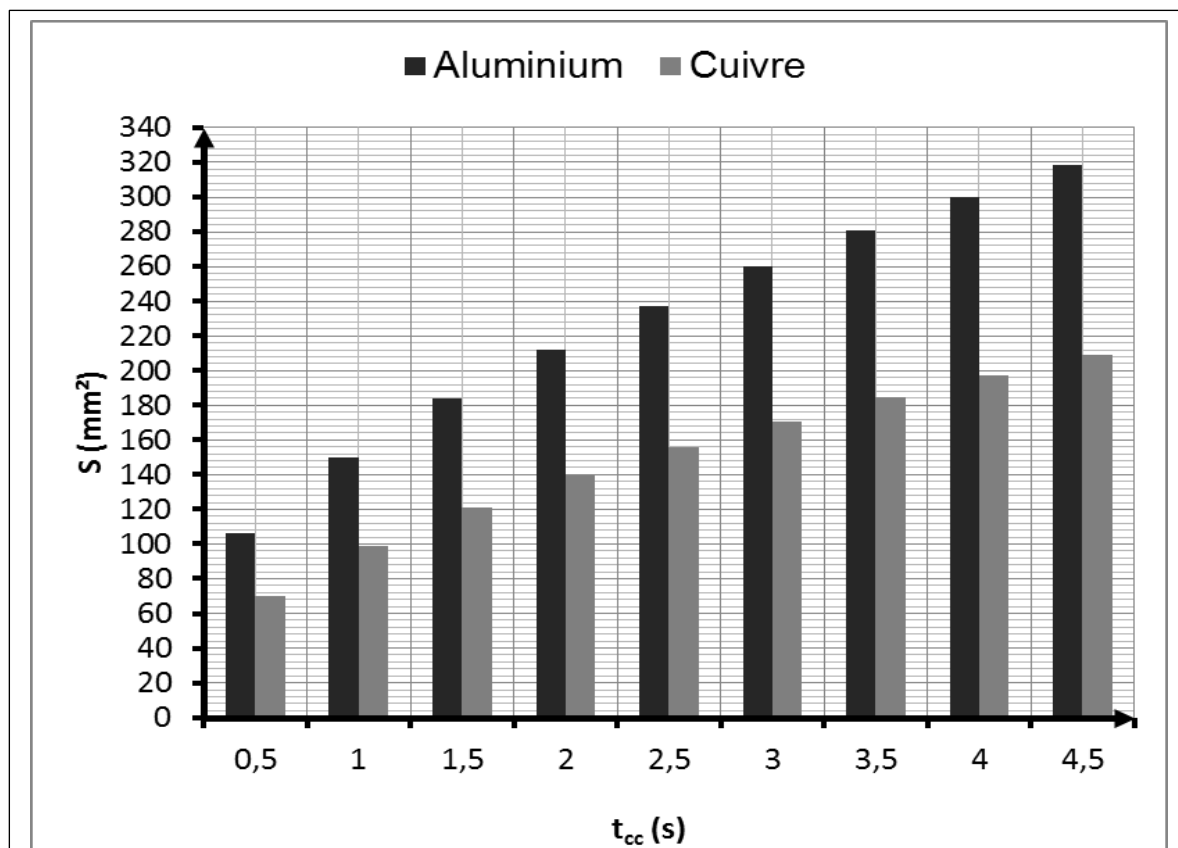


Figure 6 : Histogramme de l'évolution des sections en fonction du temps de court-circuit

D'après la figure 6, on remarque que la section du cuivre est inférieure à celle de l'aluminium quelques soit le temps de court-circuit. Donc à priori, nous pouvons dire que notre choix se porterait sur le cuivre mais il faut noter que le rapport prix des deux matériaux n'est pas le même que celui de la section comme nous pouvons le constater sur l'histogramme des coûts des sections à la figure 3.7.

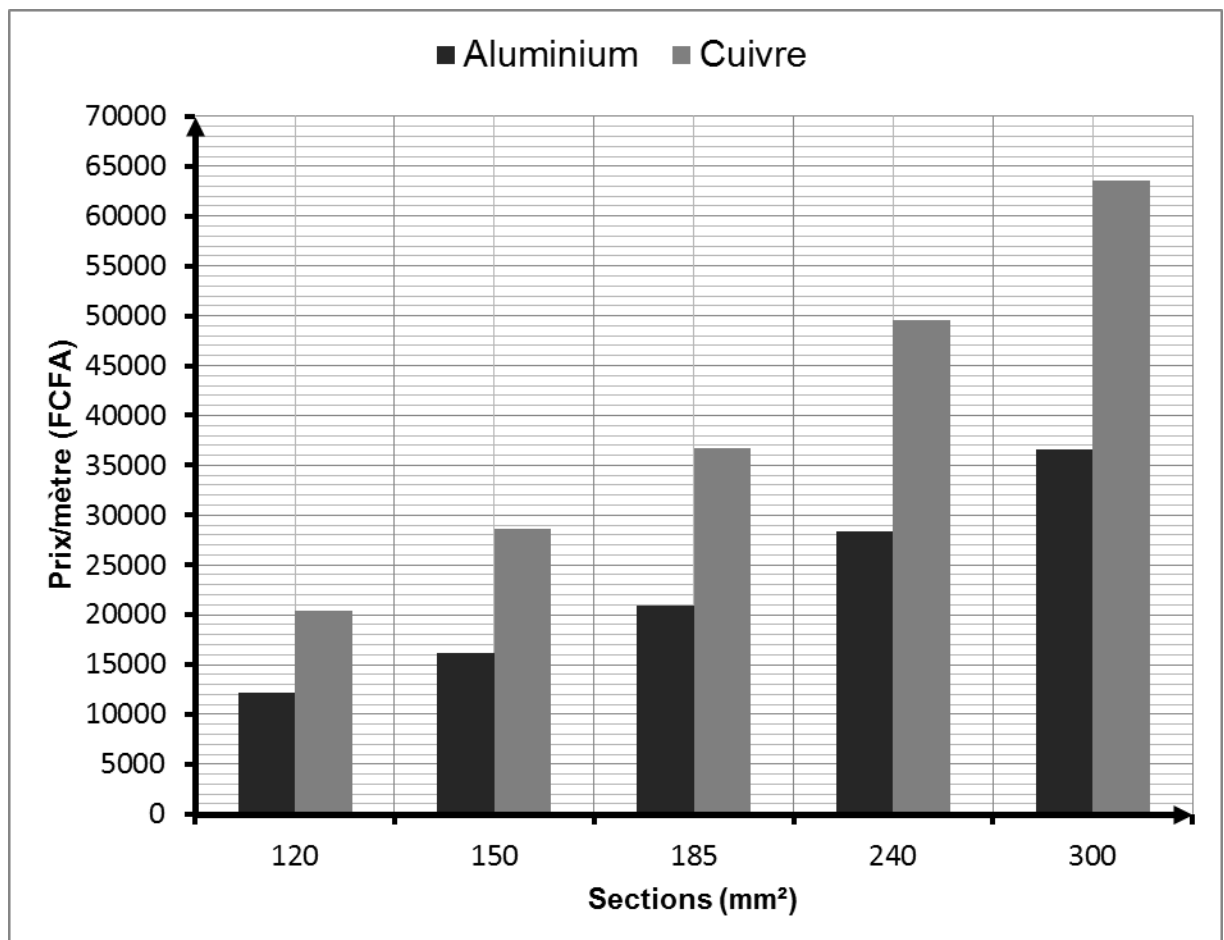


Figure 7 : Histogramme des coûts des sections

En effet, on observe une très grande différence entre les prix des deux types de câbles car le prix d'un câble en cuivre de 120 mm²/mètre (20 450 FCFA) est sensiblement égal à celui d'un câble en aluminium de 185 mm²/mètre (20 957 FCFA).

Nous pouvons donc déjà procéder à l'élimination du câble en cuivre car même le cuivre de 120 mm² ne peut supporter un de courant de court-circuit que pendant une seconde alors que son équivalent du point de vue coût peut supporter un courant de court-circuit jusqu'à 1,5 secondes.

Puisque le temps de court-circuit doit être inférieur à 5 secondes et qu'à partir de 4 secondes, il nous faut une section de 300 mm² ce qui revient aussi cher, nous optons donc pour un temps de court-circuit de 2,5 secondes qui équivaut à une section de 240 mm².

Donc à ce niveau, le câble en **aluminium** posé en **nappe** de section **240 mm²** représente la meilleure solution puisque son prix est acceptable et qu'il peut supporter un court-circuit pendant 2,5 secondes.

3.1.3.3- Chute de tension

Pour le cas des réseaux de distribution, les limites de fonctionnement sont données par le Tableau 8

Tableau 8 : Limites de fonctionnement du réseau de distribution

	Tension et fréquences nominales	Déviations maximales de tension autorisées	Marges de variations de fréquence autorisées
BT	$U_n=400V$ $f_n=50Hz$	+6% -10%	$\pm 0,05Hz$
HTA	$U_n=20kV$ $f_n=50Hz$	$\pm 5\%$	$\pm 0,05Hz$

Le calcul de la chute de tension se fera en utilisant le modèle d'une ligne courte puisque notre réseau s'étend sur une longueur d'environ **10,3 km**.

Nous assimilons donc le modèle à un conducteur électrique triphasé de longueur L alimentant une charge électrique. Le conducteur est caractérisé par sa résistance kilométrique r et sa réactance kilométrique x . La figure 3.11 représente le système triphasé considéré et la figure 3.12 son schéma équivalent monophasé. En effet, un système triphasé équilibré de tension composée U (entre phases) est équivalent à trois systèmes indépendants triphasés de tension V (phase - neutre).

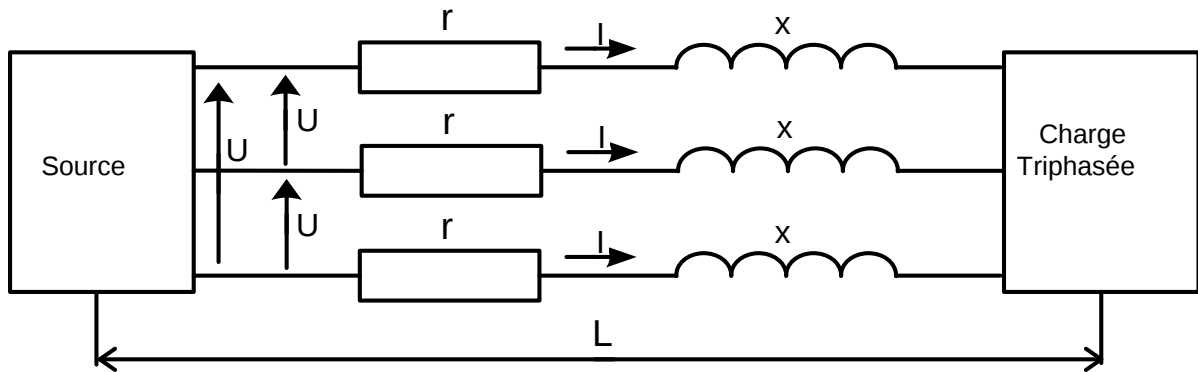


Figure 8 : Modélisation du système triphasé

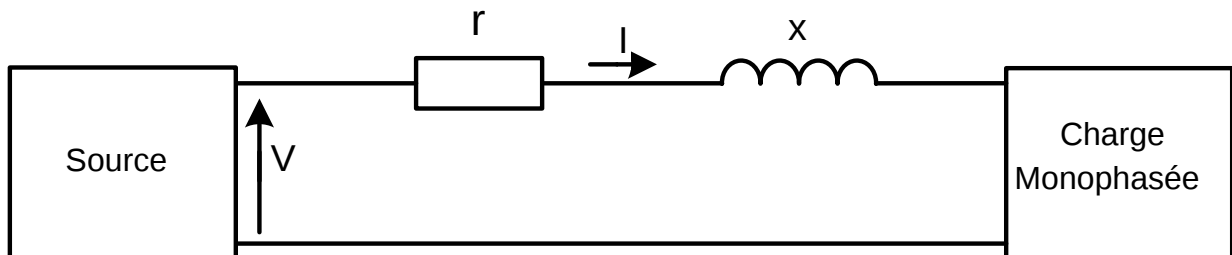


Figure 9 : Schéma équivalent en monophasé du système triphasé

3.2- Choix des équipements des postes

En général, les postes de transformation HTA/BT sont réalisés par un assemblage de cellules préfabriquées ayant chacune un rôle déterminé. (Confère annexe A.3.2.).

3.2-1. Choix du transformateur

Le choix du transformateur est surtout basé sur la puissance de ce dernier. En effet, on choisit le transformateur de puissance apparente S (kVA) normalisée immédiatement supérieure à la puissance apparente calculée. (Confère tableau 4)

3.2-2. Choix des cellules HTA

Sauf cas particuliers, les cellules HTA font partie de la gamme SM6, qui permet tout type d'extension ultérieure.

Les cellules de raccordement au réseau sont des cellules GAM, IM ou DDM selon le type de réseau. Les cellules de protection peuvent être des cellules QM ou DM1.

Les cellules sont raccordées électriquement entre elles par un jeu de barres préfabriqué à mettre en place sur le site en respectant les instructions de montage.

Les cellules sont raccordées aux câbles du réseau et du transformateur par le bas.

- Choix de la cellule protection

Deux types de cellules sont disponibles :

- DM1 : disjoncteur
- QM : combiné interrupteur-fusible avec percuteurs (pour donner l'ordre de déclenchement aux trois phases).

Cinq paramètres vont influencer sur le choix :

- La valeur du courant primaire
- Le diélectrique du transformateur
- L'installation du poste par rapport au local principal
- La puissance du transformateur
- La distance des cellules au transformateur

Le tableau ci-dessous présente les conditions de choix des cellules de protection.

Tableau 9 : Conditions de choix des cellules de protection

critères de choix type	cellule de protection	
	DM1	QM
courant côté HTA (I_N)		
$I_N \geq 45 \text{ A}$	■	
$I_N < 45 \text{ A}$	■	■ avec DGPT2
disponibilité de l'énergie		
optimisée (1)	■	
distance cellule- transfo (d)		
$d < 100\text{m}$	■	■
$d \geq 100\text{m}$	■ avec relais de protection Sepam homopolaire	■ avec relais de protection Sepam homopolaire

(1) L'utilisation d'une cellule disjoncteur DM1 réduit les temps d'intervention en cas de défaut (réenclenchement, pas de remplacement du fusible...).

A ce niveau tous les postes seront dotés des cellules IM et QM.

3.2-3. Choix du matériel BT

➤ Choix du disjoncteur BT

Le calibre du disjoncteur est défini compte tenu de l'intensité nominale du secondaire du transformateur.

Le pouvoir de coupure du disjoncteur est défini en fonction du courant de court-circuit au secondaire du transformateur.

Les tableaux 3.10 et 3.11 donnent, pour tous les types de transformateurs (sec ou immergé) et en fonction de la puissance normalisée du transformateur, l'intensité nominale au primaire, l'intensité nominale au secondaire (BT 410 V) ainsi que le courant de court-circuit au secondaire du transformateur calculé sous

la tension à vide. Ces tableaux sont valables pour les transformateurs dont la tension nominale primaire est de 15 ou 20 kV. Bien que variant de 4 à 6% selon les caractéristiques du transformateur, la tension de court-circuit U_{cc} est prise égale à 5% en première approximation [20].

Tableau 10 : Transformateur à diélectrique liquide (pour P_{cc} amont 500 MVA / BT 410V)

puissance (kVA)	160	250	400	630	800	1000	1250
intensité primaire (A)(20 kV)	4,6	7,2	11,5	18,2	23,1	28,9	36,1
intensité secondaire (A)(410 V)	225	352	563	887	1127	1408	1760
tension de court-circuit (U_{cc} %)	4	4	4	4	6	6	6
intensité de court-circuit (kA)	5,6	8,7	13,8	21,5	18,3	22,7	28,1

Tableau 11 : Transformateur sec type Trihal (pour P_{cc} amont 500 MVA / BT 410V)

puissance (kVA)	160	250	400	630	800	1000	1250
intensité primaire (A)(20 kV)	4,6	7,2	11,5	18,2	23,1	28,9	36,1
intensité secondaire (A)(410 V)	225	352	563	887	1127	1408	1760
tension de court-circuit (U_{cc} %)	6	6	6	6	6	6	6
intensité de court-circuit (kA)	3,7	5,8	9,3	14,5	18,3	22,7	28,1

3.2-4. Câbles BT entre transformateur et dispositif de sectionnement BT

Les câbles sont isolés au PRC et ont les sections présentées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Sections des câbles BT

puissance	I_{BT}	câbles
160 kVA	225 A	4 x 150 Cu
250 kVA	350 A	4 x 240 Alu
400 kVA	560 A	7 x 240 Alu
630 kVA	900 A	7 x 240 Cu
800 kVA	1120 A	14 x 240 Alu
1000 kVA	1400 A	14 x 240 Cu
1250 kVA	1750 A	14 x 240 Cu

3.3- Mise au point du système de bouclage

Pour optimiser la fourniture de l'énergie électrique et minimiser les temps d'interruptions (pour travaux sur les réseaux et en cas de défaillance), il nous revient de mettre au point un système de bouclage. Il s'agira donc dans cette partie non pas de construire un nouveau réseau, mais plutôt d'établir une liaison entre deux artères issues d'un même jeu de barres.

3.3-1. Définition et description

Le bouclage, est l'action d'interconnecter des départs d'un même réseau électrique c'est à dire établir une liaison entre deux artères issues d'un même jeu de barres. Elle se réalise entre deux départs bouclables.

En fonctionnement normale, la boucle est ouverte, et chaque réseau est alimenté depuis son départ ; ainsi, lors d'une défaillance sur l'une ou l'autre des réseaux, celle-ci est fermé et donc, un départ pourra alimenter l'autre. Elle permet une meilleure continuité de service et sa reprise de service est assez rapide en cas d'avaries du départ ou d'un tronçon du réseau. Il permet la réduction du temps de coupure et du nombre de clients coupés.

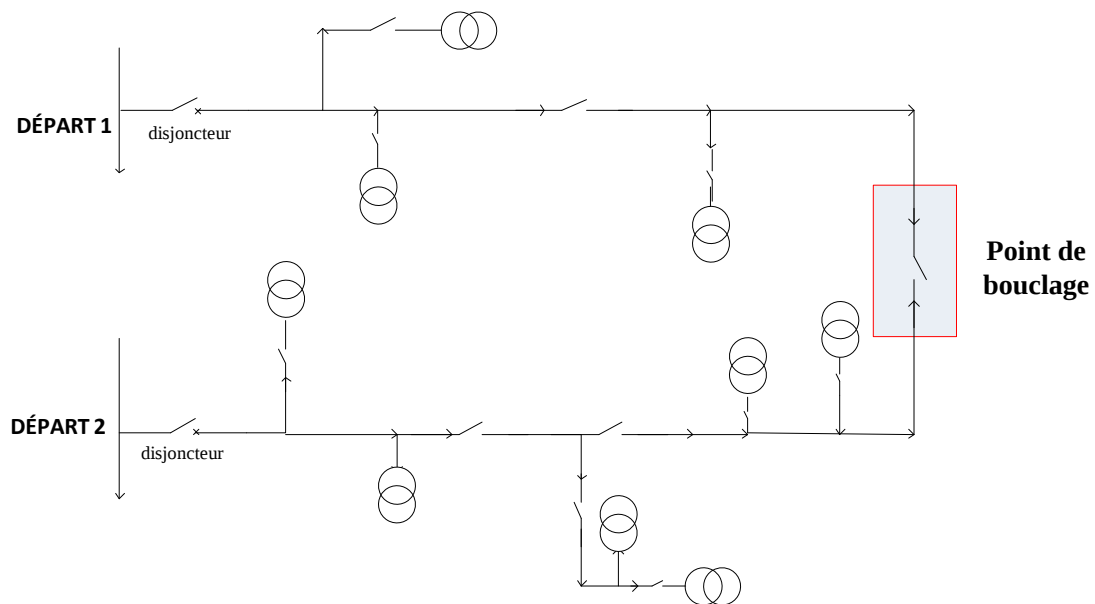


Figure 10 : Structure d'un réseau bouclé

3.3-2. Règles générales de mise au point du système de bouclage

La réalisation du bouclage de réseau doit répondre aux exigences suivantes :

- ✚ Fiabilité du bouclage : la fourniture en énergie électrique doit être sans interruption, c'est-à-dire l'obligation de continuité de service du distributeur doit conduire à l'adaptation d'une structure en boucle avec des garanties sérieuses de fiabilité.

- ✚ Commodité et simplicité : tout montage électrique doit être simple et pas encombrant. Sa mise en fonctionnement doit se faire avec le minimum possible de manipulations.

- ✚ Limiter les incidents de fonctionnement

- ✚ Isoler les zones défaillantes et réalimenter le reste du réseau.

- ✚ Critères économiques : le schéma de fonctionnement retenu doit être évalué et économiquement justifié.

Eventuellement il doit tenir compte d'une extension du réseau

3.3-3. Appareillage entrant dans le système du bouclage

L'installation d'un système de bouclage de réseau comprend généralement les principaux éléments suivants :

- Interrupteur
- Disjoncteur
- Conducteur

3.4- Etude et choix du type de bouclage et Impacts environnementaux

3.4-1. Choix du type de bouclage

Le bouclage vise certains objectifs, tels que secourir une sur laquelle il y a une défaillance ou un entretien (pour travaux de maintenance). De façon pratique, le bouclage ne peut être effectué sans toutefois tenir compte de certaines contraintes économiques (le cout de l'opération vue la distance séparant les deux artères principales à réunir ou selon la structure adoptée), et énergétique (l'intérêt qu'il y a, à boucler le réseau en tenant compte de la charge de chaque départ afin de pouvoir satisfaire jusqu'à l'abonné le plus reculé) pour un meilleur rendement lors de la défectuosité d'un départ.

Ainsi, en tenant compte de ces deux critères, nous proposons de boucler Pobè dont les études de passage en souterrain sont déjà faites.

Ce choix tient compte de certains facteurs, notamment :

- D'équilibre des charges sur les lignes

- D'alimentation en énergie d'un plus grand nombre lors d'une éventuelle panne sur le réseau
- Des caractères économiques de la réalisation de l'installation.

3.1.2- Impacts environnementaux

La définition des politiques et stratégies de développement durable au Bénin doit se faire en intégrant la composante environnementale.

Dans le cadre du plan de développement des réseaux de distribution de l'énergie électrique, la SBEE doit entreprendre des travaux de réhabilitation. Si cette réhabilitation du réseau contribue à améliorer de façon significative les services offerts aux populations, elle entraîne aussi des impacts négatifs sur l'environnement.

Au cours de la réalisation des travaux de passage en souterrain du réseau aérien côtier départ Cotonou 4, l'environnement physique subira diverses formes de dégradations et d'agressions liées aux :

- Modifications de la structure du sol dues aux travaux de fouilles, de terrassement et de bétonnage pour l'implantation des postes ;
- Destruction des microfaunes (vers de terre et autres qui sont responsables de la fertilisation et de l'aération du sol ;
- Dangers probables pour les habitants (fouilles à ciel ouvert, présence d'engins et d'appareils électriques, etc...).

Les mesures d'atténuation de ces impacts précités sont les suivantes :

- Mise en place des panneaux de signalisation des chantiers en cours ;

- Respect des normes de profondeurs de fouille et de pose de grillage avertisseur des tranchées des câbles souterrain ;
- Matérialisation des passages des câbles souterrains.

Néanmoins, il est à noter que les câbles souterrains sont soustraits aux surtensions d'origine atmosphérique, ne causent pas d'interférences avec les circuits de télécommunication et ne produisent aucune gêne pour les réceptions de radiodiffusion et télévision ;

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons eu à faire l'étude technique du réseau souterrain. Au cours de cette étude nous avons reconfiguré le réseau puis nous avons procédé au dimensionnement des câbles et au choix de quelques équipements des postes.

Car seul le passage en souterrain pourra mieux assurer la continuité en énergie électrique des clients et réduire au maximum les dégâts causés par les embruns marins. De même pour offrir de meilleure condition d'exploitation au réseau, Il va falloir penser à le boucler avec un autre réseau.

CHAPITRE 4 : SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans ce chapitre, nous proposons une série de suggestions et recommandations issues des constats réalisés lors de l'étude du réseau aérien départ Pobè à la sous-station d'Onigbolo. Ces recommandations visent à améliorer le rendement électrique, réduire les pertes techniques et garantir une meilleure qualité de service aux abonnés.

4.1- Recommandations Techniques

Les recommandations techniques constituent le cœur de cette étude car elles visent directement la performance du réseau.

- **Reconfiguration du réseau aérien** : L'énergie électrique, n'étant pas stockable à grande échelle, il faudrait donc chercher les voies et moyens de la distribuer aussitôt produit ; d'où, l'importance des réseaux électriques dont le but est de transporter et de distribuer l'énergie électrique. Cependant le réseau peut être soumis à des perturbations mettant les abonnés hors tension ; d'où la nécessité de boucler le réseau afin de lui offrir plus d'une possibilité d'alimentation pour pouvoir mieux servir les abonnés et réduire les pertes en énergie non distribuée.

Ainsi donc, nous proposons d'optimiser la topologie du réseau en privilégiant les boucles fermées avec des points d'ouverture stratégiques afin de faciliter l'alimentation de secours et l'isolation rapide des défauts. L'équilibrage des charges entre les différents départs permettra de réduire les surcharges et les pertes en ligne.

- **Renforcement des conducteurs** : Les sections de conducteurs doivent être vérifiées par rapport aux charges réelles. Les lignes vétustes ou sous-

dimensionnées doivent être remplacées par des conducteurs en alliage d'aluminium de section supérieure pour réduire les pertes ohmiques et les chutes de tension. L'augmentation de la section réduit également le risque d'échauffement et augmente la durée de vie du réseau.

- **Amélioration de la protection et de l'automatisation** : Installer des relais de protection intelligents et des reclosers automatiques afin de détecter, isoler et rétablir le réseau plus rapidement après un défaut. Il est recommandé d'installer des relais numériques communicants, des reclosers automatiques et de migrer progressivement vers un système SCADA pour la supervision à distance. Cela permet une localisation rapide des défauts, une réduction du temps d'interruption, une meilleure planification des manœuvres sur le réseau. Mise en place d'un plan de maintenance préventive.

- **Installation de postes de sectionnement supplémentaires** : Définir des points de sectionnement stratégiques pour mieux isoler les zones de panne et réduire les coupures lors des interventions de maintenance. Actuellement, le réseau manque de points de coupure permettant d'isoler rapidement les défauts. L'ajout de sectionneurs manuels et automatiques permet de réduire le temps moyen de coupure (SAIDI), d'isoler uniquement les zones affectées en cas de défaut, de faciliter les opérations de maintenance en réduisant la surface hors tension.

- **Plan de maintenance préventive** : Mettre en place un calendrier de contrôle périodique des isolateurs, conducteurs et équipements de protection afin de prévenir les défaillances avant qu'elles n'entraînent des interruptions

prolongées. Un calendrier de maintenance doit inclure des inspections visuelles régulières des isolateurs et autres équipements, l'utilisation de la thermographie infrarouge pour détecter les échauffements anormaux, le nettoyage systématique des isolateurs en saison humide pour éviter les amorçages, des tests d'isolement et de continuité annuels.

4.2- Recommandations Organisationnelles

Il est également nécessaire d'adopter des mesures organisationnelles afin d'accompagner les améliorations techniques.

- Renforcer la coordination entre les équipes de terrain et le dispatching pour réduire le temps de réaction lors des incidents.
- Mettre en place un système de gestion des données (SIG/SCADA) afin de cartographier et suivre en temps réel l'état du réseau.
- Organiser des sessions de formation continue pour le personnel technique afin de les familiariser avec les nouvelles techniques de reconfiguration, de maintenance et d'automatisation.

4.3- Recommandations Économiques

Les recommandations économiques visent à assurer la viabilité financière des solutions proposées.

- Réaliser une analyse coût-bénéfice avant toute reconfiguration afin d'évaluer la rentabilité des investissements.
- Planifier un échelonnement des projets de renforcement en fonction des disponibilités budgétaires.
- Rechercher des financements extérieurs par l'intermédiaire de l'État, des bailleurs internationaux et des partenariats public-privé.

4.4- Recommandations Sociales et Environnementales

L'implication des communautés locales et la protection de l'environnement sont essentielles à la réussite du projet.

- Sensibiliser les populations riveraines à l'importance de protéger les ouvrages électriques contre les actes de vandalisme.
- Procéder à un élagage raisonné et planifié des arbres à proximité des lignes afin de réduire les incidents liés à la végétation.
- Favoriser l'acceptabilité sociale des projets par des campagnes de communication et de concertation avec les acteurs locaux.

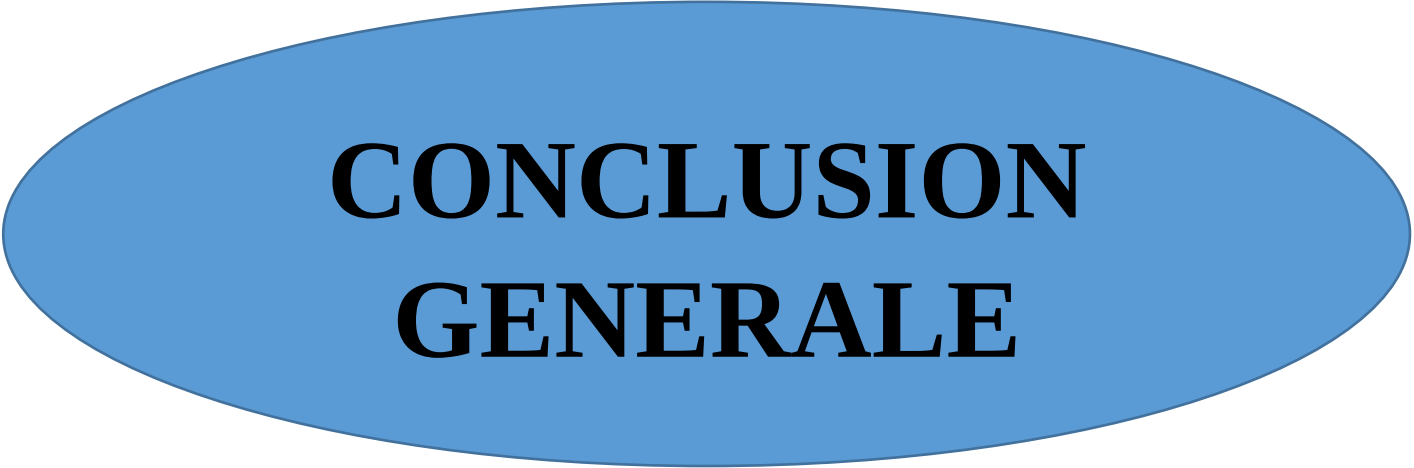
4.5- Perspectives de Développement

À moyen et long terme, il est envisageable d'intégrer progressivement des solutions innovantes pour assurer la pérennité du réseau.

- Développer l'intégration des énergies renouvelables, en particulier l'énergie solaire, pour diversifier les sources d'alimentation.
- Mettre en place un réseau intelligent (Smart Grid) afin d'optimiser la gestion de l'énergie et de réduire les pertes techniques.
- Étendre les bonnes pratiques de reconfiguration et de maintenance du départ Pobè aux autres départs de la région afin d'uniformiser le niveau de service sur l'ensemble du réseau.

Conclusion

Les recommandations formulées dans ce chapitre constituent des pistes concrètes pour améliorer significativement le rendement du réseau électrique étudié. Leur mise en œuvre, bien que progressive, permettra de réduire les pertes techniques, de renforcer la fiabilité de l'alimentation électrique et de satisfaire davantage les abonnés. La réussite de ces actions repose sur une synergie entre les acteurs techniques, financiers et institutionnels.



CONCLUSION GENERALE

Le système électrique de distribution de la ville de Pobè présente une structure radiale dont les seules sources sont les postes de transformation qui sont alimentées à leur tour par le système de transport de la CEB.

Il était question dans ce mémoire de faire l'étude technique du passage en souterrain du réseau aérien départ Pobè à la sous station Onigbolo et l'étude de son bouclage.

Pour mener donc à bien cette étude, nous avons dans un premier temps procédé à l'analyse du départ Pobè. De cette analyse, il ressort que le départ Pobè est en grande partie un réseau aérien et les clients desservis par ce dernier enregistrent plusieurs discontinuités dans la fourniture de l'énergie électrique. Ces discontinuités sont dues à la détérioration des câbles par corrosion, la création des points faibles, la pollution des isolateurs générés par l'embrun marin.

Dans un second temps, nous avons fait l'étude technique du passage en souterrain du réseau aérien. Cette étude qui aboutira à la reconfiguration du départ Pobè et au choix du matériel et d'autres équipements tels que les transformateurs, les disjoncteurs, les câbles, etc.

Puis nous sommes passé à l'étude du bouclage du réseau de Pobè.

Ce système permettra la diminution de la vulnérabilité aux indisponibilités (coupures), la réduction du nombre d'abonnés coupés lors d'une défaillance (en réalimentant un départ avarié), une plus grande souplesse d'adaptation puis surtout une amélioration considérable du degré de continuité en termes de fourniture de l'énergie électrique.

Toutefois, la véritable amélioration sera atteinte lorsque tous les réseaux de la SBEE seront bouclés entre eux et passeront de la technique aérienne à la technique

souterraine puisque cette dernière assure non seulement une sécurité optimale mais aussi reste très fiable quant à la continuité de l'énergie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **Architectures des réseaux de distribution du futur en présence de production décentralisée.** Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut Polytechnique de Grenoble. Marie-Cécile ALVAREZ-HÉRAULT et Nouredine HADJSAID, 10 décembre 2009.
- 2- **Rénovation et renforcement des réseaux de Cotonou, Porto-Novo, Calavi et Lokossa.** Avant-Projet Simplifié. Direction des Etudes et de la Planification de la SBEE, 2011.
- 3- **Transport et distribution de l'énergie électrique.** Manuel de travaux pratiques destiné au cours. Professeur Jean-Louis LILIEN, année académique 1999/2000.
- 4- **« Contribution à la conduite optimale du réseau HTA par les méthodes de planification » Application au réseau HTA du départ de Fidjrossè (SBEE).** HOUNNOU A. Hypolyte J. et NASSARA Luc, 2010.
- 5- **Contrôle de tension auto adaptatif pour des productions décentralisées d'énergies connectées au réseau électrique de distribution.** Thèse pour obtenir le grade de Docteur l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Guillaume RAMI et Nouredine HADJSAID, 09 Novembre 2006,
- 6- **Etude technico-économique du passage en souterrain du réseau aérien côtier départ Cotonou 4 de la centrale thermique d'Akpakpa.** Mémoire pour obtention du diplôme d'ingénieur de conception à l'Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi. Jeannot Sèmako DJIDOHOKPIN, 2013,
- 7- **Détection et localisation de défauts dans les réseaux de distribution HTA en présence de génération d'énergie dissipée.** Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Duc PHAM et Jean-Pierre ROGNON / Bertrand RAISON, 19 septembre 2005,
- 8- **Notes de service N°180/12/SBEE/DPME/SP portant renseignement statistique des mouvements d'énergie électrique de Janvier 2012 à Juin 2013.**

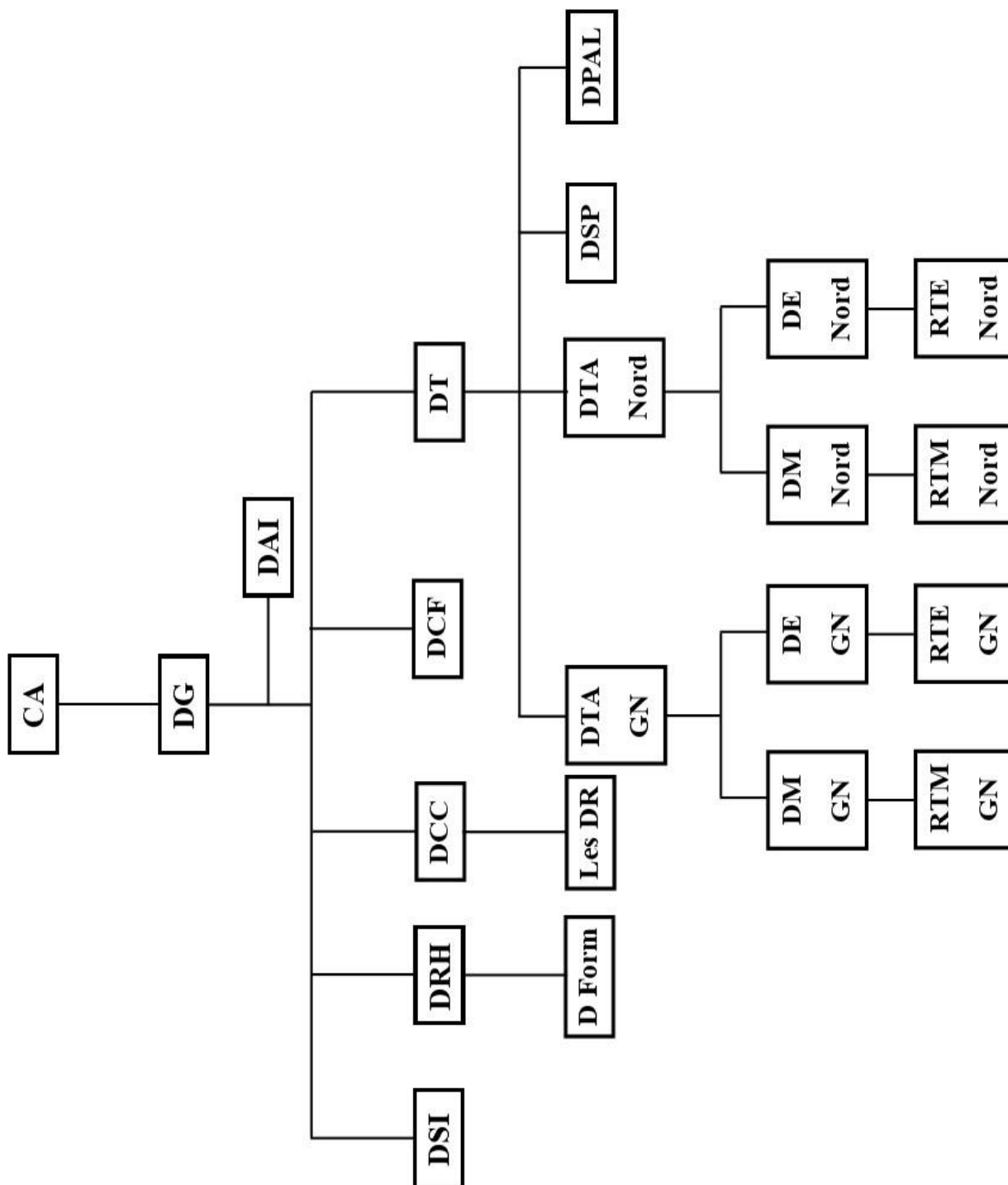
- 9- **Actualisation des schémas de réseaux électriques HTA. Cas : Littoral et Atlantique.** SBEE/DEP/SE, juin 2006.
- 10- **Fiche de relevé des charges.** SBEE/Agence de Pobè.
- 11- **Registre de journal des incidents.** SBEE/Agence de Pobè.
- 12- **Présentation de la Direction de la Production et des Mouvements d'Energie (DPME)** du 26-04-2012.

Sites Web

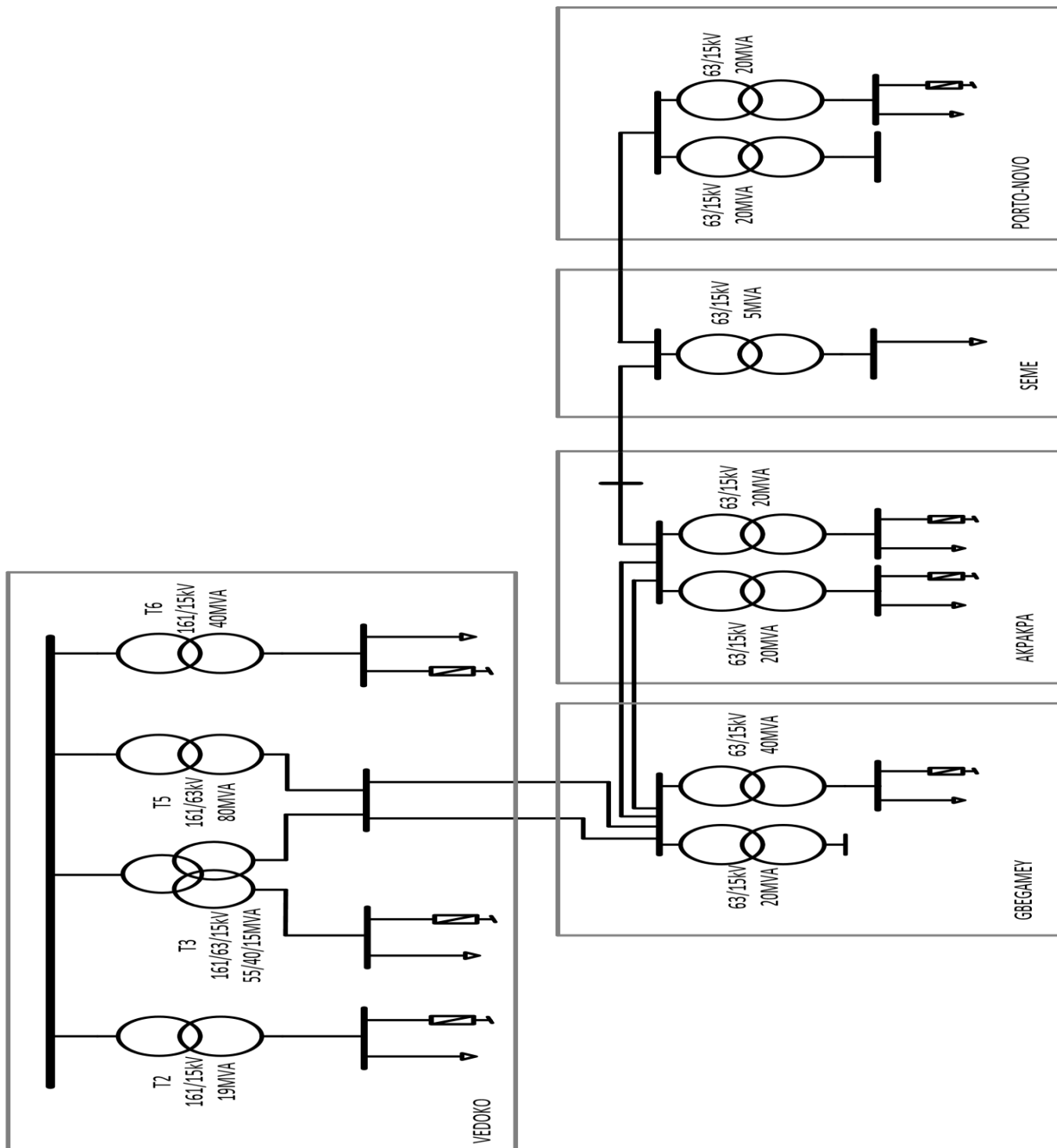
- 13- **www.wikipedia.org**
- 14- **www.eprints2.insa-strasbourg.fr**
- 15- **www.electrotech1el2.blogspot.com**
- 16- **www.intersections.schneider-electric.fr**

ANNEXES

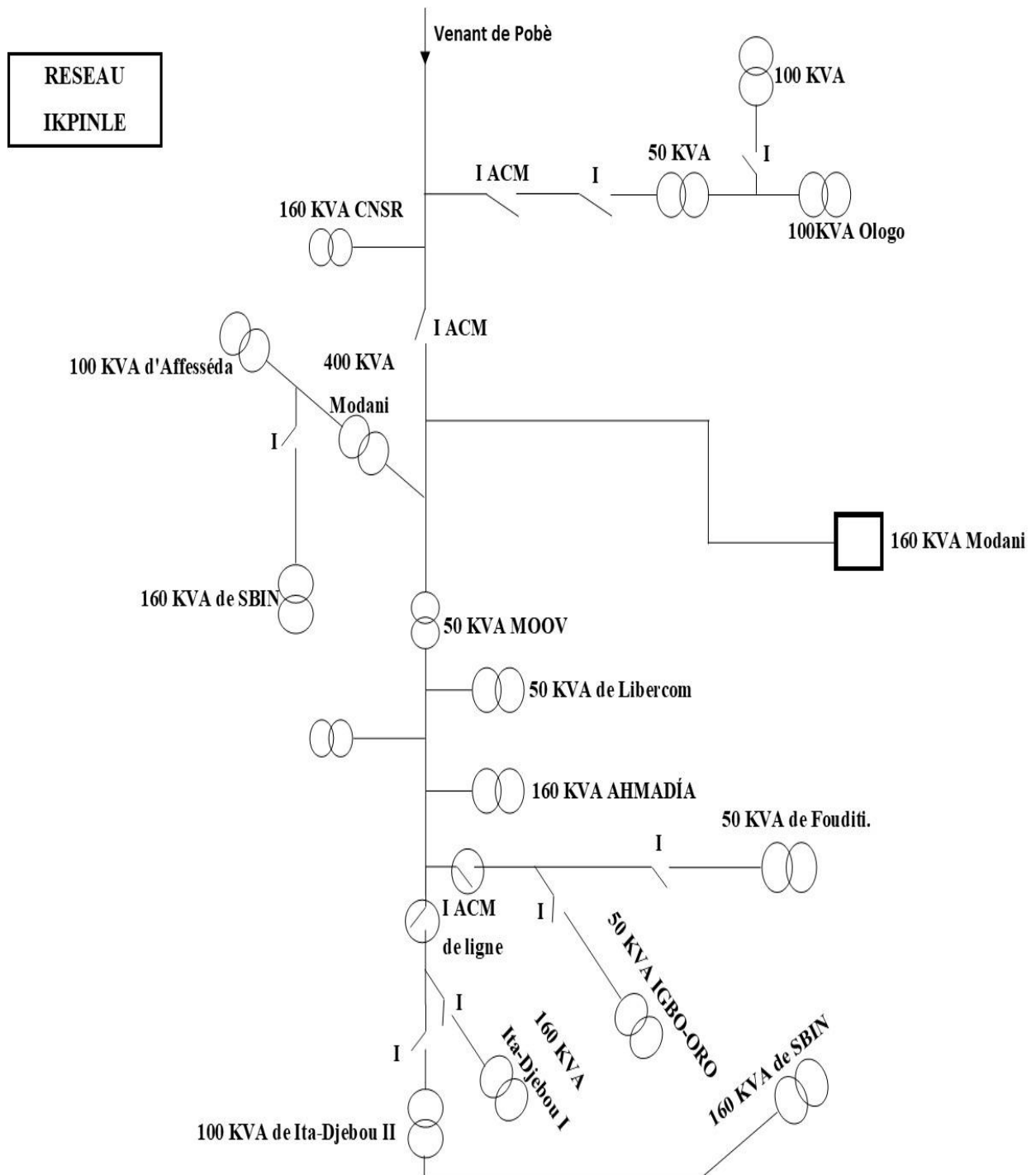
Annexe 1 : Organigramme de la Société béninoise d'Energie Electrique (SBEE)



Annexe 2 : Système électrique HTB de la SBEE



Annexe 3 : Schéma unifilaire du poste source de Ikpinlè



Annexe 4 : Paramètres des câbles électriques

R [Ω /km]

Section du conducteur [mm ²]	Résistance DC à 20°C		Résistance AC 50 Hz à 90°C	
	Cuivre	Aluminium	Cuivre trèfle	Aluminium trèfle
25	0,727	1,20	0,927	1,539
35	0,524	0,868	0,668	1,113
50	0,387	0,641	0,494	0,822
70	0,268	0,443	0,342	0,568
95	0,193	0,320	0,247	0,411
120	0,153	0,253	0,196	0,325
150	0,124	0,206	0,159	0,265
185	0,0991	0,164	0,128	0,211
240	0,0754	0,125	0,0980	0,161
300	0,0601	0,100	0,0790	0,130
400	0,0470	0,0778	0,0632	0,102
500	0,0366	0,0605	0,0509	0,0802
630	0,0283	0,0469	0,0412	0,0635
800	0,0221	0,0367	0,0343	0,0513
1000		0,0291		0,0427
1200		0,0247		0,0377
1400		0,0212		0,0340

C [μ F/km]

Section du conducteur [mm ²]	U ₀ = 6 U = 10 U _{max} = [kV]	8,7 15 [kV]	12 20 [kV]	18 30 [kV]	36 - 40,5 [kV]	64 123 [kV]	76 145 [kV]	87 170 [kV]
25	0,204	0,169						
35	0,222	0,183	0,161					
50	0,252	0,206	0,180	0,141				
70	0,281	0,229	0,199	0,155				
95	0,317	0,256	0,222	0,171	0,139	0,092	0,077	
120	0,340	0,275	0,237	0,182	0,147	0,099	0,084	
150	0,371	0,299	0,257	0,196	0,158	0,111	0,093	
185	0,397	0,318	0,273	0,207	0,166	0,120	0,101	0,083
240	0,461	0,368	0,314	0,236	0,188	0,136	0,120	0,105
300	0,494	0,393	0,335	0,251	0,199	0,143	0,129	0,114
400	0,569	0,451	0,383	0,285	0,224	0,159	0,148	0,134
500	0,624	0,493	0,417	0,309	0,242	0,170	0,159	0,147
630	0,715	0,562	0,475	0,349	0,266	0,185	0,172	0,162
800	0,765	0,601	0,507	0,371	0,292	0,202	0,187	0,184
1000	0,848	0,665	0,559	0,408	0,315	0,216	0,201	0,197
1200	0,908	0,711	0,597	0,435	0,335	0,229	0,212	0,208
1400	0,964	0,754	0,633	0,459	0,353	0,240	0,222	0,213

**CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DU RENDEMENT ELECTRIQUE DU RESEAU POBE PAR SA
RECONFIGURATION : Cas du réseau aérien départ Pobè à la sous station d'Onigholo**

L [mH/km]

Trèfle

Section du conducteur [mm ²]	U ₀ = 6 U = 10 U _{max} = [kV]	8,7 15 [kV]	12 20 [kV]	18 30 [kV]	36 - 40,5 82,5 [kV]	64 123 [kV]	76 145 [kV]	87 170 [kV]
25	0,464	0,482						
35	0,443	0,460	0,475					
50	0,414	0,430	0,444	0,477				
70	0,391	0,407	0,420	0,452				
95	0,370	0,385	0,399	0,429	0,473	0,558	0,609	
120	0,359	0,375	0,286	0,415	0,458	0,533	0,578	
150	0,345	0,360	0,373	0,399	0,442	0,502	0,544	
185	0,337	0,351	0,362	0,389	0,429	0,482	0,520	0,555
240	0,319	0,331	0,342	0,367	0,404	0,452	0,474	0,504
300	0,311	0,324	0,334	0,358	0,394	0,440	0,457	0,482
400	0,297	0,308	0,318	0,340	0,373	0,416	0,427	0,444
500	0,289	0,300	0,309	0,328	0,361	0,402	0,413	0,425
630	0,288	0,297	0,305	0,324	0,357	0,396	0,406	0,415
800	0,285	0,293	0,301	0,318	0,343	0,380	0,389	0,392
1000	0,276	0,284	0,291	0,307	0,332	0,368	0,377	0,379
1200	0,275	0,282	0,289	0,304	0,325	0,359	0,368	0,370
1400	0,271	0,278	0,284	0,298	0,319	0,352	0,360	0,362

Nappe

Section du conducteur [mm ²]	U ₀ = 6 U = 10 U _{max} = [kV]	8,7 15 [kV]	12 20 [kV]	18 30 [kV]	36 - 40,5 82,5 [kV]	64 123 [kV]	76 145 [kV]	87 170 [kV]
25	0,740	0,745						
35	0,714	0,718	0,723					
50	0,678	0,682	0,686	0,696				
70	0,646	0,651	0,655	0,665				
95	0,616	0,621	0,625	0,635	0,652	0,691	0,719	
120	0,599	0,604	0,608	0,618	0,634	0,669	0,693	
150	0,579	0,583	0,588	0,597	0,614	0,642	0,664	
185	0,564	0,569	0,573	0,583	0,599	0,623	0,643	0,662
240	0,533	0,537	0,541	0,551	0,566	0,589	0,601	0,617
300	0,519	0,523	0,527	0,537	0,552	0,574	0,583	0,597
400	0,492	0,496	0,500	0,509	0,524	0,545	0,551	0,561
500	0,476	0,480	0,484	0,492	0,507	0,528	0,533	0,540
630	0,462	0,466	0,469	0,478	0,497	0,517	0,523	0,528
800	0,452	0,455	0,459	0,467	0,477	0,497	0,502	0,504
1000	0,434	0,438	0,441	0,449	0,462	0,481	0,486	0,487
1200	0,425	0,428	0,432	0,439	0,450	0,469	0,474	0,475
1400	0,416	0,419	0,422	0,430	0,411	0,459	0,464	0,465

A.3.2. Structure d'un poste de transformation HTA/BTA

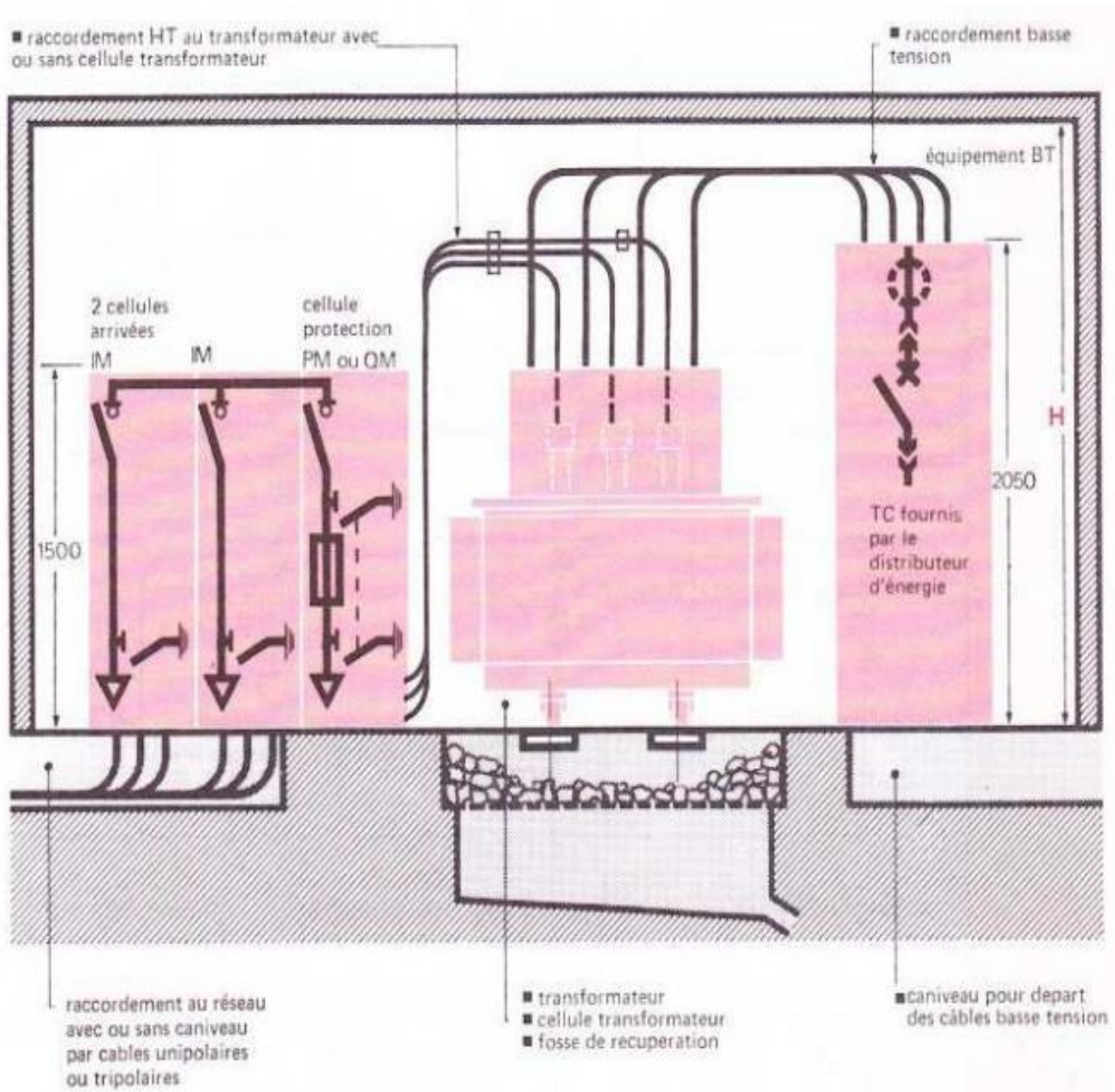


TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	2
Je dédie ce mémoire à :	2
REMERCIEMENTS.....	3
ACRONYMES ET ABREVIATIONS	4
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES FIGURES.....	7
SOMMAIRE	8
RESUME.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUCTION.....	11
OBJECTIFS.....	12
Objectif général	12
Objectifs spécifiques	12
Méthodologie	12
Moyens matériels.....	13
Résultats attendus :	13
Indicateurs :	13
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU CADRE DE STAGE.....	15
1-1- Présentation de la Société béninoise d'Energie Electrique (SBEE).....	15
1-1-1- Historique	15
1-1-2- Mission de la SBEE	15
1-1-3- Structure organisationnelle.....	16
1.2- Historique et présentation de la SBEE/Pobè	16
CHAPITRE 2 : ORGANISATION DU RESEAU AERIEN DU DEPART POBE	20
Introduction	20
2.1- Description du poste source d'ONIGBOLO	20
2.2- Présentation du réseau électrique HTA/BT de Pobè	21
2.3- Description sommaire du départ Pobè	22
2.3.1- Problèmes liés au réseau aérien du départ POBE	22
2.3.2- Evaluation du coût des pertes dues aux déclenchements	26
INTRODUCTION	30

CHAPITRE 3 :	30
ETUDE TECHNIQUE ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	30
3.1- Etudes techniques de la réalisation du réseau en souterrain	30
3.1.1- Reconstitution des postes H61 en postes H59	33
3.1.2- Reconfiguration du départ Pobè	35
Figure 4 : Schéma unifilaire de la nouvelle configuration du départ Pobè	38
3.1.3- Dimensionnement des câbles	39
3.1.3.1- Courant nominal	39
Prévision des charges	40
Pose du câble :	41
3.1.3.2- Courant de court-circuit	43
3.1.3.3- Chute de tension	47
3.2- Choix des équipements des postes	48
3.2-1. Choix du transformateur	49
3.2-2. Choix des cellules HTA	49
3.2-3. Choix du matériel BT	50
3.2-4. Câbles BT entre transformateur et dispositif de sectionnement BT	51
3.3- Mise au point du système de bouclage	52
3.3-1. Définition et description	52
3.3-2. Règles générales de mise au point du système de bouclage	53
3.3-3. Appareillage entrant dans le système du bouclage	54
3.4- Etude et choix du type de bouclage et Impacts environnementaux	54
3.4-1. Choix du type de bouclage	54
3.1.2- Impacts environnementaux	55
CHAPITRE 4 : SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS	57
4.1- Recommandations Techniques	58
4.2- Recommandations Organisationnelles	60
4.3- Recommandations Économiques	60
4.4- Recommandations Sociales et Environnementales	61
4.5- Perspectives de Développement	61
CONCLUSION GENERALE	63
REFERENCES	66
BIBLIOGRAPHIQUES	66

ANNEXES.....	69
TABLE DES MATIERES	76