



**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE
HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE LA
DESSERTE ÉLECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE
SAABA.**

**DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER EN GÉNIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 25/01/2024 par

Aimée Christelle MOYAM (n° 20180783)

Encadrant 2iE : **Dr. ABOUBAKAR GOMNA, Enseignant chercheur au département
Génie Electrique et Energétique de 2iE**

Maître de stage : **Mahamadou SAWADOGO, chargé d'études réseaux à la SONABEL**

Structure d'accueil : **SONABEL**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Marie SAWADOGO

Membres et correcteurs : Dr. Moussa SORO
Ing. Delbon NTUMBA

DEDICACES

A

Tous ceux qui me témoignent de l'amour tous les jours !

CITATION

« Chaque pas mène vers un résultat escompté ; l'espoir se mesure au degré de combativité »

Fatou DIOME

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde gratitude au Père Celeste, le Maître du temps et des circonstances.

Nous tenons à remercier l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), en particulier l'ensemble de son corps enseignant pour son dévouement à la transmission des connaissances.

Nous remercions le **Dr. Aboubakar GOMNA**, notre encadrant académique pour sa disponibilité, ses orientations et sa rigueur qui nous a été d'une aide dans la rédaction de ce mémoire.

Nos remerciements vont également à l'ensemble du personnel du Département Etudes et Travaux de Distribution (DETD), en particulier à **Mr Mahamadou SAWADO**, notre maître de stage pour ses orientations et son encadrement durant le stage.

Nous exprimons notre reconnaissance à **Mr Emmanuel DENTOUNDA** pour sa recommandation au sein de la SONABEL.

Nous sommes reconnaissants envers nos parents sans qui ce parcours n'aurait été possible ;
Nous remercions également l'Etat Tchadien pour cette bourse qui nous a permis d'intégrer cet institut prestigieux.

Enfin nous exprimons notre gratitude à nos camarades et amis pour cette fraternité dont ils font preuve tous les jours.

RESUME

Dans l'optique de soutenir le développement, exploiter toutes ses sources de production et redorer son image, la SONABEL a initié des projets de création de départs dans plusieurs sites dont Saaba. Ces projets visent à renforcer l'offre et à mailler le réseau national pour assurer la continuité des services. C'est dans ce cadre que l'étude de la création du départ 23BIS-Ouaga-Est nous a été confiée.

Notre travail a porté sur le dimensionnement d'une ligne aérienne HTA 33 kV pour le renforcement de la desserte électrique dans la commune de Saaba. Pour ce faire, nous avons réalisé le dimensionnement électrique suivi du dimensionnement mécanique grâce au logiciel Camélia ensuite nous avons modélisé la ligne sur le logiciel Neplan et enfin nous avons estimé le coût total du projet.

Les résultats techniques révèlent que notre ligne de 7,485 km de longueur et 148mm² de section en Almélec compte 14 cantons, composés de 156 supports en béton de 12 m et 13 m avec des armements en Bras Incliné Suspendu et des Nappes horizontales. Cette ligne se boucle au poste 498 avec la ligne issue du poste source de la Patte d'oie.

De plus, l'estimation du cout de la construction de la ligne est **198 516 960 FCFA** et le coût de la recommandation s'élève à **283 650 000 FCFA**.

Mots Clés

- 1 - Camélia**
- 2 -Ligne aérienne HTA 33kV**
- 3 – Néplan**
- 4 - Saaba**
- 5 - SONABEL**

ABSTRACT

In order to support development, exploit all its sources of production and restore its image, SONABEL has initiated departures to create departures in several sites including Saaba. These projects aim to strengthen the offer and marker the national network to ensure continuity of service. It is in this context that the study of the creation of the 23bis-Ouaga-East departure was entrusted to us.

Our work focused on the sizing of an HTA 33KV airline for the strengthening of electric service in the commune of Saaba. To do this, we carried out the electrical dimensioning followed by the mechanical dimensioning thanks to the Camélia software then we modeled the line on the Neplan software and finally we estimated the total cost of the project.

The technical results reveal that our line of 7.485km in length and 148mm² of section in Almelec has 14 cantons, composed of 156 concrete supports of 12 m and 13 m with armed with suspended inclined arm and horizontal tablecloths. This line curls in post 498 with the line from the source of Patte d'oie.

In addition, the estimated cost of constructing the line is **198,516,960 FCFA** and the recommendation amounts to **283,650,000 FCFA**.

Key words:

-
- 1 - Camelia
 - 2 - 33kV HTA overhead line
 - 3 – Neplan
 - 4 - Saaba
 - 5 – SONABEL

LISTE DES ABREVIATIONS

A : Ampère

BIS : Bras Incliné Suspendu

daN : décaNewton

HTA : Haute Tension catégorie A

IACM : Interrupteur Aérien à Commande Manuelle

kA: kilo Ampère

km: Kilo mètre

kV: kilo Volt

MW: Méga Watt

m: mètre

MVA: Méga Volt-Ampère

MVAr : Méga Volt-Ampère réactif

NV : Nappe Voûte

NAX et NAY : Nappe horizontale de diagramme d'armement X et Y

SONABEL : Société Nationale d'Electricité du Burkina Faso

V : Volt

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

SOMMAIRE

<i>Dédicaces</i>	<i>ii</i>
<i>CITATION</i>	<i>iii</i>
<i>Remerciements</i>	<i>iv</i>
<i>Résumé</i>	<i>v</i>
<i>liste des abréviations</i>	<i>vii</i>
<i>Liste des tableaux</i>	2
<i>Liste des figures</i>	3
<i>Introduction</i>	4
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DU PROJET	5
I.1. Présentation de la structure d'accueil.....	5
I.2. Cadre d'étude	7
I.3. Méthode de travail.....	8
I.4. Matériels.....	9
II. CONCEPTION D'UN DEPART HTA	10
II.1. Constitution d'un réseau de distribution HTA	10
II.2. Constitution d'un poste de bouclage	17
II.3. Le type de réseau HTA retenu pour le projet	17
III. DIMENSIONNEMENT	17
III.1. Dimensionnement électrique.....	17
III.2. Dimensionnement mécanique de la ligne.....	28
IV. SIMULATION DU DEPART 23bis ouaga-Est	31
IV.1. Simulation à la 1 ^{ère} année (2023).....	32
IV.2. Simulation à la 10 ^{ème} année	33
V. COUT DU PROJET	36
<i>Conclusion</i>	38
<i>Bibliographie</i>	39
<i>Annexes</i>	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Evolution de la puissance sur le départ D26	18
Tableau 2 : Valeurs du coefficient K en fonction du type de câble	20
Tableau 3:Calcul de Iz.....	20
Tableau 4:Scc en fonction de la tension entre phases	21
Tableau 5:Coefficient a en fonction de la nature du câble.....	24
Tableau 6:Récapitulatif des résultats.....	25
Tableau 7 :Caractéristiques d'une cellule départ en fonction du niveau de tension[9].....	26
Tableau 8:Données électriques des cellules disjoncteurs de la marque SIEMENS.....	26
Tableau 9 : Caractéristiques des bibliothèques	28
Tableau 10: Données renseignées dans le logiciel	29
Tableau 11:Récapitulatif des supports	30
Tableau 12:Récapitulatif des armements	30
Tableau 13:Récapitulatif des cantons.....	31
Tableau 14: Récapitulatif des résultats du réseau en 2023.....	32
Tableau 15:Récapitulatif des pertes de la ligne et des transformateurs en 2023.....	32
Tableau 16 : Récapitulatif des résultats du réseau à la 10 ^{ème} année.....	33
Tableau 17 : Récapitulatif des pertes de la ligne et des transformateurs à la 10 ^{ème} année.....	34
Tableau 18:Extrait des résultats de dimensionnement	35
Tableau 19 : Récapitulatif des résultats du réseau à la 10 ^{ème} année après le passage des transformateurs aux puissances immédiatement supérieures.....	35
Tableau 20: Récapitulatif des pertes de la ligne et des transformateurs après le changement des transformateurs.....	36
Tableau 21 : Dévis estimatif.....	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Cadre d'étude	7
Figure 2: Illustration d'un réseau unifilaire sur Neplan.....	9
Figure 3: Constitution d'un réseau de distribution HTA [3].....	10
Figure 4: Réseau HTA arborescent[5]	11
Figure 5 : Illustration des fonctions de supports	12
Figure 6 : a) Armement en Nappe voûte ; b) Armement en triangle(alterné); c) Armement en drapeau	13
Figure 7 : a) Isolateur en verre recuit ; b) Isolateur en composite ; c) Isolateur céramique ; d) Isolateur en verre trempé.....	14
Figure 8: Support avec un armement en Nappe voûte	15
Figure 9: a) Flèche et porté ; b) Paramètre.....	16
Figure 11 : Tracé optimal de la ligne	29
Figure 12 : Puissance transitée à la simulation de la 1ère année.....	32
Figure 13 : Illustration de la puissance transitée par la source à la 10 ^{ème} année	33
Figure 14: Illustration d'un nœud BT en chute de tension	34
Figure 15 : Illustration des résultats de puissance transitée à la 10 ^{ème} année après changement des transformateurs	36

INTRODUCTION

L'électricité joue un rôle essentiel dans notre vie quotidienne, sa disponibilité crée un environnement propice au développement socio-économique d'une zone donnée.

La SONABEL (Société Nationale d'Électricité du Burkina Faso) est la société qui assure la production, le transport et la distribution sur l'étendue du territoire national.

Dans le but de soutenir le développement, exploiter toutes ses sources de production et redorer son image, la SONABEL par le biais de sa Direction de Distribution (DD), le Centre Régional de la Consommation de Ouagadougou (CRCO) et du Service conduite Réseau (SCR) a initié des projets de création de départs. Ces projets visent à renforcer l'offre et à mailler le réseau national pour assurer la continuité de service. L'un des sites du projet est la commune de Saaba qui, fait face à des interruptions d'énergie électrique depuis quelques années.

En effet, de 2006 à 2019, la population résidente de la commune de Saaba est passée de 50885 à 285081 habitants selon le dernier recensement de 2019[1]. Cette hausse implique une augmentation du nombre d'abonnés sur la ligne. Alimentée parallèlement à la commune de Loumbila depuis 2019 par le départ 26 en 15kV, Saaba fait face depuis quelques années à de nombreuses interruptions et une chute de tension permanente.

De ce faire, en 2022 la structure du réseau de distribution de la commune a subi des modifications en raison d'une restructuration. Cette restructuration a consisté à décharger le départ 26 d'une partie de ses charges pour les répartir sur les départs 23 et Borgo. Cependant, cette solution n'est que provisoire car les départs 23 et Borgo sont destinés initialement à alimenter d'autres zones.

Les deux projets mis en place pour Saaba sont les études des départs 23BIS-Patte d'oie et 23BIS-Ouaga Est. Le départ 23Bis-Ouaga Est qui fait présentement l'objet de notre étude, est un départ secours au départ 23Bis-Patte d'oie dont l'étude a déjà été réalisée [2]. Les deux départs se bouclent au poste 498 sis à Saaba.

L'objectif principal du travail est de proposer une étude qui permettra à la SONABEL de sécuriser la fourniture de l'énergie électrique dans la zone de Saaba.

Pour mener à bien ce travail, nous avons dans un premier temps fait la conception de la ligne. Nous avons par la suite dimensionné la ligne et proposé un coût de l'infrastructure à réaliser.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DU PROJET

I.1. Présentation de la structure d'accueil

I.1.1. Historique de la SONABEL

Initialement créée sous le nom de **AOF Energie** en **1954** la Société Nationale d'Électricité du Burkina (**SONABEL**) est une entreprise burkinabé qui œuvre dans la fourniture de l'énergie électrique sur le territoire national. Détenue en 1960 par Caisse Centrale de la Coopération Economique (**CCCE**) et des quelques actionnaires publics et privés, elle change de dénomination et passe au **SAFELEC**, devenue **VOLTELEC** en **1968** puis **EPIC** (Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial) en 1976 avec le monopole de la production, du transport et de la distribution. En 1984, avec l'arrivée du Conseil National de la Revolution (**CNR**) elle a été nommée **SONABEL** et en 1995 elle a subi un changement juridique pour devenir une société d'Etat, approuvée par le décret ministériel le 31 décembre 1997. Son capital est estimé à **soixante-trois milliards trois cent huit millions deux cent soixante-dix (63 308 270 000) Francs CFA**, son siège se situe à Ouagadougou.

Aujourd'hui elle relève de l'autorité de trois ministères :

- Le Ministère de l'Energie des Mines et des Carrières (**MEMC**) s'occupe de l'administration technique.
- Le Ministère de l'Économie des Finances et du Développement (**MINEFID**) se charge de l'administration financière.
- Le Ministère de l'Industrie du Commerce et de l'Artisanat (**MICA**) pour la tutelle de gestion.

I.1.2. Organisation de la SONABEL

L'organe suprême de la SONABEL est le **Conseil d'Administration** composé de six (06) membres dont (05) représentant l'État et un (01) représentant les travailleurs. Suivi d'un organe exécutif, la **Direction Générale**. Elle est suivie du Secrétariat Général et du Conseil Technique (Annexe I).

La SONABEL compte en son sein dix (10) directions qui sont :

- La Direction des Marchés et du Patrimoine (DMP) ;

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

- La Direction des Études, de la Planification et de l'Ingénierie (DEPE) ;
- La Direction de la Production (DP) ;
- La Direction du Transport et des Mouvements d'Energie (DTME) ;
- La Direction de la Distribution (DD) ;
- La Direction Commerciale et de la Clientèle (DCC) ;
- La Direction des Ressources Humaines (DRH) ;
- La Direction Financière et Comptable (DFC).
- La Direction des Grands Projets (DGP).
- La Direction des Systèmes d'Information (DSI).

A ces directions s'ajoutent :

- Le Département Communication, et Relations Publiques (DCRP) ;
- Le Département Recherche et Développement (DRD).
- Le Département Juridique (DJ) ;
- Le Département Audit Interne (DAI) ;
- Le Département Normalisation –Environnement et Qualité (DNEQ) ;
- Le Département Sécurité (DS)

Nous avons effectué notre stage dans la Direction de la Distribution (DD) au sein du Département Etudes et travaux de Distribution (DETD).

Le département comporte quatre (4) services :

- Service Etudes de Réseaux (SER) :il est charge du suivi, de l'étude et du traitement des projet d'extension du réseau électrique. Il est composé de deux (2) divisons :
 - La division Devis qui se charge de l'élaboration des Dossiers d'Appel d'Offre (DAO), de l'élaboration de devis pour la distribution en HTA /BT et de l'extension du réseau HTA/BT.
 - La division Analyse des Dossiers Techniques qui s'occupe de la vérification de la conformité des dossiers techniques fournis par les entreprises, de l'élaboration des DAO, présentation des chantiers.
- Service de Travaux de Renforcement et d'Extension (STRE) :il est composé de deux divisions

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

- La division Travaux de Distribution ou Travaux Neufs se charge de la planification et la réalisation des travaux d'extension et de distribution. Elle comporte trois équipes composées de techniciens et d'ouvriers.
- La division Contrôle joue le rôle de superviseur et de contrôle des travaux renforcement et d'extension du réseau électrique. Elle est chargée de plusieurs tâches notamment le contrôle des travaux des renforcement ou d'extension du réseau, l'étude du planning des travaux proposé par les entreprises, réceptionne les matériels, les travaux provisoires et définitifs.
 - Service du Central de Système d'Information Géographique (SCSIG) :il s'occupe de la collecte, du traitement, et du stock des données géographiques.
 - Service Etudes et Distribution Solaire-Feux (SED-FT) : ce service se charge de l'installation et de la maintenance des feux tricolores.

I.2. Cadre d'étude

Saaba, est une commune située dans la province de Kadiogo de la région du Centre. Au fur et à mesure de l'extension du réseau électrique national la commune de Saaaba comme bien d'autres se sont raccordées. Principalement alimentée par le départ 26 en 15 kV, la restructuration de 2022 a permis qu'elle soit alimentée par deux départs de plus notamment 23 en 15kV et Borgo en 33kV issus tous les trois du poste source de Kossodo.

La figure 1 illustre les trois départs qui alimentent la commune de Saaba.

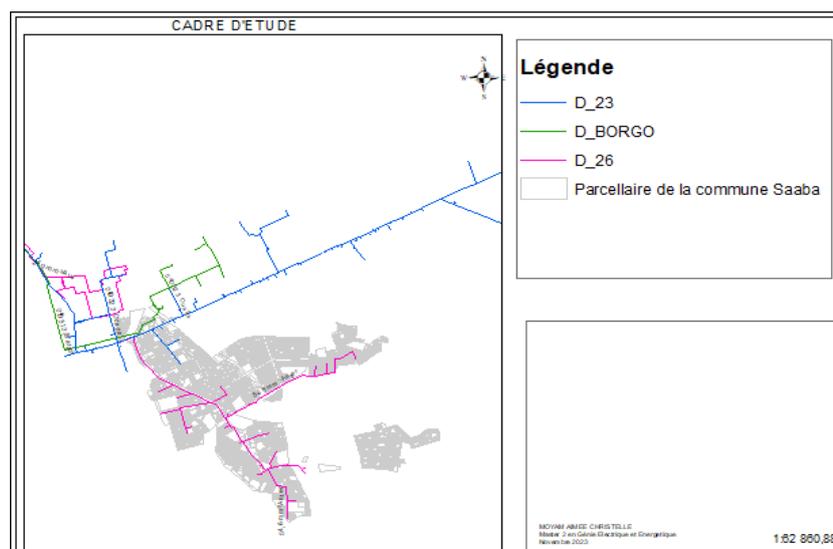


Figure 1: Cadre d'étude

I.3. Méthode de travail

Pour mener à bien cette étude, nous avons suivi la démarche suivante :

Recherches et collectes de données

Conception du départ HTA 33 kV :

- Définition d'un réseau HTA et ses constituants
- Justification du choix du type de la ligne

Dimensionnement du départ HTA 33 kV

- Dimensionnement électrique :
 - Evaluation des besoins de la commune en 2023 sur le logiciel NEPLAN ;
 - Evaluation de la puissance à transiter à la dixième année par l'équation (1)

$$P_n = P_1(1 + i)^n \quad (1)$$

- Détermination du courant à transiter à la dixième année par l'équation (2) :

$$P_{10} = \sqrt{3} \times U \times I_{10} \times \cos\varphi \quad (2)$$

- Détermination de la section de câble
 - Calcul du courant admissible par l'équation (3):

$$I_Z = K \times S^{0,62} \quad (3)$$

- Calcul du courant de court-circuit par l'équation (4) :

$$I_{cc} = \frac{U_n}{Z_{cc} \times \sqrt{3}} \quad (4)$$

- Calcul du courant maximal de court-circuit par l'équation (5):

$$I_{CCmax} = \frac{S \times a}{\sqrt{t_{cc}}} \quad (5)$$

- Dimensionnement mécanique
 - Repérage des différents points et tracé de la ligne sur ArcGIS
 - Dimensionnement mécanique de la ligne avec le logiciel CAMELIA.
- Modélisation et simulation du départ sur 10ans sur le logiciel NEPLAN.

Evaluation du coût du projet

I.4. Matériels

Les outils qui nous ont d'effectuer cette étude sont :

I.4.1. Google Earth

Le logiciel Google Earth nous a permis de géolocaliser le poste source et d'identifier le chemin du passage de la ligne depuis le poste source jusqu'au point de bouclage (**poste 498**).

I.4.2. Arcgis

Il nous a permis de tracer la ligne par rapport au plan parcellaire de la commune depuis le poste source Ouaga-Est jusqu'au point de bouclage (poste 498).

I.4.3. Neplan

NEPLAN est un logiciel qui permet de planifier, analyser, optimiser et stimuler les réseaux électriques.

Dans cette présente étude, il nous a permis d'évaluer la puissance réelle que la ligne va transiter et d'analyser le comportement du réseau depuis l'année de création (2023) jusqu'à la dixième année considérée comme année de dimensionnement.

La figure 2 illustre la modélisation d'un réseau sur le logiciel Neplan.

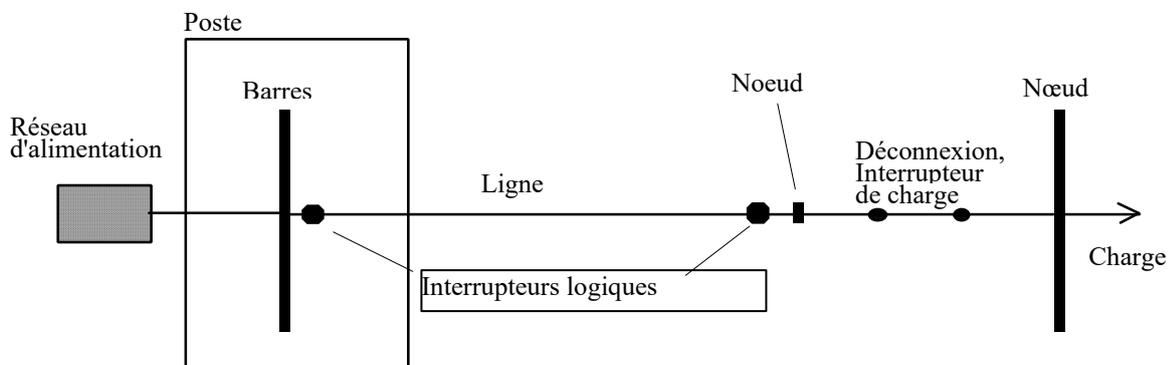


Figure 2: Illustration d'un réseau unifilaire sur Neplan

I.4.4. Camélia

Camélia est un logiciel qui permet d'optimiser et réaliser les calculs mécaniques d'une ligne aérienne en BT et HTA tout en respectant les règles de calcul des normes requises en vigueur.

Il nous a permis de déterminer les résistances des supports, les armements adéquats en fonction des sollicitations de la ligne.

II. CONCEPTION D'UN DEPART HTA

II.1. Constitution d'un réseau de distribution HTA

Le réseau HTA est constitué d'un ensemble de départs issus des postes sources qui forment l'interface entre les réseaux de transports/répartition HTB et les réseaux de distribution. Les postes sources comportent un ou plusieurs transformateurs HTB/HTA qui peuvent être alimentés par des sources différentes. Chaque transformateur alimente ensuite un jeu de barre constitué de cellules auxquelles sont raccordés des départs HTA (Figure 3).

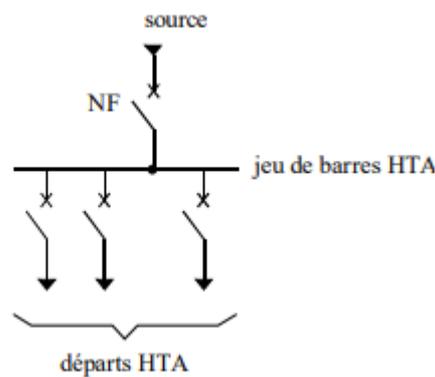


Figure 3: Constitution d'un réseau de distribution HTA [3]

Un départ HTA est un ensemble d'installations HTA alimentés à partir d'une même cellule disjoncteur d'un poste Source. On distingue deux types de départs, le **départ direct** qui alimente un seul utilisateur et le **départ partagé** qui alimente plusieurs utilisateurs HTA ou des postes HTA/BT de distribution publique.

Le dimensionnement d'une cellule départ tient compte des éléments suivants :

- La tension assignée : est la valeur maximale de tension efficace que peut supporter un matériel en service normal, elle est toujours supérieure à la tension de service.
- Tension de service : la tension imposée aux bornes de l'appareillage ;
- La tenue à l'onde de choc : est la valeur crête de la tension de choc, de forme et de polarité prescrite que le matériel peut supporter sans claquage ;
- La tenue à fréquence industrielle pendant une minute : elle représente les surtensions d'origine interne ;
- Courant de courte durée admissible : est la valeur efficace normalisée du courant de court-circuit maximal admissible sur le réseau pendant une ou trois seconde(s) ;

- Pouvoir de fermeture : est la valeur maximale de courant qu'un disjoncteur peut établir et maintenir sur une installation en court-circuit. Elle doit être supérieure à la valeur crête du courant de courte durée assignée ;
- Durée de court-circuit assignée : elle est la durée maximale de court-circuit qu'un disjoncteur peut supporter sans s'endommager ;
- Pouvoir de coupure : c'est la capacité d'un disjoncteur à interrompre un court-circuit sans s'endommager. Elle correspond à la valeur normalisée de court-circuit maximal admissible sur le réseau pendant une ou trois seconde(s) ;
- Tension assignée d'alimentation des services auxiliaires BT : c'est la tension qui alimente des moteurs d'armements, des signalisations, de l'éclairages, des relais de protection etc. ;
- Courant assigné en service continu : c'est la valeur efficace maximale de courant que peut supporter l'appareillage en service normal ;
- Type de coupure : il correspond au type de gaz utilisé pour l'ouverture et la fermeture du circuit ;

Selon le mode de pose des conducteurs, nous distinguons deux types de réseau HTA

II.1.1.Réseau HTA aérien

La structure du réseau HTA aérien est arborescente, l'énergie électrique parcourt une artère sur laquelle sont reliés des branches des dérivations aux bout desquelles se trouvent des postes de transformations HTA/BT.[4]

La figure 4 illustre un réseau aérien HTA.

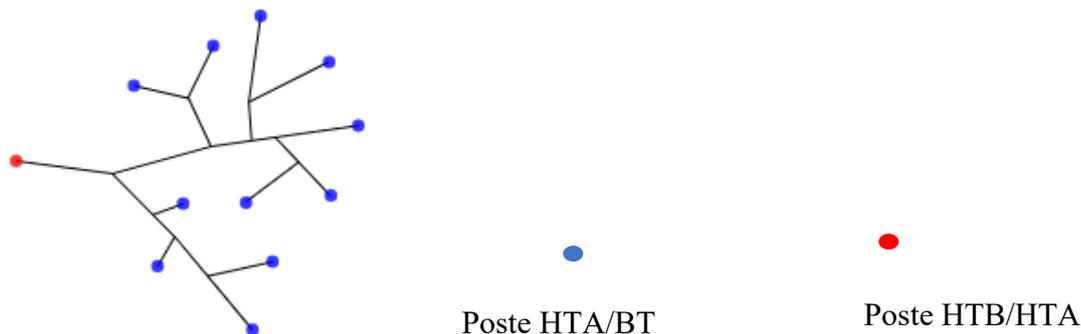


Figure 4:Réseau HTA arborescent[5]

Un réseau aérien HTA est composé de quatre éléments principaux :

❖ Les supports

Les supports permettent de maintenir en équilibre les conducteurs. Les supports les plus couramment utilisés sont des poteaux en **béton**, en **bois** et en **métal**.

Leur fonction dépend relativement des contraintes mécaniques exercées par les conducteurs et le tracé suivi. Ainsi, nous rencontrons des supports qui assurent la fonction de :

- **Arrêt simple (AS)** : support constitué d'un seul ancrage, on le rencontre au début et à la fin d'une ligne.
- **Arrêt Double (AD)** : constitué de deux ancrages de part et d'autre, il est mécaniquement dimensionné pour supporter les arrêts simples de part et d'autre ainsi que la résultante des efforts.
- **Semi Arrêt (SA)** : il est constitué d'un ancrage de part et d'autre pouvant tenir les arrêts simples de part et d'autre mais à la limite élastique.
- **Simple Fixation (SF)** : support comportant seul armement en technique rigide ou en suspendu. il s'agit d'un support d'alignement.
- **Double ancrage (DA)** : support d'alignement rencontré généralement dans les points bas et aux niveaux de grands angles. Il doit tenir uniquement la résultante des efforts.

La figure 5 illustre les différentes fonctions des supports rencontrés sur une ligne HTA.

Fonction	Arrêt simple AS	Arrêt double AD	Semi-arrêt (arrêt intermédiaire) SA	Double ancrage DA	Simple fixation (SF)	
					Rigide	Suspendue
Alignement						
Angle						

Figure 5 : Illustration des fonctions de supports

❖ Les Armements

La silhouette des supports dépend de la disposition des conducteurs qui est à son tour tributaire des distances minimales entre conducteurs et masse et entre conducteurs eux-mêmes. Les armements se définissent comme les différentes dispositions des conducteurs d'une ligne.

Les différents modèles d'armements sont :

- Armement en triangle :
 - Chapeau de gendarme : les isolateurs sont rigides
 - Armement en alterné : les isolateurs sont suspendus
- Armement en drapeau :
- Armement en Nappe-Voûte

La figure 6 illustre les types d'armements utilisés dans un réseau HTA aérien.

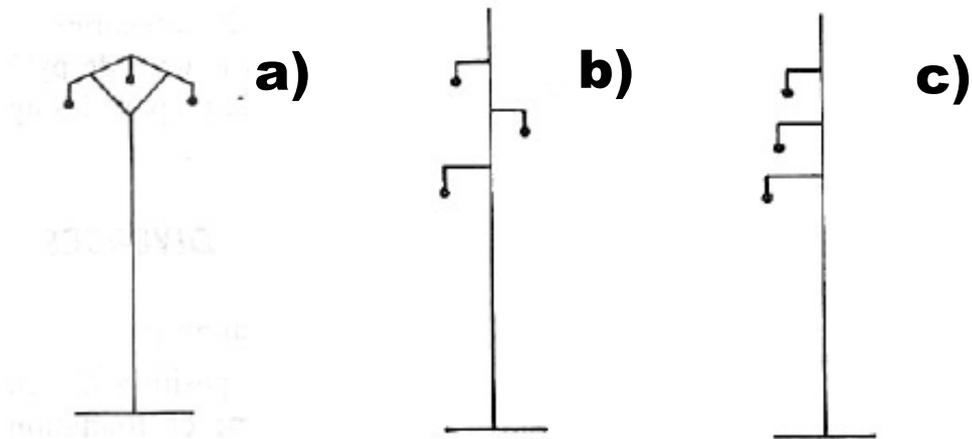


Figure 6 : a) Armement en Nappe voûte ; b) Armement en triangle(alterné); c)Armement en drapeau

❖ Les isolateurs

Les isolateurs assurent une fonction mécanique celle de relier les conducteurs aux supports et électrique celle d'isoler les conducteurs de la masse métallique.

Les différents types d'isolateurs sont :

- Céramiques
- Verres :
 - Verre recuit :
 - Verre trempé

- Matériaux synthétiques ou composites :

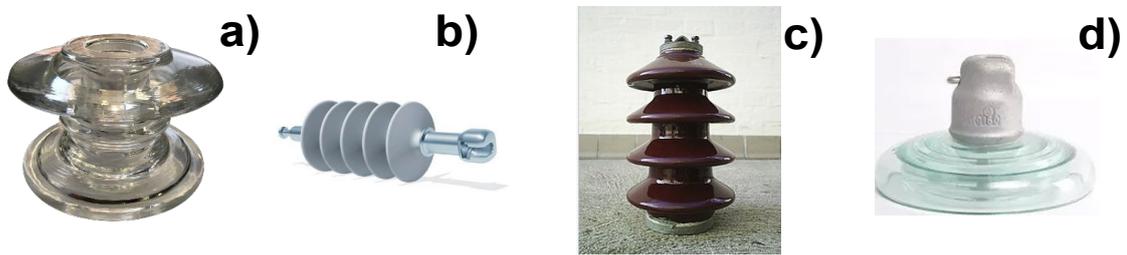


Figure 7 : a) Isolateur en verre recuit ; b) Isolateur en composite ; c) Isolateur céramique ; d) Isolateur en verre trempé

❖ Les conducteurs

Les conducteurs les plus couramment utilisés sont :

- **Aluminium-Acier (ASCR ou Steel-Reinforced Aluminium Conductor)** : il comporte au centre une âme en fil d'acier galvanisé entouré de plusieurs couches de fils en aluminium.
- **Almelec (AAAC ou All Aluminium Alloy Conductor)** : c'est un alliage d'aluminium et de faibles additions magnésium et de silicium.
- **Almelec-Acier (AACSR ou Steel-Reinforced Aluminum Alloy Conductor)** : c'est un alliage entre l'Almelec et l'Acier.

❖ Les organes de coupure et de protection :

- Organes de coupure
 - IACM : Interrupteur Aérien à Commande Manuel
 - IAT : Interrupteur Aérien Télécommandé
 - IACT : Interrupteur Aérien à Coupure dans le creux de Tension
- Disjoncteur
 - Disjoncteur réenclencheur de réseau
- Parafoudre
- Accessoires de raccordement

La figure 9 illustre un support avec un armement en Nappe voûte.

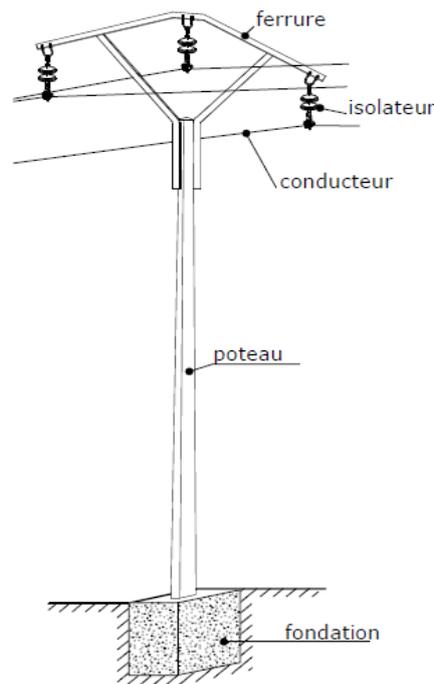


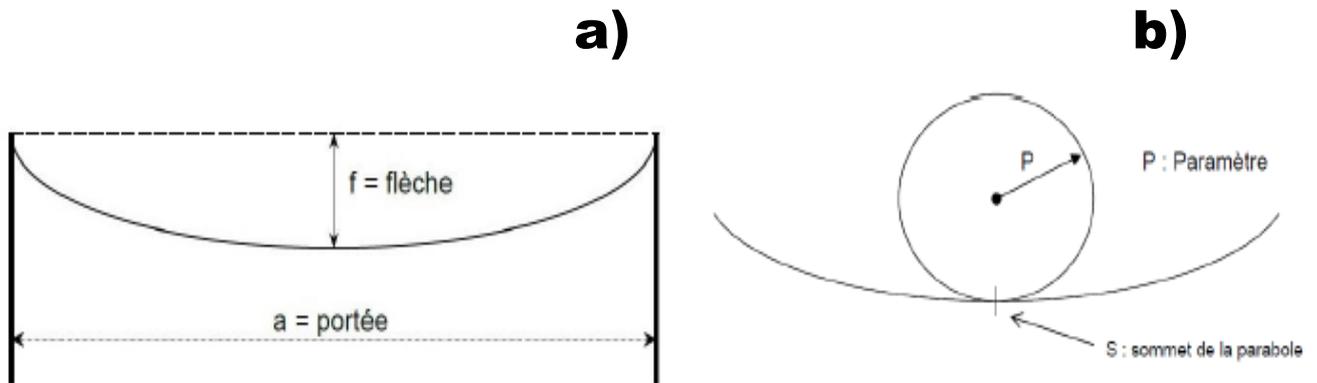
Figure 8:Support avec un armement en Nappe voûte

La mise en place d'une ligne aérienne HTA repose sur un ensemble de paramètres géométriques qui sont :

- **La portée(a)** : elle est la distance horizontale entre deux supports qui se suivent. Exprimée en mètre (**m**), la portée est différente selon qu'il s'agisse d'une ligne en agglomération ou dans un milieu rural.
- **Le canton** : il est un ensemble de portées sur une distance d'au moins **2km**. Il est composé de **15 à 20 portées** dans une ligne principale (ligne comportant de fortes sections de câbles et des risques d'indisponibilité très faibles) et de **10 à 12** dans une ligne secondaire.
- **La flèche (f)** : elle est la distance verticale maximale entre le point le plus bas du câble et la ligne joignant les deux attaches du câble. Elle est exprimée en **mètre (m)**.
- **Poids spécifique ou linéique du conducteur** : c'est le rapport entre le poids de 1m de conducteur et la section du conducteur.
- **Tension unitaire (t)** : elle est relative au réglage de la ligne et varie en fonction de la température et des charges qui sont appliquées à la ligne. Elle s'exprime en **daN/m.mm²**.
- **Parametre (P)** : il représente le rayon de courbure du cercle tangent au sommet de la

parabole. il s'exprime en m.

La figure 10 illustre la flèche, la portée et le paramètre d'une ligne.



II.1.2. Réseau HTA souterrain

Le réseau souterrain est constitué de :

- ❖ **Tranchée** : elle est l'ouverture réalisée sur un terrain pour permettre le passage des câbles.

Les différents types de tranchée sont :

- Ordinaire (réalisée sur l'accotement des routes)
- Busée (réalisée sur la traversée des voies non bitumée et devant les habitations)
- Fonçage (réalisée au niveau des voies bitumées)

- ❖ **Câbles**

- ❖ **Extrémités de câbles**

- Extrémités intérieures
- Extrémités extérieures

- ❖ **Boîte de jonction** : elle permet la reconstitution du câble en un point d'interruption précis.

- Boîte de jonction rétractable à chaud
- Boîte de jonction rétractable à froid

- ❖ **Bornes repère** :

- Borne repère de direction
- Borne repère de jonction

II.2. Constitution d'un poste de bouclage

Un poste de bouclage est une sous-station HTA qui permet de connecter une boucle HTA (au moins deux départs) au réseau de distribution afin d'offrir une meilleure disponibilité de l'énergie électrique dans une zone donnée[6].

Il peut être composé de cellules d'arrivée, de départ, et de couplage dont les rôles sont :

- **Cellule arrivée ou départ** : elle est une cellule-interrupteur qui sert à interrompre le passage du courant électrique.
- **Cellule de couplage** : elle sert à coupler ou découpler les équipements électriques, elle équipée de dispositifs tels que des disjoncteur, transformateur de tension sectionneur.

II.3. Le type de réseau HTA retenu pour le projet

Après la présentation des différents types de réseaux HTA, il est nécessaire de présenter le type retenu pour notre projet.

Notre ligne est en aérien conformément aux recommandations de la SONABEL.

Bien qu'une ligne aérienne soit plus soumise aux interruptions à cause des orages, des branches qui se détachent des arbres, des oiseaux qui peuvent s'y poser, elle présente les avantages d'une longue durée de vie et les coûts d'installation et d'entretien sont inférieurs à ceux d'un réseau souterrain. Il faut également noter que les interventions au niveau d'une ligne aérienne peuvent se faire sous tension donc pas d'interruption ou de coupure de courant dans la zone alimentée.

Pour ce projet le maître d'ouvrage (SONABEL) recommande l'utilisation des supports en béton. Nous optons pour le type d'armement Bras Incliné Suspensif (**BIS**) qui est plus adapté en agglomération. La portée maximale avec ce type d'armement est de **60m**.

III. DIMENSIONNEMENT

III.1. Dimensionnement électrique

Les paramètres de dimensionnement :

Tension nominale de ligne (U_n) : 33 Kv

Fréquence(f) :50 Hz

$\cos\varphi$:0.85

Année d'effectivité du projet :10ans

III.1.1. Evaluation des besoins de la commune

Il est nécessaire de rappeler que le départ 26(section 75,5mm² et tension 15kV) alimente à la fois les communes de Saaba et Loumbila. Donc la puissance obtenue lors de la collecte des données est propre aux deux communes. Ainsi, pour évaluer uniquement la consommation de la commune de Saaba, nous avons modélisé sur Neplan le départ 26 prenant en compte seulement la charge de la commune de Saaba.La puissance apparente et le taux de charge pratique de quelques transformateurs recensé à Saaba en 2023 sont donnés à l'(Annexe I). A l'issu de l'écoulement de puissance nous obtenons la puissance consommée par la commune de Saaba : **4,09 MW**.

A défaut de données de l'évolution de la puissance propre à la commune de Saaba, nous déterminons le taux de croissance annuel en prenant en compte les demandes sur le départ 26 de 2019 à 2022.

Le Tableau 1 présente l'évolution de la demande électrique de la puissance sur le départ 26 de 2019 à 2022.

Tableau 1:Evolution de la puissance sur le départ D26

Départ 26				
Année	2019	2020	2021	2022
Puissance demandée en (MW)	7,23	8,05	8,91	9,97

Le taux de croissance annuel des besoins se détermine par l'équation (6)

$$\tau = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_{i-1}} \quad (6)$$

P_i : puissance de l'année présente

P_{i-1} : puissance de l'année passée

En application numérique nous avons :

$$- \tau_1 = \frac{8,05-7,23}{7,23} = 0,113$$

$$- \tau_2 = \frac{8,91-8,05}{8,05} = 0,107$$

$$- \tau_3 = \frac{9,97-8,91}{8,91} = 0,119$$

En moyenne nous obtenons :

$\tau=0,113$ soit **11,3%**, nous prenons un taux de croissance annuelle de la charge de **12%**

Justification : Etant donné que le départ 26 alimente Saaba et Loumbila, le taux de croissance annuel obtenu est propre aux deux communes. Néanmoins, la SONABEL recommande un taux de croissance annuel allant de **10 et 12%** pour le dimensionnement des nouvelles lignes.

Pour des demandes d'extension future, nous préconisons un taux annuel de croissance de la charge de **12%**.

- Nous évaluons les besoins de la commune dans 10ans par l'équation (7) :

$$P_n = P_1(1 + i)^n \quad (7)$$

P_n : la puissance du départ en MW

P_1 : la puissance demandée en 2023 obtenue par simulation sur Neplan

i : le taux de croissance annuelle de la charge

n : le nombre d'année

En Application Numérique nous obtenons :

$$P_{10} = 4,09 \times (1 + 0,12)^{10}$$

$$P_{10} = 12,702 \text{ MW}$$

- Calcul du courant nominal

$$P_{10} = \sqrt{3} \times U \times I_{10} \times \cos\varphi \quad (8)$$

De l'équation (8) nous obtenons :

$$I_{10} = \frac{P_{10}}{U \times \cos\varphi \times \sqrt{3}} = \frac{12,702}{33 \times 0,85 \times \sqrt{3}}$$

$$I_{10} = 261,422 \text{ A}$$

III.1.2. Détermination de la section de câble

❖ Partie aérienne

III.1.2.1. Détermination du courant admissible

Le courant admissible I_z s'obtient est par l'équation (9) :

$$I_z = K \times S^{0,62} \quad (9)$$

K : coefficient qui est fonction du câble

S : section de câble en mm²

Les différentes valeurs de K suivant la nature du câble sont données dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Valeurs du coefficient K en fonction du type de câble

Nature du câble	Cuivre	Alu-Acier	Almélec
K	21	16,4	17,1

Pour la construction des lignes aériennes en HTA, la SONABEL utilise des câbles de type **Almélec avec des sections de 34,4mm² ; 54,6mm² ; 75,5mm² ou de 148mm².**

Les valeurs de Iz obtenues à partir des différentes sections sont données dans le tableau 3 :

Tableau 3:Calcul de Iz

K	Section de câble en mm ²	Courant admissible Iz en A
17,1	34,4	153,34
	54,6	204,19
	75,5	249,64
	148	378,93

Observation : Nous constatons que le courant admissible obtenu avec la section **148mm²** est le seul qui soit supérieur au courant nominal **In (261,422A<378,93A)** qui transite sur la ligne à la dixième année.

Conclusion : Le câble de section **148mm²** est donc capable de supporter le courant nominal que va transiter la ligne dans 10 ans.

III.1.2.2. Détermination du courant de court-circuit

I_{cc} est déterminé par l'équation (10), suivante :

$$I_{cc} = \frac{U_n}{Z_{cc} \times \sqrt{3}} \quad (10)$$

Avec :

I_{cc} : courant de court-circuit en (A)

Z_{cc} : impédance équivalente de toutes les impédances parcourues par I_{cc} depuis la source jusqu'au point de défaut. (Ω)

U_n : tension nominale du réseau(V).

L'impédance totale Z_{cc} s'obtient par l'équation (11):

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_a + R_L)^2 + (X_a + X_L)^2} \quad (11)$$

Z_{cc} : Impédance totale (Ω)

R_a : Résistance du réseau amont (Ω/km)

R_L : Résistance linéique de la ligne (Ω)

X_a : Réactance amont (Ω/km)

X_L : Réactance linéique (Ω)

- Déterminons la résistance R_a et l'inductance X_a du réseau amont.

Selon la norme CEI 60909-0[7] il est admis de prendre :

$$R_Q = 0,1X_Q \quad (12)$$

$$X_Q = 0,995Z_Q$$

R_Q , Z_Q et X_Q sont respectivement la résistance, l'impédance et l'inductance du réseau d'alimentation au point de liaison avec la source.

Par identification nous obtenons :

$$R_a = 0,1X_a \quad (13)$$

$$X_a = 0,995Z_a$$

Avec

$$Z_a = \frac{U_n^2}{S_{CC}} \quad (14)$$

U_n : tension nominale (V)

S_{cc} : puissance de court-circuit du réseau (MVA)

Tableau 4: Scc en fonction de la tension entre phases

Tension phase/phase U (kV)	Puissance de court-circuit (MVA)
150	8000
70	2500
15	350
6	120

La tension 33kV ne figurant pas dans le tableau 4, nous procédons à une interpolation en appliquant l'équation (15) afin de déterminer la puissance de court-circuit S_{cc} sous cette tension.

$$\frac{a - a_1}{a_2 - a_1} = \frac{b - b_1}{b_2 - b_1} \quad (15)$$

De l'équation (15) nous obtenons :

$$b = \left(\frac{a - a_1}{a_2 - a_1} \times (b_2 - b_1) \right) + b_1$$

Avec $a_1=15kV$, $a=33kV$, $a_2=70kV$, $b=S_{cc}$, $b_1=350MVA$, $b_2=2500MVA$

En application numérique nous avons :

$$b = \left(\frac{33 - 15}{70 - 15} \times (2500 - 350) \right) + 350$$

$$\mathbf{b = S_{cc} = 1053,636 MVA}$$

En appliquant l'équation (14) nous obtenons :

$$Z_a = \frac{(33000)^2}{1053,636 \times 10^6}$$

$$\mathbf{Z_a = 1,0335 \Omega}$$

Nous obtenons par l'équation(13) :

$$\mathbf{X_a = 0,995 \times 1,0335 = 1,028}$$

$$\mathbf{R_a = 0,1 \times 1,0283 = 0,102}$$

$$\mathbf{X_a = 1,0283 \Omega/km \quad R_a = 0,102 \Omega/km}$$

- Déterminons la résistivité R_L et la réactance X_L de la ligne

$$R_L = r \times L \quad (16)$$

$$X_L = x \times L$$

Avec :

r : résistance du fil (Ω)

L : longueur de la ligne (7,485km)

x : réactance du câble (Ω)

La résistivité du câble a été donnée à la température de 20°C, nous la déterminerons à la température de 45°C qui est prise comme température de construction.

α : coefficient de température de l'almelec ($3,6 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)

$r_{20^\circ\text{C}}$: 0,224 Ω/km

$$r_{45^\circ\text{C}} = (1 + \alpha(t_{45^\circ\text{C}} - 20^\circ\text{C})) \times r_{20^\circ\text{C}} \quad (17)$$

En application numérique nous avons :

$$r_{45^\circ\text{C}} = (1 + 0,004(45 - 20)) \times 0,224$$

$$r_{45^\circ\text{C}} = 0,244 \Omega$$

Nous obtenons par l'équation(16) :

$$R_L = 0,2441 \times 7,485$$

$$R_L = 1,827 \Omega/\text{km}$$

Pour l'almelec de 148 mm², $\rho = 0,33\Omega / \text{km}$ et $x=0,4$ [8]

$$X_L = 0,4 \times 7,485$$

$$X_L = 2,994 \Omega/\text{km}$$

L'impédance totale Z_{cc} s'obtient par l'équation(11) :

$$Z_{CC} = \sqrt{(0,1028 + 1,8275)^2 + (1,0283 + 2,994)^2}$$

$$Z_{cc} = 4,4614 \Omega/\text{km}$$

A partir de l'équation (10) nous obtenons I_{cc} :

$$I_{cc} = \frac{33000}{4,461 \times \sqrt{3}}$$

$$I_{cc} = 4,270 \text{ kA}$$

III.1.2.3. Détermination du courant de court-circuit maximal

Nous déterminons I_{CCmax} par l'équation (18) :

$$I_{CCmax} = \frac{S \times a}{\sqrt{t_{cc}}} \quad (18)$$

Avec :

I_{ccmax} : Le courant maximal de court-circuit en A

S : la section du câble en mm²

t_{cc} : durée maximale de court-circuit en s

a : coefficient tenant compte de la nature du câble

Nous retrouvons la valeur de a dans le tableau 5 :

Tableau 5: Coefficient a en fonction de la nature du câble

Nature du câble	Almélec	Cuivre	Aluminium
a	76,4	105,3	55,07

A partir de l'équation (18) nous obtenons :

$$I_{CCmax} = \frac{148 \times 76,4}{\sqrt{1}}$$

$$I_{CCmax} = 11,3072 \text{ kA}$$

Observation : nous constatons que $I_{cc} < I_{ccmax}$.

Conclusion : le courant de court-circuit du réseau I_{cc} est inférieur au courant maximal de court-circuit que le câble est capable de supporter pendant 1s, donc le choix du câble est juste.

III.1.2.4. Calcul de la chute de tension

La chute de tension s'obtient par l'équation (19) :

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right) \% = \frac{(r + x \tan \varphi) \times P \times L}{U^2} \times 100 \quad (19)$$

Avec :

r : la résistivité calculée à 45°C (Ω)

x : la réactance du conducteur (Ω)

$\cos \varphi : 0,85 \Rightarrow \tan \varphi = 0,62$

P : puissance transitant la ligne en 2023 (MW).

L : la longueur de la ligne (**km**)

En application numérique nous avons :

$$\left(\frac{\Delta U}{U}\right) \% = \frac{(0,246 + 0,392 \times 0,62) \times 12,702 \times 7,485}{33^2} \times 100$$

$$\Delta U = 4,27\%$$

La chute de tension obtenue (**4,27%**) est inférieure à la valeur de chute acceptable qui est de **5%**.

❖ Partie souterraine

Il s'agit des câbles souterrains qui relie la cellule départ avec le premier support à la sortie du poste source et également celui qui relie le dernier support à la cellule d'arrivée dans le poste de bouclage.

Le courant admissible se détermine par l'application de l'équation(9) avec :

$K=16,1$ pour l'Aluminium

$S=240 \text{ mm}^2$ (section choisie pour le calcul)

En application numérique nous avons :

$$I_z = 16,4 \times 240^{0,62}$$

$$I_z = 490,427A$$

Le courant que le câble de section 240mm^2 peut supporter est de **490,427 A**, cette valeur est nettement supérieure au courant à transiter à la 10^{ème} année (**261,422 A**) donc le choix de cette section est judicieux.

Le Tableau 6 montre les différents résultats obtenus à l'issu du dimensionnement électrique.

Tableau 6:Récapitulatif des résultats

Les résultats		Limite acceptable	Conclusion
τ	12%	-	-
P_{10}	12,702MW	-	-
I_{10}	261,422A	378,93A	OK
I_z	378,93A	-	
S	148 mm^2	-	-
I_{CC}	4,2705kA	11,3072kA	OK
$I_{CCmax(1s)}$	11,3072kA	-	-
ΔU	4,27%	5%	OK
S	240 mm^2	-	-

III.1.3. Choix de l'appareillage

III.1.3.1. Choix de la cellule départ

La cellule de départ choisie est une cellule disjoncteur car elle offre une meilleure protection à

l'installation[10]. Les caractéristiques électriques du choix d'une cellule disjoncteur pour une tension de 33 kV sont dans le Tableau 7.

Tension nominale de l'installation U_n (kV)	3 / 3,3	6 / 6,6	10 / 11	15	20	30 / 33	45	63 / 66	90	150	225
Tension assignée pour le matériel U_m (kV)	3,6	7,2	12	17,5	24	36	52	72,5	100	170	245
Tension assignée de courte durée à fréquence industrielle....(kV efficace)	10	20	28	38	50	70	95	140	185	325	460
Tension assignée de tenue aux chocs de foudre 1,2/50(kV crête)	20 ou 40	40 ou 60	60 ou 75	75 ou 95	95 ou 125	145 ou 170	250	325	450	750	1 050

Tableau 7 :Caractéristiques d'une cellule départ en fonction du niveau de tension[9]

Nous choisissons une cellule disjoncteur de la marque SIEMENS pour des raisons de qualité et de fiabilité.

Les caractéristiques électriques sont renseignées dans le Tableau 8 :

Tableau 8:Données électriques des cellules disjoncteurs de la marque SIEMENS

Données électriques (valeurs maximales) et dimensions								
Tension assignée	kV	7,2	12	15	17,5	24	36	38
Fréquence assignée	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle	kV	20 ¹⁾	28 ²⁾	36	38	50	70	70
Tension de tenue assignée aux chocs de foudre	kV	60 ¹⁾	75 ²⁾	95	95	125	170	150
Valeur de crête du courant admissible assigné	kA	80/82	80/82	80/82	80/82	63/65	63/65	63/65
Courant assigné de fermeture de court-circuit	kA	80/82	80/82	80/82	80/82	63/65	63/65	63/65
Courant de courte durée admissible assigné 3 s	kA	31,5	31,5	31,5	31,5	25	25	25
Courant assigné de coupure de court-circuit	kA	31,5	31,5	31,5	31,5	25	25	25
Courant permanent assigné du jeu de barres	A	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Courant permanent assigné des départs	A	2500	2500	2500	2500	2500	1250	1250
Implantation	mm	300 ⁴⁾						
	mm	450	450	450	450	450	-	-
	mm	600	600	600	600	600	600	600
	mm	900	900	900	900	900	900	900
Profondeur	mm	1225	1225	1225	1225	1225	1225	1225
Hauteur	mm	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250

1) 32 kV/60 kV selon certaines exigences nationales
 2) 42 kV/75 kV selon certaines exigences nationales
 3) Conforme à « blindé » selon la norme précédente CEI 60298
 4) Uniquement cellule factice

III.1.3.2. Choix de câble

Pour notre ligne, nous optons pour le câble aérien du fabricant Zhengzhou câble yifang de section **148mm²** et de courant admissible **365 A** (Annexe III). En effet ce câble présente un excellent rapport qualité-prix, ce qui motive notre choix.

III.1.3.3. Choix de l'IACM

Nous choisissons l'interruption Aérien à Commande Manuelle du fabricant **INES MAX**, les caractéristiques techniques se trouvent à l'Annexe IV. Le choix se porte sur cette marque car elle présente un bon rapport qualité prix.

III.1.3.4. Choix de parafoudres

Nous optons pour les parafoudres du fabricant **INES MAX**, de tension assignée **36 kV** et de ligne de fuite **1134mm**. (Annexe V). Ce choix est motivé par la fiabilité de la marque car la SONABEL utilise ces parafoudres

III.1.3.5. Choix de l'isolateur

Nous choisissons l'isolateur du fabricant **INES MAX**, les caractéristiques techniques se trouvent à l'annexe vi. Le choix se porte sur cette marque car elle présente un bon rapport qualité prix.

III.1.3.6. Choix du câble souterrain

Nous choisissons le câble NFC 226 3*240mm² ALU 36 kV de la marque NEXANS (Annexe VII)car il présente un bon rapport qualité prix et pour la fiabilité car cette marque est utilisée par la SONABEL.

III.1.3.7. Choix des extrémités inférieure et extérieure

Il s'agit des extrémités extérieures du câble qui remonte au premier support à la sortie du poste source et également celles du câble du dernier support vers la cellule d'arrivée dans le poste. Les extrémités intérieures sont celles qui accrochent le câble aux cellules de départ et d'arrivée. Nous choisissons les extrémités de marque NEXANS pour la qualité, et pour la fiabilité car cette marque est utilisée par la SONABEL.

III.1.3.8. Choix de la cellule interrupteur

Pour des prévisions futures compte tenu du projet de maillage du réseau national initié par la SONABEL, nous préconisons un poste de bouclage à la place d'un IACM.

Un poste de bouclage comporte essentiellement de l'appareillage, des cellules d'arrivée, de départ et de bouclage.

Pour notre projet, nous préconisons un schéma en boucle ou coupure d'artère. Nous choisissons la cellule interrupteur(Annexe VIII)de chez Schneider comme cellule d'arrivé à de l'excellent rapport qualité-prix.

III.2. Dimensionnement mécanique de la ligne

III.2.1. Calcul sur Camélia

III.2.1.1. Hypothèses de calcul

La SONABEL dispose de deux bibliothèques **Burkina 1** et **Burkina 2** pour le dimensionnement des lignes. Elles sont composées de deux groupes d'hypothèses qui correspondent respectivement aux conditions météorologiques normales et extrêmes du Burkina Faso.

Le Tableau 9 referme les deux bibliothèques utilisées pour le calcul mécanique.

Tableau 9 : Caractéristiques des bibliothèques

Bibliothèques	Groupes d'hypothèses	Vitesse du Vent en m/s	Température en °C	Pression du vent sur le conducteur (Pa)
Burkina 1	A1B1	9	25	200
Burkina 2	A2	34	45	440

Nous utilisons la bibliothèque **Burkina 2** pour le calcul mécanique de notre ligne du fait qu'elle est composée des caractéristiques de conditions météorologiques extrêmes.

III.2.1.2. Données renseignées dans le logiciel

Afin de déterminer le tracé optimal de la ligne sur le logiciel ArcGIS, nous avons tenu compte d'un certain nombre de critères :

- Repérage du chemin le plus court, depuis le poste source jusqu'au point de bouclage ;
- Respect de la distance de 2 m entre les logements et les supports ;
- Respect de la portée (≤ 60 m) requise pour le type d'armement en BIS ;
- Respect de la règle de trois parcelles qui consiste à faire des portées qui ne dépassent pas trois parcelles ;

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

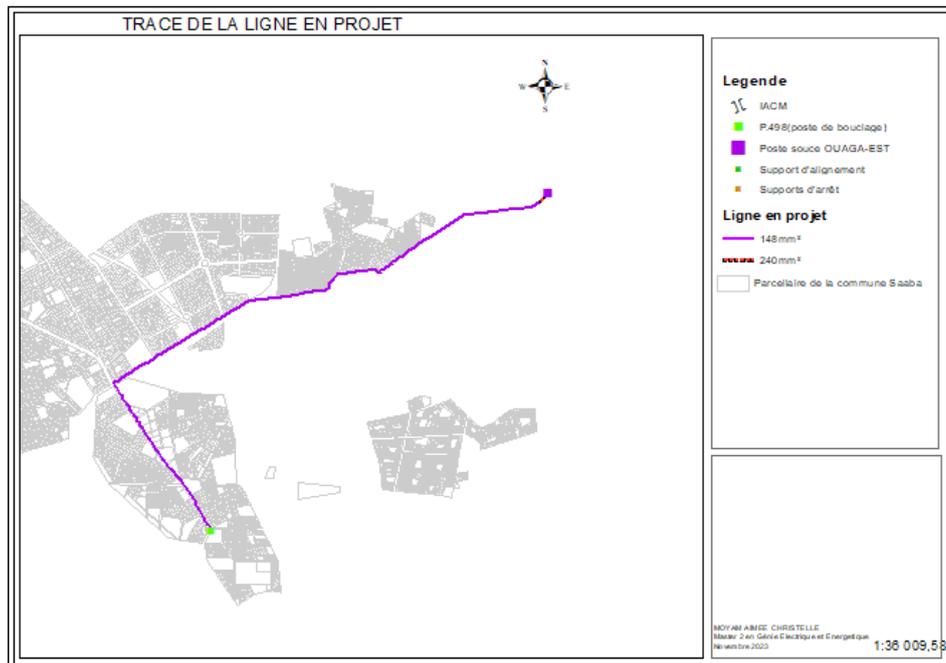


Figure 10 : Tracé optimal de la ligne

Tableau 10: Données renseignées dans le logiciel

Paramètre (m)	Ks : Support en SF, DA	Ks : Support en AS et AD	Orientation de l'armement sur support en AS (gr)	Orientation de l'armement sur support en AD, SF et DA (gr)	Nature du sol
800	1,2	1,75	0	100	C3

- Selon les sollicitations appliquées, les profondeurs d'implantation diffèrent suivant la nature et la fonction de support. Pour la stabilité de la fondation de supports en béton compte tenu de la fonction, les coefficients sont respectivement :

K_s (coefficient de stabilité de la fondation) = 1,2 pour les supports en simple fixation et en double ancrage.

K_s (coefficient de stabilité de la fondation) = 1,75 pour les supports en arrêt simple, arrêt double et en sémi-arrêt.

- Le paramètre qui représente le rayon de courbure du cercle tangent au sommet de la parabole prend une valeur de 800 m dans notre cas car dépasser cette valeur nous assistons à la vibration de la ligne, les conducteurs sont beaucoup trop tendus, la

flèche diminue. En dessous de cette valeur nous assistons à un problème d'écartement entre les phases, elles ont tendance à se toucher, la flèche augmente.

- La catégorie de sol C3 désigne les sols en sable argileux, argile-sableuse, en gravier, ce qui correspond au type de sol de notre zone d'étude.
- L'angle formé par l'armement et le plan vertical de petite inertie du support est égal à 0 gr pour un support en arrêt et 100 gr pour un support en alignement

III.2.1.3. Résultats du calcul

Les résultats du dimensionnement (Annexe IX) sont récapitulés dans les tableaux qui suivent :

Tableau 11:Récapitulatif des supports

Fonction des supports	Hauteur(m)	Classe	Efforts(daN)	Nombre
AS, DA, AD	12	JA	10	17
DA	12	JA	6,5	3
DA	12	A	6,5	3
DA	12	JA	5	1
DA	12	JA	4	5
DA	12	A	8	1
DA	12	A	3	17
SF	13	A	3	109
TOTAL				156

- * AD : Arrêt Double
- * AS : Arrêt Simple
- * DA : Double Ancrage
- * SF : Simple Fixation

Tableau 12:Récapitulatif des armements

Les armements obtenus	
Types	Nombre
NA3Y-6300	45
NA3X-1600	3
NA3X-4000	5
DS116 - 800	77

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

DS110 - 700	18
DS105 - 700	8

*Nappe horizontale de diagramme d'armement X et Y

*DS : Drapeau incliné

Tableau 13:Récapitulatif des cantons

N° du canton	N° de support	Paramètre (m) à 45°C	Conducteur (mm²)	Portée équivalente (m)	Longueur unifilaire du canton(m)	Masse de câble(kg)
1	1 -13	800	ASTER 148	44,1	1533,19	624
2	13-25	800	ASTER 148	52,3	1752,31	713,2
3	25-37	800	ASTER 148	50	1692,28	688,8
4	37-38	800	ASTER 148	60	180,4	73,3
5	38-49	800	ASTER 148	51	1611,27	655,8
6	49-62	800	ASTER 148	53,3	2037,38	829,2
7	62-76	800	ASTER 148	52,4	2109,38	858,5
8	76-89	800	ASTER 148	52,1	1986,35	808,4
9	89-102	800	ASTER 148	48,6	1740,27	708,3
10	102-115	800	ASTER 148	49,7	1755,28	714,4
11	115-128	800	ASTER 148	48	1458,22	593,5
12	128-140	800	ASTER 148	58,1	2061,45	839
13	140-147	800	ASTER 148	56,3	1080,22	439,6
14	147-156	800	ASTER 148	59,8	1614,38	657,1

III.2.1.4. Récapitulatif du calcul

Le calcul mécanique sur le logiciel CAMELIA nous a permis de déterminer l'effort de chaque support en fonction des sollicitations qui y sont appliquées ainsi que les armements adaptés et les profondeurs de fouille requises.

IV. SIMULATION DU DEPART 23BIS OUAGA-EST

La simulation du départ sur le logiciel NEPLAN vise à analyser l'écoulement de puissance et

la stabilité de notre réseau. Nous procédons à une évaluation des valeurs des puissances, des pertes et la qualité de la tension à chaque nœud du réseau.

Les résultats obtenus, permettent de comprendre le comportement du réseau, d'évaluer les impacts et de prendre des mesures pour assurer la fiabilité et la sécurité de notre ligne.

Dans notre cas, la simulation tient compte de deux hypothèses :

- La variation de la tension nominale admise est de $\pm 5\%$.
- Les pertes acceptables s'élèvent à 5% .

IV.1. Simulation à la 1^{ère} année (2023)

A l'issu de la simulation du départ 23BIS nous obtenons la puissance totale que transite la ligne ainsi que les différentes pertes au niveau de la ligne et de la charge(transformateurs). Les résultats sont recensés dans les tableaux qui suivent.

Tableau 14: Récapitulatif des résultats du réseau en 2023

P(MW)	S(MVA)	Q(MVAr)	ΔP (MW)	ΔQ (MVAr)
-4,090	4,868	-2,639	0,1043	0,0844

Tableau 15: Récapitulatif des pertes de la ligne et des transformateurs en 2023

ΔP_{Ligne} (MW)	ΔQ_{Ligne} (MVAr)	$\Delta P_{\text{Transformateurs}}$ (MW)	$\Delta Q_{\text{Transformateurs}}$ (MVAr)
0,03	-0,203	0,075	0,287

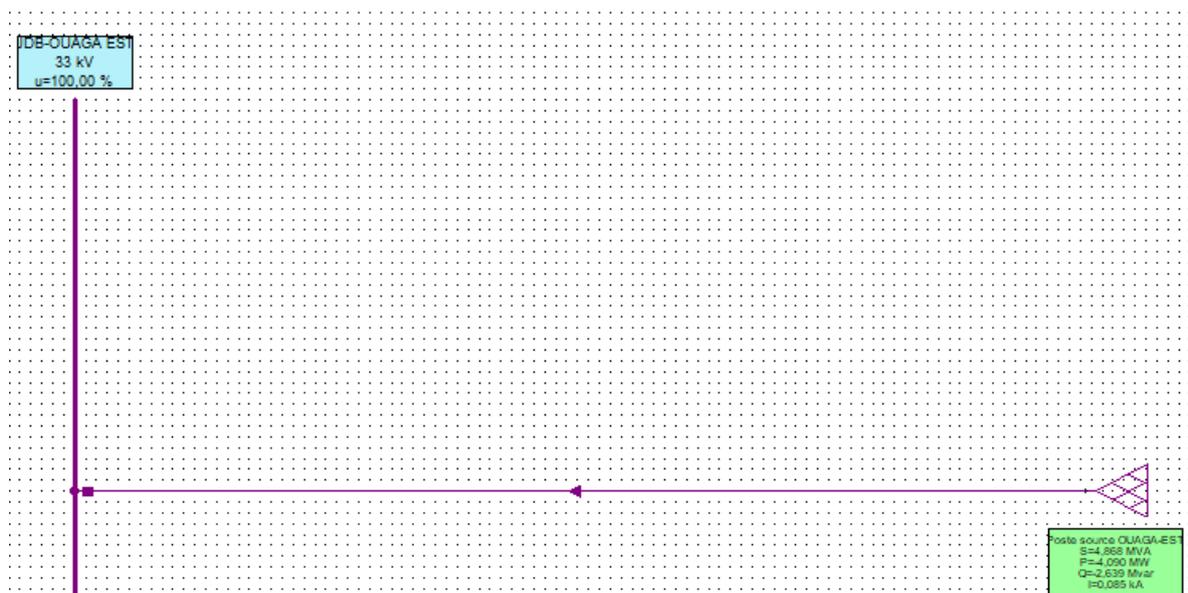


Figure 11 : Illustration de la puissance transmise à la simulation de la 1^{ère} année

IV.1.1. Observation

La simulation révèle que la source débite 4,09MW et les pertes s'élèvent à 0,1043MW.

IV.1.2. Analyse

Au vu des résultats obtenus, seulement **3%** de la puissance totale transitée est perdue.

Ces pertes sont le cumul des pertes de la ligne due à la nature des conducteurs et des pertes au niveau des transformateurs HTA/BT dont les origines sont diverses (pertes cuivre, pertes par fuite magnétiques etc.)

IV.2. Simulation à la 10^{ème} année

Cette simulation vise pour principal objectif montre l'état du départ sur une durée de dix (10) ans. Pour un taux d'accroissement annuel des besoins de 12% :

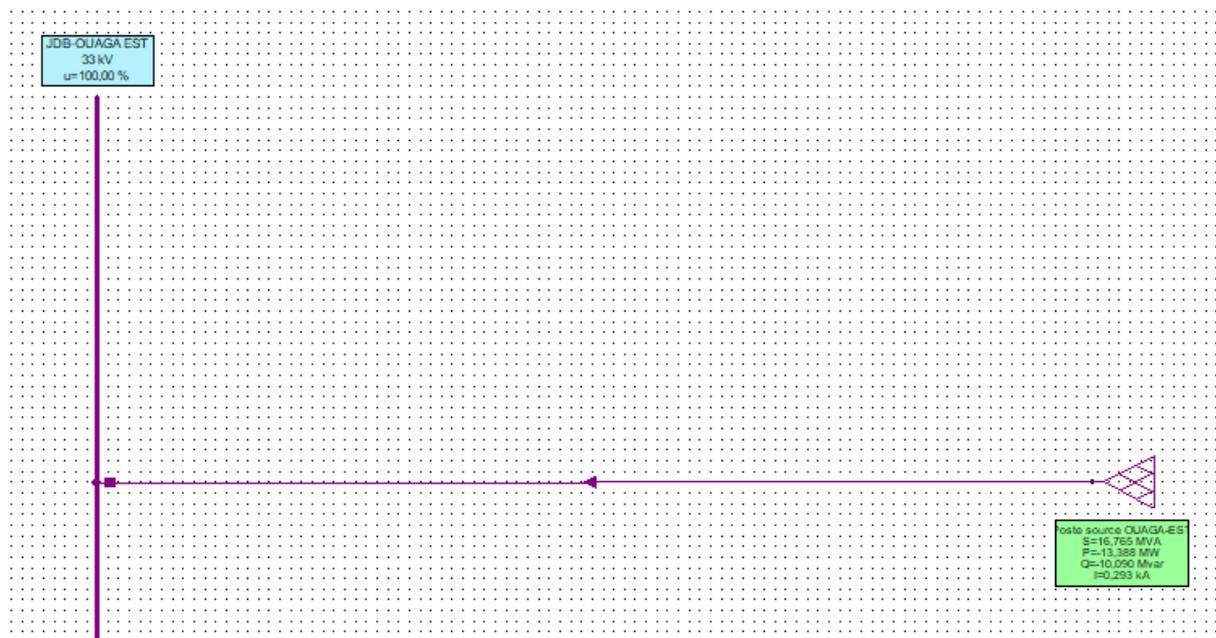


Figure 12 : Illustration de la puissance transitée par la source à la 10^{ème} année

Tableau 16 : Récapitulatif des résultats du réseau à la 10^{ème} année

P(MW)	S(MVA)	Q(MVAr)	ΔP (MW)	ΔQ (MVAr)
-13,388	16,765	-10,090	1,031	2,1692

Tableau 17 : Récapitulatif des pertes de la ligne et des transformateurs à la 10^{ème} année

$\Delta P_L(\text{MW})$	$\Delta Q_L(\text{MVar})$	$\Delta P_T(\text{MW})$	$\Delta Q_T(\text{MVar})$
0,354	0,359	0,678	1,81

IV.2.1. Observation

Nous constatons que P_{10} obtenue par calcul est différente de P_{10} obtenue après simulation sur le logiciel ($12,72 \text{ MW} < 13,388 \text{ MW}$)

L'écoulement de puissance révèle que sur 13,388 MW générées par la source, on enregistre une perte de 1,032 MW soit 8,35%. Nous remarquons la plus grande perte de la puissance active provient des transformateurs, de même nous constatons une chute de tension au niveau de tous les nœuds BT (Annexe X).

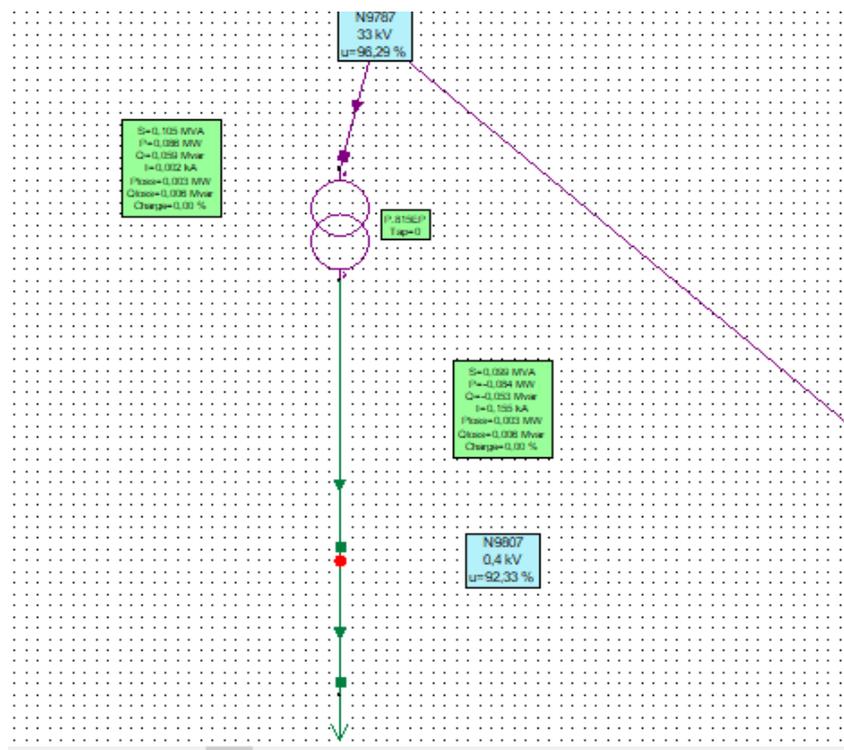


Figure 13: Illustration d'un nœud BT en chute de tension

IV.2.2. Analyse

Les chutes de tension sont localisées au niveau des nœuds BT. Cela est dû à plusieurs facteurs tels que : les longueurs de câbles ou une forte demande de courant par les charges etc.

Les longueurs de câbles n'ayant pas changées, nous supposons qu'il s'agisse d'une forte

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

demande de courant résultant de l'augmentation de la charge à la 10^{ème} année.

Pour ce faire, nous recommandons :

- Augmentation des puissances de transformateurs.

Pour cela, nous procédons au dimensionnement des nouveaux transformateurs suivant l'équation (20), les différentes charges à la 10^{ème} année étant connues.

$$S_n = S_i(1 + \alpha)^n \quad (20)$$

Compte tenu de l'augmentation de la charge (12% par an), la mutation des transformateurs ne doit pas intervenir avant 5ans (SONABEL).

S_n : puissance apparente à la 5^{ème} année

S_i : puissance apparente de l'année initiale (obtenue par simulation de la 10^{ème} année)

α : taux de croissance de la charge (12%)

n : nombre d'année (5ans)

Par application de l'équation (20) ,nous obtenons (Annexe XI) :

Tableau 18:Extrait des résultats de dimensionnement

Nom des postes	S_i (kVA)	S_n (kVA)	$S_{rétenu}$ (kVA)	Nombre de transformateur
P.937	322	567,474	630	1 de 630kVA
P.938	496	874,121	250 et 630	1 de 250 kVA 1 de 630 kVA
P.939	496	874,121	250 et 630	1 de 250 kVA 1 de 630 kVA
April oil Saaba	200	350,468	400	1 de 400kVA
Mairie de Saaba	99	174,471	250	1 de 200kVA
Gnegne	322	567,474	630	1 de 630 kVA
P.692	200	350,468	400	1 de 400 kVA
P .818	99	174 ,471	250	1 de 200kVA
CFPP Saaba	200	350,468	400	1 de 400kVA

A l'issu du changement des transformateurs, la simulation révèle les différents résultats recensés dans les tableaux suivants :

Tableau 19 : Récapitulatif des résultats du réseau à la 10^{ème} année après le passage des transformateurs aux puissances immédiatement supérieures

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE LA DESSERTTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

P(MW)	S(MVA)	ΔP (MW)	ΔQ (MVar)
12,957	15,928	0,6	1,3435

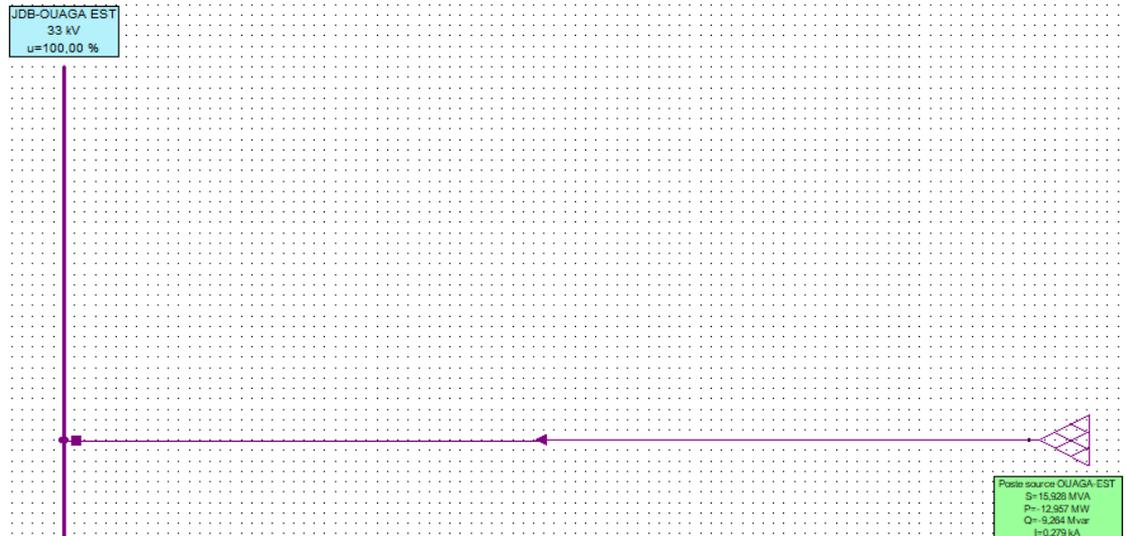


Figure 14 : Illustration des résultats de puissance transmise à la 10^{ème} année après changement des transformateurs

Tableau 20: Récapitulatif des pertes de la ligne et des transformateurs après le changement des transformateurs

ΔP_L (MW)	ΔQ_L (MVar)	ΔP_T (MW)	ΔQ_T (MVar)
0,319	0,299	0,282	1,044

Après le passage des transformateurs aux puissances supérieures, la puissance active du réseau est passée de 13,388 MW à 12,957 MW et les pertes de 1,031 MW à 0,6 MW. Cela montre effectivement que la chute de tension au niveau des nœuds BT a entraîné des pertes sur l'ensemble du réseau.

V. COUT DU PROJET

L'estimation du coût du projet se résume à la détermination du coût de la construction de la ligne. Afin d'établir le devis, nous avons visité les sites internet des fournisseurs et avons estimé les différents prix en ayant recours à la base de données des prix de la SONABEL.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Tableau 21 : Dévis estimatif

Postes	Désignation des ouvrages	Prix (FCFA)
I.	Poste source Ouaga-Est	20 311 000
II.	Construction de la ligne aérienne 33 kV	153 534 060
III.	Construction de la ligne souterraine 33 kV	24 671 900
IV	Remplacement de transformateur	283 650 000
Totaux		482 166 960

Nous arrêtons le coût global de la construction du départ HTA 33 kV à la somme de : **Quatre cent quatre-vingt-deux millions cent soixante-six mille neuf cent soixante FCFA.**

CONCLUSION

Dans le cadre de notre mémoire, nous avons réalisé une étude pour la création d'un départ HTA 33 kV en vue du renforcement de la desserte électrique dans la commune de Saaba. Cette étude initiée par la SONABEL pour assurer la sécurité de la distribution de l'énergie dans la commune.

Les objectifs de ces études ont été, le dimensionnement électrique et mécanique de la ligne, sa modélisation et l'évaluation du coût du projet.

Pour ce faire, nous avons effectué le dimensionnement électrique qui a conduit à la détermination de la section de 148 mm².

Nous avons ensuite effectué le dimensionnement mécanique de la ligne sur ce logiciel, qui a permis de déterminer les efforts des 156 supports dont les équipements qui les composent diffèrent en fonction des sollicitations qui y sont appliquées.

Par la suite nous avons modélisé et simulé le départ sur Neplan ce qui a révélé des chutes de tension au niveau des nœuds BT à la 10^{ème} année. Ces chutes entraînent des pertes sur l'ensemble du réseau HTA.

Nous avons estimé le coût de la construction de la ligne est de **198 516 960 FCFA**.

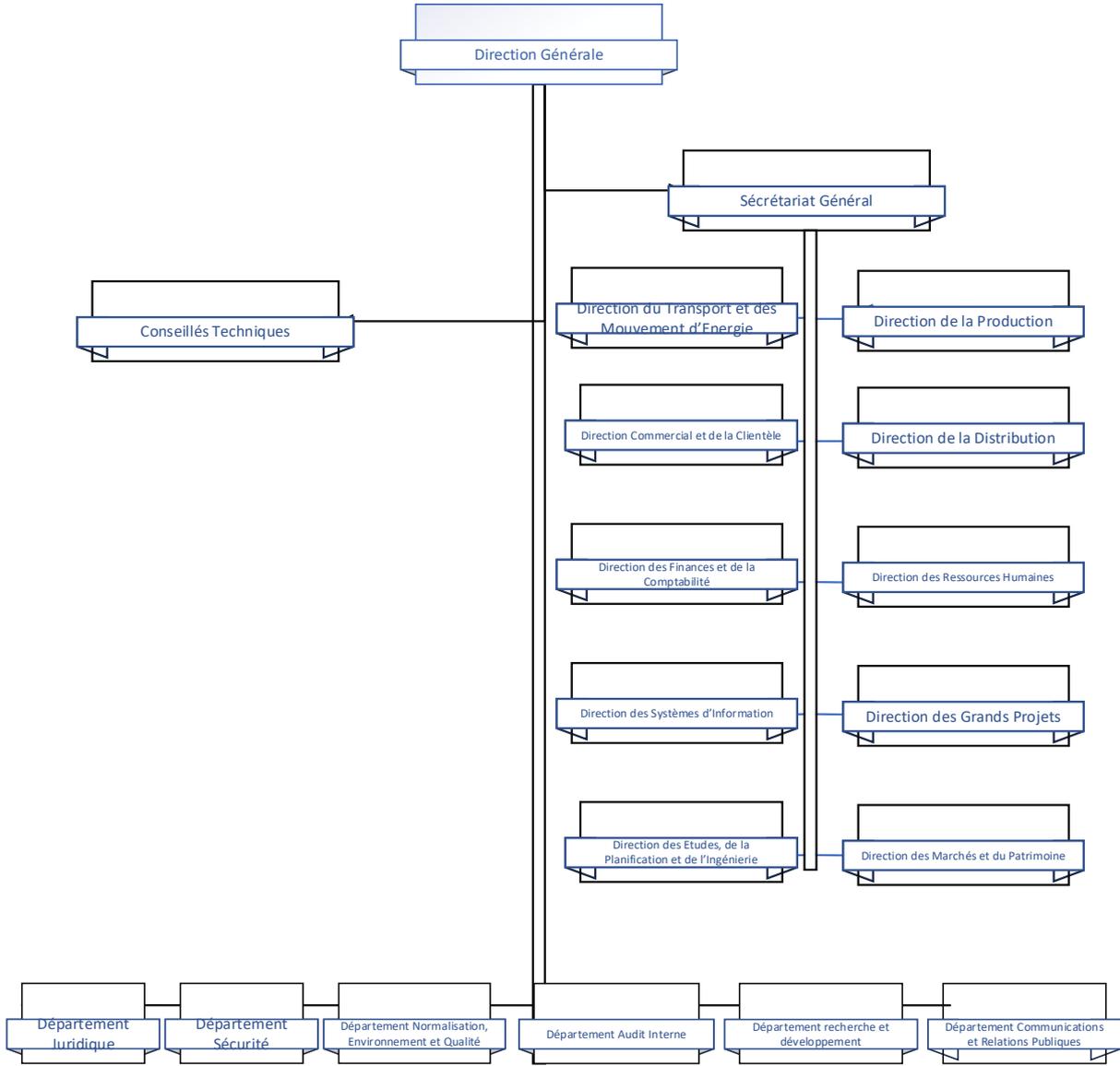
Enfin, nous recommandons à la SONABEL de changer progressivement les transformateurs de Saaba jusqu'à la 10^{ème} année. Le coût du remplacement des transformateurs est estimé **283 650 000 FCFA**. Toutefois il s'agit d'une solution parmi tant d'autres telle que la compensation qui n'a pas été développée dans ce document.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Institut National de la Statique et de la Démographie (DNSD), « monographie_du_centre_5e_rgph.pdf »,2022.
- [2]GOUBA.G.Christophe« Mémoire_Final_Master_GOUBA_Gatien_Christophe_20140151_OK (1).pdf »,2023.
- [3] « Réseau électrique - Structure des réseaux électriques », Techno-Science.net. Consulté le: 16 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Reseau-electrique-page-2.html>
- [4] Schneider Electric, « Guide_de_conception_reseaux_Schneider_top.pdf ».[en ligne]
- [5] « Structures topologiques des réseaux électriques – Apprendre en ligne ». Consulté le: 16 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.clicours.com/structures-topologiques-des-reseaux-electriques/>
- [6] « Page sans titre ». Consulté le: 13 octobre 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://france-habilitation-electrique.com/40a7e8e6_bcb7_471f_a980_ccf49794c4e9.html
- [7] Norme Internationale« IEC 60909-0 Jul 01.pdf » ,première édition 2001-7.
- [8] « D4422-Conducteurs et câbles de garde.pdf ».
- [9] Schneider Electric « guide de conception MT.pdf »,2005.
- [10] Norme Française,« NF C 13-200 Sep 09.pdf »,2009.

ANNEXES

Annexe I : Organigramme de la SONABEL



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe II : Extrait de charge des transformateurs

Postes	S(kVA)	Taux de charge %
972	160	85
889	250	70
852	160	70
818	100	65
385	160	70
Eglise Catho	100	65
Marie de Saaba	50	65
April Oil Saaba	100	65
CFPP Saaba	100	65
Boulangerie W.K	50	70
université	400	65
783	160	68
852	160	65
498	160	100
496	630	75
497	160	65
692	160	87
889	250	90
938	160	100
p1	160	100
p2	160	100
p3	160	100
p4	160	100
p5	160	100
p6	160	100
p7	100	85
p	250	100

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe III: Fiche technique du câble aérien

Les câbles ASTER 148MM ²				
Le point	DESCRIPTION	Les unités	Proposer	Offrir soumissionnaire
1	Fabricant	–	–	Zhengzhou câble yifang Co. Ltd
1.1	N° de modèle de type	–	–	ASTER 148mm ²
1.2	Pays d'origine	–	–	La Chine
2	Spécifications de l'utilisation	–	–	
	Général			
2.1	Section nominale	Mm ²	148	148
2.2	Nombre	U	19	19
2.3	Diamètre nominal diamètre des fils	Mm	3, 15	3, 15
2.4	Câble externe	Mm	15, 75	15, 75
2.5	Propriétés mécaniques et électriques			
2.5. 1	Masse par unité de longueur du câble	Kg/km	407	404
2.5. 2	Câble de la densité linéaire graissé	Kg/km	–	N/A
	Charge de rupture	DaN	4765	4765
	Module d'élasticité	Hbar	5700	5700
2.5. 3	Résistance à 20 ° C	Ohm/km	0, 224	0, 224
2.5. 4	Intensité admissible de l'été	Un	365	365
3	Normes industrielles		NF C 11-201 NF C 34 – 125 CEI 61 089 CEI 60 104 en 1715 – 1	Le NFC 34-125 IEC 61089
4	L'installation		À l'extérieur	À l'extérieur
4.1	L'emballage			
	– Rabatteur	M		1900±5%

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe IV:Caractéristiques électriques de l'IACM

TENSION NOMINALE (KV)	24		36	
	DISTANCE D'ISOLEMENT (MM)	884	1020	1020
CAPACITÉ DE RUPTURE NOMINALE (A)	50	100	50	100
COURANT NOMINAL EN FONCTIONNEMENT CONTINU (A)	400	400	400	400
CAPACITÉ DE FERMETURE DE COURT-CIRCUIT (KA) (KA)	31,5	31,5	31,5	31,5

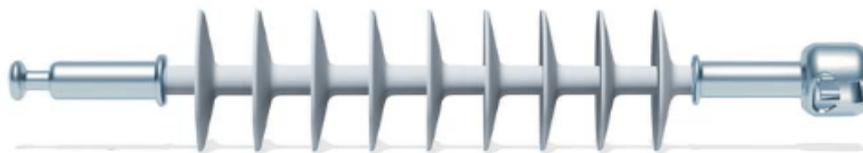
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe V:Caractéristiques électriques du parafoudre

RÉFÉRENCE	TENSION ASSIGNÉE (KV)	LIGNE DE FUIITE(MM)	TENSION EN RÉGIME PERMANENT UC (KV)	TENSION RÉSIDUELLE MAXIMALE EN ONDE À COURANT NOMINAL DE DÉCHARGE (KV)
---	15	386	12	47
---	18	520	14	55
---	21	750	17	63
---	24	750	19,5	70
---	30	890	24	90
---	33	890	26,4	99
---	36	1134	29	110

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe VI:Caractéristiques électriques de l'isolateur



RÉFÉRENCE	DÉSIGNATION CEI	NOMBRE DE JUPES	LIGNE DE FUIITE(MM)	TENSION DE TENUE AU CHOC DE Foudre (KV)	TENSION DE TENUE À FRÉQUENCE INDUSTRIELLE À SEC (KV)	PAS (MM)	CMS (KV)
14543	MAX CS70 SB 16- 180/842	7	842	180	90	448	70
14489	MAX CS70 SB 16- 200/960	8	960	200	100	476	70
---	MAX CS70 SB 16- 220/1080	9	1080	220	100	503	70
---	MAX CS70 SB 16- 240/1316	11	1316	240	130	545	70

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe VII: Caractéristiques du câble MT NFC 33-226 178/30 (36) kV)

Caractéristiques de construction		
Couleur de la gaine		Noir
Ecran	Ruban aluminium longitudinal collé à la gaine extérieure	
Flexibilité de l'âme		Câblé classe 2
Forme de l'âme		Circulaire
Gaine extérieure		PE
Isolation		XLPE
Matière constituant l'étanchéité longitudinale		Poudre gonflante
Matière du semi-conducteur extérieur	Elastomère extrudé cannelé pelable	
Matière du semi-conducteur intérieur	Polyéthylène réticulé extrudé	
Caractéristiques électriques		
Tension de service nominale U ₀ /U		18 / 30 (36) kV
Caractéristiques mécaniques		
Résistance mécanique aux chocs		Bonne
Caractéristiques mécaniques		
Flexibilité du câble		Rigide
Caractéristiques d'utilisation		
Non propagateur de la flamme		C2, NF C 32-070
Résistance aux intempéries		Bonne
Résistance chimique		Accidentelle
Etanchéité		AD7
Facteur de courbure en cours de pose		15 (xD)
Température maximale sur l'âme		90 °C
Température maximale sur l'âme en court circuit		250 °C

Annexe VIII : fiche technique de cellule interrupteur



Cubicle, SM6-36, CM, IAC 16kA 1s,
16kA 1s, 630A, 30kV

SM62ME36I4M606CR02

Principales

Gamme de produit	SM6
Type de technologie	Cellule isolée dans l'air
Nom de l'appareil	CM 750
Type de produit ou équipement	Mètre
Classification arc interne	A-FL
Tenue arc interne	16 kA 1 s
Fréquence du réseau (fr)	50/60 Hz
Tension assignée (Ur)	36 kV
Niveau d'isolement ondes de choc 1,2/50 μ s (Up)	195 kV crête
[Uimp] tension assignée de tenue aux chocs	60 kV rms 50 Hz pour 1 min
Courant assigné de courte durée admissible (Ik)	16 kA rms 1s
Normes	IEC 62571-100

Complémentaires

Transformateur tension primaire	33 kV/V3
Courant assigné jeu de barres (Ir)	60 A
Type d'unité de commande	CS manuel
Type de fusible HTA	DIN 6,3 A percuteur

Ce document n'est pas destiné à remplacer ni ne peut servir à déterminer l'adéquation ou la fiabilité de ces produits dans le cadre d'une application spécifique.

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe IX: Résultats de dimensionnement

Sup. Nom	Fonc.	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef. ks	Fouilles : a x b x h (m)	Sol
1	AS	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
2	DA	100	12 A 6.5	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
3	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
4	DA	100	12 A 6.5	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
5	DA	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
6	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
7	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
8	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
9	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
10	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
11	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
12	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
13	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
14	DA	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
15	DA	100	12 A 6.5	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
16	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
17	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
18	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
19	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
20	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Sup. Nom	Fonc.	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef. ks	Fouilles : a x b x h (m)	Sol
21	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
22	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
23	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
24	SF	0	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
25	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
26	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
27	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
28	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
29	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
30	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
31	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
32	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
33	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
34	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
35	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
36	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
37	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
38	AD	0	13 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.15	C3
39	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
40	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
41	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
42	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
43	DA	100	12 JA 4	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Sup. Nom	Fonc.	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef. ks	Fouilles : a x b x h (m)	Sol
44	DA	100	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
45	DA	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
46	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
47	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
48	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
49	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
50	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
51	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
52	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
53	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
54	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
55	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
56	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
57	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
58	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
59	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
60	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
61	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
62	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
63	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
64	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
65	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
66	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Sup. Nom	Fonc.	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef. ks	Fouilles : a x b x h (m)	Sol
67	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
68	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
69	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
70	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
71	SF	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
72	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
73	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
74	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
75	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
76	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
77	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
78	DA	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
79	SF	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
80	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
81	DA	100	12 A 5	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
82	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
83	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
84	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
85	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
86	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
87	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
88	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
89	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Sup. Nom	Fonc.	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef. ks	Fouilles : a x b x h (m)	Sol
90	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
91	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
92	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
93	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
94	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
95	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
96	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
97	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
98	DA	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
99	DA	100	12 JA 6,5	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
100	DA	100	12 JA 6,5	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
101	DA	100	12 JA 5	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
102	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
103	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
104	DA	100	12 JA 8	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
105	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
106	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
107	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
108	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
109	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
110	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
111	DA	100	12 A 8	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
112	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Sup. Nom	Fonc.	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef. ks	Fouilles : a x b x h (m)	Sol
113	DA	100	12 JA 4	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
114	DA	100	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
115	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
116	DA	100	12 JA 6,5	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
117	DA	100	12 JA 4	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
118	DA	100	12 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 1.9	C3
119	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
120	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
121	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
122	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
123	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
124	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
125	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
126	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
127	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
128	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
129	DA	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
130	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
131	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
132	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
133	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
134	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
135	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Sup. Nom	Fonc.	Orient. gr	Support Proposé	Hypo	Coef. ks	Fouilles : a x b x h (m)	Sol
136	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
137	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
138	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
139	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
140	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
141	DA	100	12 JA 4	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
142	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
143	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
144	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
145	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
146	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
147	AD	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
148	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
149	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
150	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
151	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
152	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
153	SF	100	13 A 3	A2	1.2	-1 x -1 x 1.8	C3
154	DA	100	12 JA 4	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3
155	DA	100	13 A 3	A2	1.75	-1 x -1 x 2	C3
156	AS	0	12 JA 10	A2	1.75	-1 x -1 x 2.1	C3

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe X:Extrait des Nœuds en chute de tension à la 10ème année

17	Noeuds	%				
18	N9807	92,33				
19	N9455	90,88				
20	N9337	90,2				
21	N10237	90,1				
22	N7873	89,96				
23	N9630	89,49				
24	N9423	89,42				
25	N7586	89,34				
26	N9772	89,11				
27	N7490	88,92				
28	N7838	88,81				
29	N9202	88,76				
30	N7624	88,75				
31	N9500	88,65				
32	N9545	88,64				
33	N9233	88,64				
34	N9574	88,64				
35	N7666	88,61				
36	N8048	88,54				
37	N8013	88,2				
38	N7943	88,13				
39	N7914	88,06				
40	N7525	88,01				
41	N7978	87,97				
42	N9281	87,88				
43	N8124	87,61				
44	N8159	87,61				
45	N8188	87,61				
46	N9334	87,26				
47	N9703	86,06				
48	N8251	85,71				
49	N8297	85,57				
50	N7698	83,76				

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

Annexe XI : Résultats du dimensionnement des transformateurs

Nom des postes	Si(kVA)	Sn(kVA)	Srétenu(kVA)	Nombre de transformateur
P.937	322	567,474	630	1 de 630kVA
P.938	496	874,121	250 et 630	1 de 250 kVA 1 de 630 kVA
P.939	496	874,121	250 et 630	1 de 250 kVA 1 de 630 kVA
April oil Saaba	200	350,468	400	1 de 400kVA
Mairie de Saaba	99	174,471	250	1 de 250kVA
Gnegne	322	567,474	630	1 de 630 kVA
P.692	200	350,468	400	1 de 400 kVA
P .818	99	174 ,471	250	1 de 250kVA
CFPP Saaba	200	350,468	400	1 de 400kVA
P.889	415	731,371	250 et 630	1 de 250kVA 1 de 630kVA
P.972	252	444,11	250 et 250	2 de 250kVA
P.498	294	518,128	160 et 400	1 de 160kVA 1 de 400kVA
P.497	192	338,369	400	1 de 400kVA
P.783	200	352,468	400	1 de 400kVA
P.385	206	363,042	400	1 de 400kVA
P.496	870	1533,23	630*2 et 400	2 de 630kVA 1 de 400kVA
P.852	206	363,468	400	1 de 400kVA
Château TA	119	209,718	250	1 de 250kVA
ONEA	192	338,369	400	1 de 400kVA
P.814EP	260	458,208	630	1 de 630kVA
P.114	161	283,737	400	1 de 400 kVA
P4	301	530,464	630	1 de 630kVA
P2	192	338,369	400	1 de 400kVA
P.949	196	345,418	400	1 de 400kVA

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

P.817	196	345,418	400	1 de 400kVA
P.352	196	345,418	400	1 de 400kVA
B W K	91	160,373	160	1 de 160kVA
P3	294	518,128	630	1 de 630kVA
P.815EP	59	103,978	160	1 de 160kVA
Château ONEA	196	345,418	400	1 de 400kVA
P.940	294	518,128	630	1 de 630kVA
P.941	294	518,128	630	1 de 630kVA
Eglise C Saaba	119	209,718	250	1 de 250kVA
Université	479	844,161	250 et 630	1 de 250kVA
P.385	206	363,042	400	1 de 400kVA
P.950	252	444,110	630	1 de 630kVA

Annexe XII: Devis estimatif du projet

POSTE	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	QUAN- TITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
I	POSTE SOURCE DE OUAGA-EST				
	<i>Fourniture et pose de :</i>				
I.1	01 cellule départ DM 1250A 36KV		1	20 000 000	20 000 000
I.2	Mise à la terre de la masse métallique		1	300 000	300 000
I.3	Identification de la cellule		1	11 000	11 000
	TOTAL I				20 311 000
II	CONSTRUCTION DE LIGNE HTA AERIENNE 33 KV				
	<i>Fourniture et pose de :</i>				
II.1	Support PBA 12 A 1250 jumelé équipé de : HA Renfort+ 3CAN composites+1 jeu de 3 parafoudres 36kV+MALT M	ENS	2	1640000	3280000
II.2	Support PBA 12 A 1250 équipé de :	ENS	4	1300000	5200000

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

	2HA+6CAN+1CAL composites				
II.3	Support PBA 12 A 2000 jumelé équipé de : 2HA+6CAN+1CAL composites	ENS	2	1800000	3600000
II.4	Support PBA 12A 1000 équipé de : 2HA+6CAN+1CAL composites	ENS	6	1100000	6600000
II.5	Support PBA 12A 650 Jumelé équipé de : 2HA+6CAN+1CAL composites	ENS	16	900000	14400000
II.6	Support PBA 12A 800 équipé de : 2HA +6CAN +1CALcomposites	ENS	8	1000000	8000000
II.7	Support PBA 12A 300 équipé de : 2HA +6CAN +1CALcomposites	ENS	16	700000	11200000
II.8	Support PBA 12A 1600 Jumelé équipé de : 2HA+ 6CAN+1CAL composites	ENS	24	1500000	36000000
II.9	Support PBA 13A 800 équipé de : 3BIS + 3 CAL composites	ENS	98	640 000	62 720 000
II.10	Support PBA 12A 1600 Jumelé équipé de : HA+Renfort+3CAN composites+1 jeu de 3parafoudres 36kV+MALT M	ENS	1	1 840 000	1 840 000
II.11	Câble Almélec 148mm ²	m	33,624	2 500	84 060
II.12	IACM-1 36kV	U	1	250 000	250 000
	IACM-2 36kV	U	1	200 000	200 000
II.13	Numérotation de support	U	156	1 000	156 000
II.14	Numérotation de IACM	U	2	2 000	4 000
	TOTAL II				153 534 060
III	CONSTRUCTION DE LA LIGNE SOUTERRAINE 33kV				
	<i>Fourniture et pose de:</i>				

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE LIGNE HTA 33kV EN VUE DU RENFORCEMENT DE
LA DESSERTE ELECTRIQUE DANS LA COMMUNE DE SAABA

III.1	Tranchée busée PVC+160 pressions+sable+grillage avertisseur	m	153	13 300	2 034 900
III.2	Câble NFC 226 3*240 mm ² ALU 36kV	m	735,9	30 000	22 077 000
III.3	Extrémités extérieures 33kV 240 mm ²	ENS	2	150 000	300 000
III.4	Extrémités intérieures 33kV 240mm ²	ENS	2	130 000	130 000
	TOTAL III				24 671 900
IV	Recommandation				
IV.1	Transformateur 160kVA	U	3	3050000	91 50 000
IV.2	Transformateur 250kVA	U	10	4270000	42 700 000
IV.3	Transformateur 400kVA	U	17	6100000	103 700 000
IV.4	Transformateur 630kVA	U	14	9150000	128 1000 000
	TOTAL IV				283 650 000
	TOTAUX				482 166 960