



ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR 2iE
AVEC GRADE DE MASTER

SPECIALITE : GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE

Présenté et soutenu publiquement le [02/10/2018] par

Boalidjoa Ephraïm Nagib Franklin LOMPO

Travaux dirigés par : Sani MOUSSA KADRI
Assistant d'Enseignement et de Recherche
Département GEEI, 2iE

Maitre de mémoire : Georges Vididomai PODA
Directeur Régional du Centre-Ouest, SONABEL

Jury d'évaluation du stage :

Président : Justin BASSOLE

Membres et correcteurs : Sani MOUSSA KADRI
Ahmed ZONGO

Promotion [2017/2018]

DEDICACES

A

DIEU le Père tout Puissant et Miséricordieux !

REMERCIEMENTS

Au terme de la rédaction de ce mémoire, c'est un devoir agréable pour nous d'exprimer en quelques lignes, notre profonde gratitude envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Nous tenons à adresser nos sincères remerciements :

A l'ensemble du corps enseignant et le personnel de l'Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) ;

*M. **Sani MOUSSA KADRI** notre encadreur pédagogique, Assistant d'Enseignement et de Recherche à l'Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), pour son encadrement fructueux, sa générosité et son suivie tout au long de ce projet.*

*M. **PODA Vididomai Ulrich Georges**, SONABEL, Directeur Régional du Centre-ouest, notre encadreur, pour nous avoir suivie avec rigueur et encourager tout au long de notre stage.*

*M. **OUEDRAOGO Raouda**, SONABEL, Directeur de la Distribution du KADIOGO, pour son suivie et encouragements tout au long de notre stage ;*

*M. **ZAGRE Francis**, SONABEL, Chef de service Travaux Sous Tension ; pour nous avoir accueilli et a mis à notre disposition de tous les moyens nécessaires à l'accomplissement de ce projet ;*

*M. **Pierre NIKIEMA**, SONABEL, Chef de division Conduite et contrôle du Système Electrique, qui a été toujours disponible pour nous accompagner dans notre tâche ;*

Les travailleurs de la SONABEL que nous avons côtoyés,

Aux membres du jury, pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail ;

*M. **ILBOUDO Tegawende Parfait** étudiant en Génie industriel, et **AKONO ESSOUMA Cédric** étudiant en master 2 génie électrique pour leurs précieux soutiens et conseils ;*

A tous mes amis et camarade de l'Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE), pour ces bons moments passer ensemble ;

Enfin à toute notre famille pour son prières et accompagnements pour le bon déroulement de ce projet.

RESUME

Le présent mémoire traite de l'étude de la stabilité statique du réseau de distribution HTA 15 kV au poste source de OUAGA 2. En effet, il s'agit de la seconde phase du projet de la SONABEL visant à modéliser tout le réseau de distribution 15 kV de la ville de Ouagadougou à travers ses sept postes sources. Pour cela, il y a eu lieu d'abord de réaliser une collecte de données qui vise à recueillir l'ensemble des informations nécessaires à la réalisation de la modélisation. Aussi, une prévision de la charge de OUAGA 2 a été réalisée pour la période de 2017 à 2030 pour étudier le comportement du réseau face à cette évolution de la charge. Ainsi les calculs d'écoulements de puissances ont montré que le réseau en l'état ne pouvait que tenir de 2017 à 2020 car après 2020 les calculs d'écoulements de puissance ne convergent plus. Aussi plusieurs départs font cas d'instabilité tel que les départs 18, 13,14,15,16, et 20. Les lignes de ces départs sont surchargées et font beaucoup plus cas de chute de tension au niveau de leurs nœuds. Pour éradiquer ces problèmes il faudrait mettre en place un plan de restructuration du réseau visant à alléger ces départs surchargés par leur renforcement et par la création de nouveaux départs. Ce qui aboutit à une création de 6 nouveaux départs nommés 18 BIS, 14 BIS, 15 BIS, 16 BIS, 13 BIS, et 20 BIS, qui permettrons d'assurer le transit de l'énergie électrique jusqu'à l'horizon 2030.

Mots Clés :

1. Stabilité statique
2. Réseau de distribution
3. Modélisation
4. Ecoulement de puissance
5. Qualité de service

ABSTRACT

This thesis deals with the study of the static stability of the 15 kV HTA distribution network at the OUAGA 2 source substation. This is the second phase of the SONABEL project to model the entire 15 kV distribution network of the city of Ouagadougou through its seven source substations. To this end, it was first necessary to perform a data collection. This collection aims to build the set of information needed to carry out the modeling. Also, a forecast of the load level of OUAGA 2 was carried out for the period 2017 - 2030 to study the behavior of the network facing this evolution of the load. Thus, the power flow calculations showed that the network in the state could only hold from 2017 to 2020 because after 2020 the calculations of power flows no longer converge. Also, several outcomes are cases of instability such as outcomes 18, 13,14,15,16 and 20. The lines of these outcomes are overloaded and make much more case of voltage drop at their nodes. To eradicate these problems, a network restructuring plan should be put in place to alleviate these overloaded outcomes by strengthening them and creating new outcomes. This leads to the creation of 6 new incomes named 18 BIS, 14 BIS, 15 BIS, 16 BIS, 13 BIS, and 20 BIS, which will allow the transit of electricity up to 2030.

Key word :

1. Static stability
2. Distribution network
3. Modeling
4. Power flow
5. Service quality

SIGLES ET ABREVIATIONS

% Pertes :	Pourcentage de pertes par rapport à la puissance active consommée, Puissance réactive consommée par la charge
BTA :	Basse tension A
BTB :	Basse tension B
CEI :	Commission Électrotechnique Internationale
ENERGIE AOF :	Energie de l'Afrique occidentale Française
EPIC :	Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial
HTA :	Haute tension A
HTB :	Haute tension B
I_i :	Courant injecté à un jeu de barre i , : Courant injecté à un jeu de barre i
MWc :	Megawatt crête
NFC :	Near field communication
P charge :	Puissance réactive consommée par la charge
P imp :	Puissance active importée
P perte :	Puissance active perdue
P_i et Q_i :	Puissance active et réactive injectée au jeu de barre i
Q :	Puissance réactive
Q charge :	Puissance réactive consommée par la charge
Q imp :	Puissance réactive importée
Q perte :	Puissance réactive perdue
SAFELEC :	Société d'Economie Mixte Multinational
S_i :	Puissance apparente injectée à un jeu de barre i
SIG :	Système d'information géographique
SONABEL :	Société Nationale d'Electricité du Burkina
TBT :	Tres basse tension

V :	Module de la tension
V_m :	Tension d'un jeu de barre m
V_m et δ_m :	Module et phase de la tension au jeu de barre m
VOLTELEC :	Société Voltaïque d'Electricité
Y:	Admittance
Y_i et Y_m:	Module et argument de l'élément im de la matrice d'admittance
δ :	La phase de la tension

SOMMAIRE

DEDICACES.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
SOMMAIRE	viii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES FIGURES	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE	3
I. Présentation de la structure d'accueil	3
II. Généralité sur les réseaux électriques et principe de la stabilité	4
III. Présentation du système électrique de la ville Ouagadougou.....	7
IV. Méthodologie.....	10
CHAPITRE 2 : ETUDE THEORIQUE DE L'ECOULEMENT DE PUISSANCE	13
I. Analyse de l'écoulement de puissance	13
II. Matrice d'admittance nodale	13
CHAPITRE 3 : COLLECTE DE DONNEES, ET MODELISATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION	17
I. Collecte de données du réseau de OUAGA 2.....	17
II. Modélisation du réseau de distribution de OUAGA 2	21
CHAPITRE 4 : RESULTATS ; ANALYSES ET PROPOSITION DE SOLUTIONS	32
I. Critère de stabilité et hypothèses de simulation	32
II. Présentation des résultats.....	33
III. Analyse des résultats	38
IV. Proposition de solutions	39
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	43
BIBLIOGRAPHIE	44

ANNEXE 1 : Schéma unifilaire du poste de OUAGA 2.....	I
ANNEXE 2 : Collecte de données sur les transformateurs.....	III
ANNEXE 3 : Données sur les conducteurs.....	VI
ANNEXE 4 : Extrait de la campagne de mesures.....	XVII
ANNEXE 5 : Résultats simulations sur la topologie en 2017.....	XXII
ANNEXE 6 : Résultats des simulations sur la topologie en 2018.....	XXVI
ANNEXE 7 : Résultats des simulations sur la topologie en 2020.....	XXX
ANNEXE 8 : Résultats des simulations nœuds et éléments.....	XXXIV
ANNEXE 9 : Nouvelles répartition des postes sources	XLVI
ANNEXE 10 : Travaux de restructuration du réseau de distribution.....	XLVII
ANNEXE 11 : Réseau OUAGA 2 avec nouveaux départs simulés.....	LV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification des réseaux en fonction du niveau de tension.....	4
Tableau 2 : Résumé des éléments du poste source de OUAGA 2.....	10
Tableau 3 : Facteurs d'échelle par départs.....	19
Tableau 4 : Caractéristiques électriques des transformateurs TRANSFIX	20
Tableau 5 : Caractéristiques électriques des conducteurs aériens	20
Tableau 6 : Caractéristiques électriques des conducteurs souterrains	21
Tableau 7 : Résultats des simulations par départ en 2017.....	37
Tableau 8 : Résultats des simulations par départ en 2018.....	37
Tableau 9 : Résultats des simulations par départ en 2020.....	37
Tableau 10 : Renforcement de lignes 15 kV période 2017-2022	40
Tableau 11 : Estimation du budget.....	41
Tableau 12 : Répartition des poste selon leur type et leur statut	III
Tableau 13 : Transformateur marque NOVARE NEXAN.....	III
Tableau 14 : Transformateur marque MINERA SCHNEIDER	III
Tableau 15 : Transformateur marque SACEM	IV
Tableau 16 : Transformateur marque BELTRANSFO.....	IV
Tableau 17 : caractéristiques des transformateurs selon le spécification technique SONABEL	IV
Tableau 18 : Répartition des conducteurs par départs.....	VI
Tableau 19 : Distance entre les nœuds	VI
Tableau 20: Extrait de la campagne de mesures.....	XVII
Tableau 21 : Nœuds en défaut en 2017	XXXIV
Tableau 22 : Lignes surchargés en 2017	XXXV
Tableau 23 : Transformateurs surchargés.....	XXXVI
Tableau 24 : Nœuds en défaut en 2018	XXXVII
Tableau 25 : Lignes surchargés en 2018	XXXVIII
Tableau 26 : Transformateurs surchargés en 2018.....	XXXIX
Tableau 27 : Nœuds en défaut en 2020	XLI
Tableau 28 : Lignes surchargées en 2020.....	XLIII
Tableau 29 : Transformateurs surchargés en 2020.....	XLIV
Tableau 30 : Création de nouveaux départs à partir de 2022	XLVII
Tableau 31 : Renforcement des départs à partir de 2022	XLVII
Tableau 32 : Transformateurs à muter en 2017.....	XLVII
Tableau 33 : Transformateurs à muter 2018.....	XLVIII
Tableau 34 : Transformateurs à muter en 2018.....	XLIX
Tableau 35 : Transformateurs à muter en 2019.....	L

Tableau 36: Transformateurs à muter en 2020.....	LI
Tableau 37 : Transformateurs à muter en 2025.....	LI
Tableau 38 : Transformateurs à muter en 2030.....	LIII
Tableau 39 : Résultats simulation du réseau de OUAGA 2 avec les nouveaux départs.....	LX

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Classification des types de réseaux selon leur fonction.....	5
Figure 2 : Classification selon la topologie d réseau.....	5
Figure 3 : Localisation des centrales Diesels et Postes sources [6].....	7
Figure 4 : Schémas du réseau de répartition de Ouagadougou [6].....	8
Figure 5 : Aperçu du tracé du réseau de distribution 15 kV de Ouagadougou [6]	9
Figure 6 : Interface utilisateur MAPINFO	11
Figure 7 : Interface utilisateur NEPLAN.....	12
Figure 8 : Réseau à 3 nœuds.....	14
Figure 9 : Modèle générale d'un transformateur à 2 enroulements	22
Figure 10 : Model et paramètres d'entrée des données des transformateurs à 2 enroulements.	22
Figure 11 : Modèle générale des lignes électriques.....	23
Figure 12 : Modèle en PI d'une ligne.....	23
Figure 13 : Modèle d'une ligne entre deux nœuds et paramètres électriques dans NEPLAN	24
Figure 14 : Modèle statique d'une charge par son admittance équivalente	25
Figure 15 : Modèle d'une charge, et paramètres électriques dans NEPLAN	25
Figure 16 : Signification des éléments dans NEPLAN	27
Figure 17 : Légende du réseau de OUAGA 2 modélisé.....	27
Figure 18 : Départs 19, 12, 18, 14, 20, 17 OUAGA 2.....	28
Figure 19 : Suite des départs 18, 14 et 20.....	29
Figure 20 : Départs 15, 16, 13 BIS, 13, 11 OUAGA 2.....	30
Figure 21 : Suite des départs 15, 16 et 13 BIS	31
Figure 22 : Résultats simulations 2017, Départs 19,12,18,14,20,17	34
Figure 23 : Résultats simulations 2018, Départs 19,12,18,14,20,17	35
Figure 24 : Résultats simulations 2020, Départs 19,12,18,14,20,17	36
Figure 25 : Schémas unifilaire simplifié du poste de OUAGA 2.....	II
Figure 26 : Simulation en 2017 résultats départ 19,12,18,14,20 et 17	XXIII
Figure 27 : Suite départs 18,20 , 14.....	XXIII
Figure 28 : Simulation en 2017 des départs 15, 16,13 BIS , et 11	XXIV
Figure 29 : Suite des départs 15, 16, 13 BIS	XXV
Figure 30 : Simulations 2018, départs 19,12,18,14,20,17	XXVI
Figure 31 : Suite des départs 18,14 et 20.....	XXVII
Figure 32 : Simulation en 2018 des départs 15, 16; 13BIS et 11	XXVIII
Figure 33 : Suite départs 15, 16 et 13BIS.....	XXIX
Figure 34 : Simulation en 2020 des départs 19,12,18,14,20 et 17.....	XXX
Figure 35 : Suite des départs 18,14 et 20.....	XXXI

Figure 36 : Simulation en 2020 des départs 15, 16; 13BIS et 11	XXXII
Figure 37 : Suite départs 15, 16 et 13BIS.....	XXXIII
Figure 38 : Nouvelle répartition des postes sources [6]	XLVI
Figure 39 : Légende du réseau de OUAGA 2 simulé avec les nouveaux départs	LV
Figure 40 : Départs 19, 12, 18, 14, 20, 17, 14 BIS, 20 BIS.....	LVI
Figure 41 : Départ 18 BIS et suite de départs 20, 14 BIS, 20 BIS	LVII
Figure 42 : Départs 15, 16, 13BIS, 13, 11, 16 BIS SUITE, 13 BIS 2	LVIII
Figure 43 : Départs D 15 BIS, 16 BIS et suite des départs 15, 13 BIS	LIX

INTRODUCTION

L'énergie électrique, est une ressource capitale pour le développement économique et humain d'un pays. La disponibilité de l'énergie électrique est un bon indicateur du degré de satisfaction de tous les besoins humains (eau, alimentation, santé, éducation) et économiques (agriculture, commerce, etc.). Cette disponibilité doit faire face à l'enjeu de l'augmentation de la consommation d'énergie électrique qui a presque doublé depuis les années 1970 dans le monde [1]. C'est pourquoi il est de la responsabilité du gestionnaire de réseaux de garantir un certain niveau de qualité de l'électricité aux utilisateurs. Une qualité qui passe par la continuité de service (coupure d'électricité), la qualité de tension (perturbation du fonctionnement des appareils) et la qualité de service (relation gestionnaire de réseaux et utilisateurs).

Au Burkina Faso, la consommation en électricité augmente de plus de 13% par an [2]. Et Ouagadougou la capitale, est le plus grand centre de consommation, avec le plus grand réseau de distribution du pays. Cette augmentation considérable de la consommation d'énergie électrique est devenue un enjeu majeur pour le gestionnaire du réseau (SONABEL). En effet, la SONABEL, depuis 2010 n'a plus fait attention à l'impact de l'évolution exponentielle du nombre d'abonnés sur son réseau de distribution [3], ce qui affecte par conséquent le niveau de la qualité et la disponibilité d'énergie électrique offerte.

Ainsi pour faire face à cela, la SONABEL a lancé depuis 2015 un projet, visant à modéliser l'ensemble du réseau de distribution de Ouagadougou. Ce qui lui permettra de suivre et de planifier son évolution. C'est alors qu'allant dans cette lancée qu'une première phase du projet a été réalisée en 2015, dont le thème était intitulé « **Etude de la stabilité du réseau de distribution HTA de la ville de Ouagadougou phase 1** » à savoir sur le poste source de OUAGA 1. Dans cette présente étude nous traiterons la phase 2 du projet dont le thème est : « **Etude de la stabilité statique du réseau de distribution 15 kV de la ville de Ouagadougou au poste source de OUAGA 2 : modélisation avec NEPLAN** ».

L'objectif général de ce projet est de modéliser l'ensemble des départs de distribution 15 kV du poste source de OUAGA 2. Ce qui permettra à la SONABEL de suivre l'évolution de son réseau de distribution jusqu'en 2030 et de planifier d'éventuelles interventions au vue de son amélioration. De cet objectif général il découle des objectifs spécifiques qui sont de :

- ✓ Réaliser une collecte de données de tous les départs ;
- ✓ Modéliser l'ensemble des départs ;
- ✓ Effectuer des simulations d'écoulement de puissance de 2017 à 2030 ;
- ✓ Analyser les résultats de simulation et proposer des pistes d'amélioration du réseau.

Afin de mieux appréhender tous les aspects de cette étude, ce présent rapport sera organisé en quatre chapitres. Le premier chapitre traitera des généralités sur le projet ; le deuxième chapitre sera

consacré à l'étude théorique de l'écoulement de puissance ; le troisième chapitre abordera la collecte de données ainsi que la modélisation de tous les éléments du réseau de distribution, et au quatrième et dernier chapitre il sera question d'interpréter les différents résultats obtenus lors des écoulements de puissance effectués.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE

Dans ce chapitre, il sera question dans un premier temps de faire une présentation sommaire de la structure d'accueil au sein de laquelle tous ces travaux ont été effectués avec succès. Ensuite un rappel sur les réseaux électriques ainsi que le principe de la stabilité est effectué dont le but sera de circonscrire l'environnement de notre étude et de se familiariser avec toutes les notions techniques qui y sont abordées. Puis, le réseau électrique de Ouagadougou fera l'objet d'une brève présentation. Et finalement la dernière partie propose l'ensemble de la méthodologie utilisée pour l'atteinte nos objectifs.

I. Présentation de la structure d'accueil

I.1. Historique

La société nationale d'électricité du Burkina (SONABEL) est une Société d'Etat depuis le 14 avril 1995. Son capital qui était de 46 milliards de francs CFA est passé à 63,3 milliards de francs CFA depuis le 15 Juillet 2013. Elle a son siège social à Ouagadougou. Avant de devenir en 1976 un des Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), la SONABEL a connu de nombreuses transformations tant au niveau de sa structure financière que de sa dénomination. Elle fut appelée successivement Energie de l'Afrique Occidentale Française (ENERGIE AOF), ensuite société africaine d'électricité (SAFELEC), puis Société Voltaïque d'Électricité (VOLTELEC) :

- ✓ Energie de l'Afrique occidentale Française (AOF) en 1954 ;
- ✓ Société d'Economie Mixte Multinational (SAFELEC) en 1960 ;
- ✓ Société Voltaïque d'Electricité (VOLTELEC) en 1968 ;
- ✓ Société Nationale d'Electricité du Burkina (SONABEL) en 1984.

Un organigramme en vigueur depuis 2012 subdivise la SONABEL en 8 directions centrales qui sont :

- ✓ La direction des études et de la planification et de l'équipement ;
- ✓ La direction de la production ;
- ✓ La direction des transports ;
- ✓ La direction commerciale et de la clientèle ;
- ✓ La direction des ressources humaines ;
- ✓ La direction de la distribution ;
- ✓ La direction des finances et de la comptabilité ;
- ✓ La direction des marchés et du patrimoine.

La SONABEL détient le monopole du transport de l'énergie au Burkina Faso. Les marchés de la production et de la distribution ont été libéralisés depuis 1998.

Cette étude a été menée dans le département de la Distribution du KADIOGO.

I.2. Présentation du département distribution du KADIOGO

Le département distribution du KADIOGO est une entité de la direction de la distribution. En effet au sein de cette direction, il existe plusieurs autres départements tels que le département études et travaux, le département distribution de l'Ouest et enfin le département distribution appui.

Le département distribution du KADIOGO comprend plusieurs services qui sont les suivants :

- ✓ Le service opérations clientèles ;
- ✓ Le service maintenance réseau ;
- ✓ Le service analyse des sinistres et qualité de la fourniture ;
- ✓ Le service conduite réseau ;
- ✓ Le service travaux sous tension.

Tous ces services sont autant importants les uns que les autres et contribuent au bon fonctionnement du département

II. Généralité sur les réseaux électriques et principe de la stabilité

II.1. Réseau électrique

Le réseau électrique est généralement défini comme étant l'ensemble des appareillages mis en œuvre pour faire transiter l'énergie électrique des centres de productions vers les centres de consommation. Il englobe la totalité des installations, notamment les lignes, les transformateurs et les appareils avec leurs moyens de contrôle et de sécurité nécessaires au transport et à la distribution de l'énergie électrique. Ainsi les réseaux électriques peuvent être classés suivant un certain nombre de critères permettant de mieux les regrouper ou de les différencier.

II.1.1. Classification selon le niveau de tension

Les réseaux électriques peuvent être classés suivant les niveaux de tension comme indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Classification des réseaux en fonction du niveau de tension

	HTB	HTA	BTB	BTA	TBT
Continue	$U > 75.000 \text{ V}$	$1.500 \text{ V} < U \leq 75.000 \text{ V}$	$750 \text{ V} < U \leq 1.500 \text{ V}$	$120 \text{ V} < U \leq 750 \text{ V}$	$U \leq 120 \text{ V}$
Alternatif	$U > 50.000 \text{ V}$	$1.000 \text{ V} < U \leq 50.000 \text{ V}$	$500 \text{ V} < U \leq 1.000 \text{ V}$	$50 \text{ V} < U \leq 500 \text{ V}$	$U \leq 50 \text{ V}$

II.1.2. Classification selon la fonction du réseau

Ce critère est le plus important car il détermine les quantités d'énergie, et les puissances que le réseau recevra ou fournira. Cette fonction influence de façon essentielle le choix de sa tension et les contraintes imposées au fonctionnement du réseau.

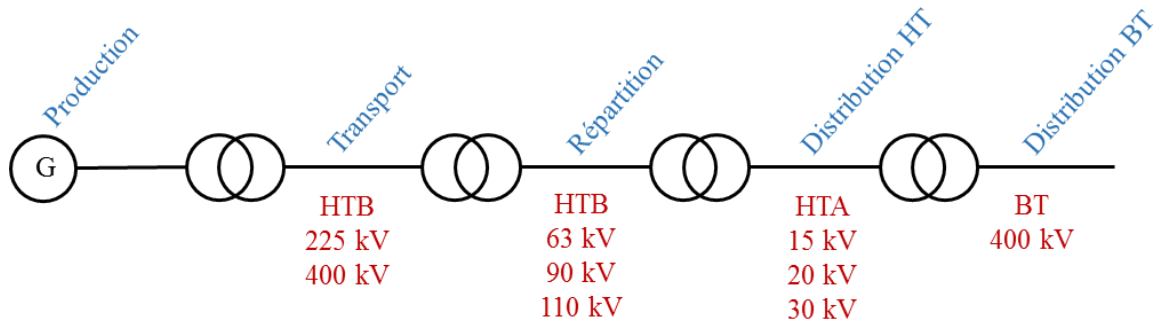


Figure 1 : Classification des types de réseaux selon leur fonction

La notion de réseau varie d'un pays à un autre en fonction de la densité du réseau (et donc des charges). Au Burkina par exemple, le niveau 33 kV est considérée comme tension de répartition.

II.1.3. Classification suivant la structure topologique

Les réseaux peuvent être classés selon leur topologie de façon suivante :

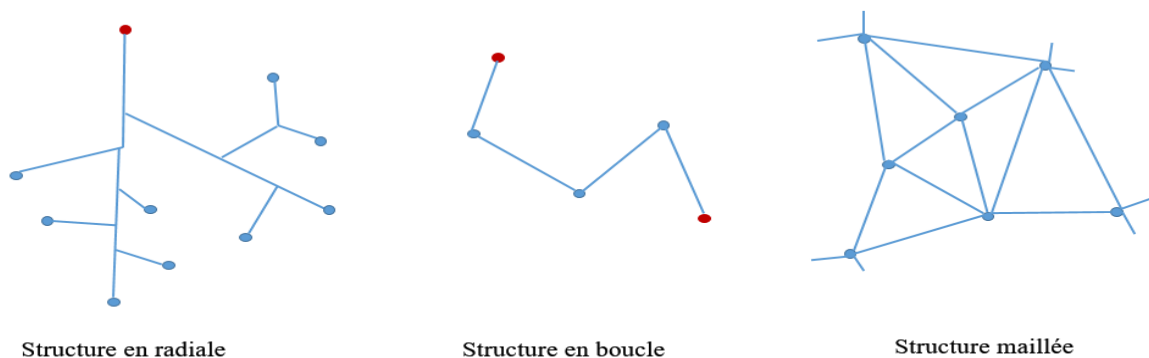


Figure 2 : Classification selon la topologie d réseau

II.1.4. Classification suivant le système utilisé

On peut transiter de l'énergie électrique, soit par du courant continu, soit par du courant alternatif.

II.2. Principe de la stabilité

La stabilité d'un réseau électrique peut être définie comme la propriété d'un réseau électrique de rester dans un état d'équilibre, sous des conditions de fonctionnement normales, et de retrouver un état d'équilibre acceptable après une perturbation [4]. L'étude de la stabilité peut se diviser en deux parties : la stabilité dynamique et la stabilité statique.

II.2.1. La stabilité dynamique

La stabilité dynamique est l'étude de l'évolution dynamique du système suite à une perturbation petite ou grande. Les petites perturbations ont pour origine, par exemple, l'ajustement constant de la puissance consommée par les charges, entraînant un ajustement permanent du système. Les grandes perturbations sont généralement engendrées par des courts-circuits ou l'arrêt d'une charge suite à l'isolement d'un élément en défaut. Elle peut être subdivisée en trois parties qui sont :

- ✓ **La stabilité angulaire** : qui est la capacité d'interconnecter sur un réseau plusieurs sources tout en garantissant le synchronisme. C'est un problème propre aux machines synchrones alimentant les réseaux [5].
- ✓ **La stabilité en fréquence** : qui est la capacité d'un réseau à maintenir une fréquence proche de la valeur nominale suite à une perturbation sévère menant à un important déséquilibre entre la puissance produite et consommée [5].
- ✓ **La stabilité tension** : qui est la capacité d'un réseau à maintenir des tensions acceptables sur tous ses nœuds, dans des conditions du fonctionnement normales ou suite à une perturbation [5].

II.2.2. Stabilité statique

La stabilité statique est l'étude des régimes d'équilibre du réseau électrique. Cette étude permet de connaître les niveaux de tensions et les transits de puissance à travers l'ensemble des nœuds du réseau. Elle permet de déterminer l'état électrique du réseau (tension et puissance à un instant donné) en fonction de la connaissance des charges et des sources connectées.

Ainsi notre étude se focalisera sur ce dernier point, à savoir la stabilité statique. C'est-à-dire qu'il sera question d'évaluer l'état du réseau de distribution, en fonction de l'évolution galopante de la demande électrique, afin que la SONABEL puisse répondre aux critères de qualité et de disponibilité d'électricité offerte.

III. Présentation du système électrique de la ville Ouagadougou

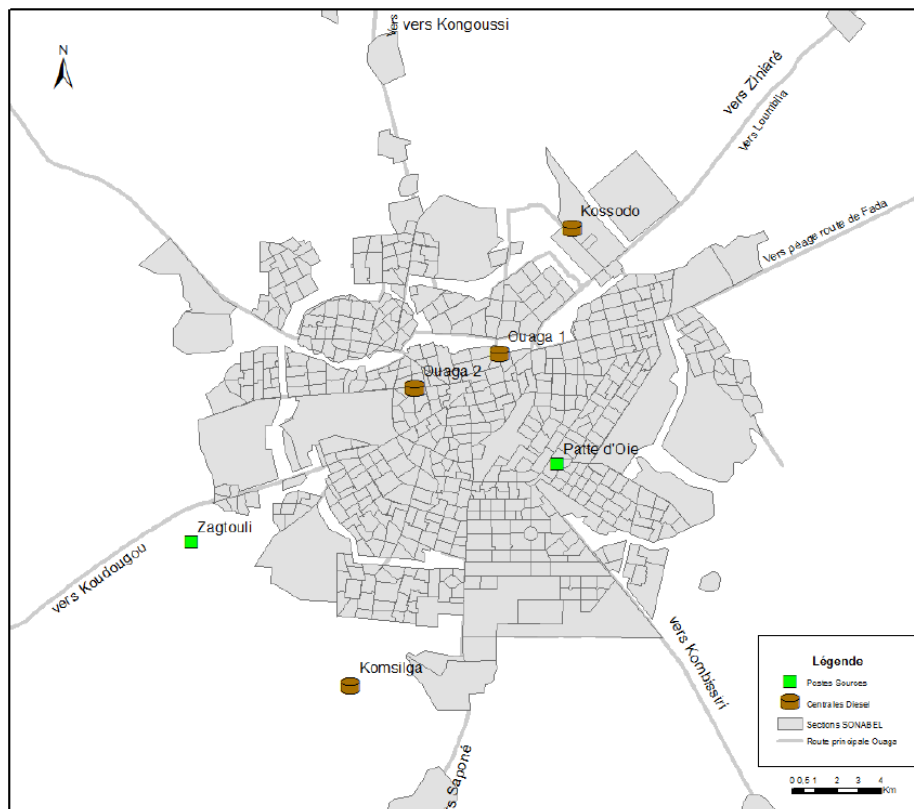


Figure 3 : Localisation des centrales Diesels et Postes sources [6]

La ville de Ouagadougou est actuellement alimentée à partir de quatre centrales thermiques du type Diesel à savoir KOSSODO, OUAGA 1, OUAGA 2 et KOMSILGA, à partir du poste de PATTE D'OIE accueillant des centrales hydroélectriques de BAGRE et KOPIENGA et à partir du poste de ZAGTOULI, accueillant la centrale solaire de 33 MWc nouvellement inaugurée et la ligne 225 kV en provenance du poste d'interconnexion avec la Côte d'Ivoire.

III.1. Réseau de répartition

L'image ci-dessous présente le schéma unifilaire du réseau de répartition de la ville Ouagadougou regroupant les liaisons entre les différents postes sources. Où :

- ✓ Le vert représente le réseau de répartition en 33 kV ;
- ✓ Le marron représente la liaison 90 kV ;
- ✓ Le rouge représente l'arrivée de l'interconnexion avec la Côte d'Ivoire
- ✓ Le bleu représente les jeux de barres de distribution 15 kV.

La zone en jaune est le poste source de OUAGA 2 sur le quel notre étude se portera.

III.2. Réseau de distribution

Le réseau de distribution 15 kV de la ville de Ouagadougou est présenté sur la figure ci-dessous, où les lignes de distribution sont représentées par des couleurs différentes selon le poste source qui les alimente.

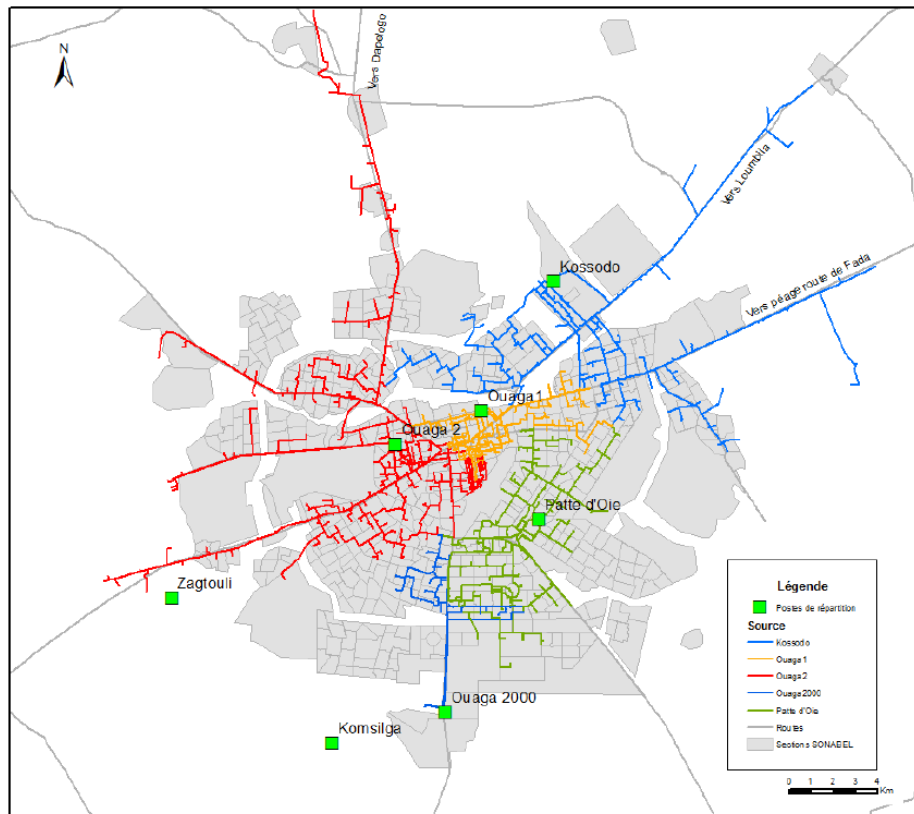


Figure 5 : Aperçu du tracé du réseau de distribution 15 kV de Ouagadougou [6]

III.3. Poste source de Ouaga 2

Le poste de OUAGA 2 comporte un poste de 90/15 kV de la liaison 90 kV, un poste 33/15 kV utilisé pour la fonction de répartition et un poste de 15kV pour le réseau de distribution. Ce poste 15 kV est alimenté par trois sources : neuf groupes diesels de la centrale de OUAGA 2 dont deux non fonctionnels et un déclassé, le réseau de répartition via deux transformateurs 33/15 kV de 15 MVA chacun et le poste 90/15 kV à travers un transformateur de 40 MW. L'énergie électrique est ainsi distribuée à l'intérieur de la ville à partir du jeu de barre 15 kV, et à travers onze départs.

Ci-dessous se trouve un résumé des éléments constitutifs du poste source de OUAGA 2.

Tableau 2 : Résumé des éléments du poste source de OUAGA 2

Désignation		Type	Commentaires
Groupes	G1	Groupe de 4 MVA	Non fonctionnel
	G2 G3 G4	Groupe de 6,6 MVA	
	G5 G6	Groupe de 10 MVA	
	G7 G8	Groupe de 4,3 MVA	Non fonctionnel
	G9	Groupe de 4,8 MVA	Déclassé
Transformateurs	90/15 kV	Transfo de 40 MVA	Poste 90/15 kV
Départs	33/15 kV	Transfo de 2 x 15 MVA	Poste 33/15 kV
	11 ,12, 17,19	Souterrain	
	18, 20	Aérien	
	13, 13BIS, 14, 15 16	Souterrain et Aérien	

Une représentation détaillée du poste source de OUAGA 2 est disponible **L'ANNEXE 1**.

IV. Méthodologie

L'approche méthodologique utilisée, vise à atteindre les objectifs du projet cités plus haut. Elle s'est déroulée en plusieurs étapes qui sont :

- ✓ Une recherche bibliographique ;
- ✓ La collecte de donnée : Elle sera accomplie à travers une consultation bibliographique interne, et aussi par l'utilisation de logiciel MAPINFO ;
- ✓ La modélisation de tout le réseau : Il sera effectué à partir du logiciel NEPLAN ;
- ✓ Le calcul des écoulements de puissances aussi effectué à partir du logiciel NEPLAN.

Ainsi deux logiciels seront utilisés à savoir : MAPINFO et NEPLAN

IV.1. Présentation de MAPINFO

MAPINFO est un logiciel de système d'information géographique (SIG), qui comprend un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnel capable de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement. On distingue quatre fonctionnalités de base de MAPINFO [7] :

- ✓ Saisir des données (numérisation) ;
- ✓ Stocker des données (base de données graphique et tabulaire) ;
- ✓ Analyser des données (requêtes) ;
- ✓ Sortir des données (cartes, tableaux, graphique, exportation et transfert de fichiers).

La SONABEL dispose d'une partie des informations nécessaires pour la collecte des données de son réseau de distribution en fichier MAPINFO. A savoir :

- ✓ La configuration géospatiale du réseau ;
- ✓ Les longueurs des lignes ;
- ✓ Les informations générales sur les transformateurs du réseau ;
- ✓ Les informations sur les différents éléments de coupure du réseau.

L'image ci-dessous présente l'interface de MAPINFO avec un départ de distribution.

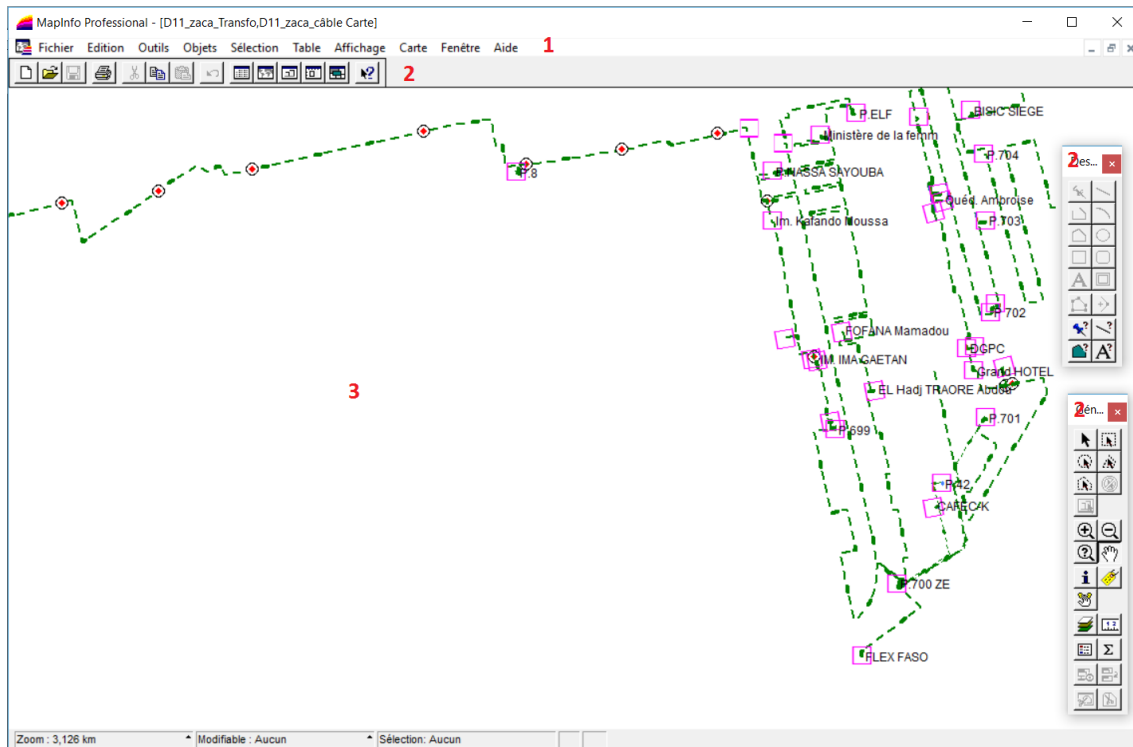


Figure 6 : Interface utilisateur MAPINFO

1 : Barre de titre

2 : Barres d'outils

3 : Espace de travail

IV.2. Présentation de NEPLAN

NEPLAN est un outil très convivial pour les utilisateurs de système de planification et d'information pour les réseaux électriques, de gaz, d'adduction d'eau ainsi que les réseaux de chauffage. Pour ce qui est du réseau électrique, c'est un instrument indispensable pour pouvoir assurer la qualité de la tension dans le réseau de distribution, et d'évaluer les perturbations de celui-ci aux points de

livraison ou aux points de connexion. Il a été utilisé dans le cadre de cette étude pour la modélisation ainsi que les simulations d'écoulements de puissance du réseau de distribution 15 kV.

L'image ci-dessous, illustre l'interface utilisateur du logiciel NEPLAN.

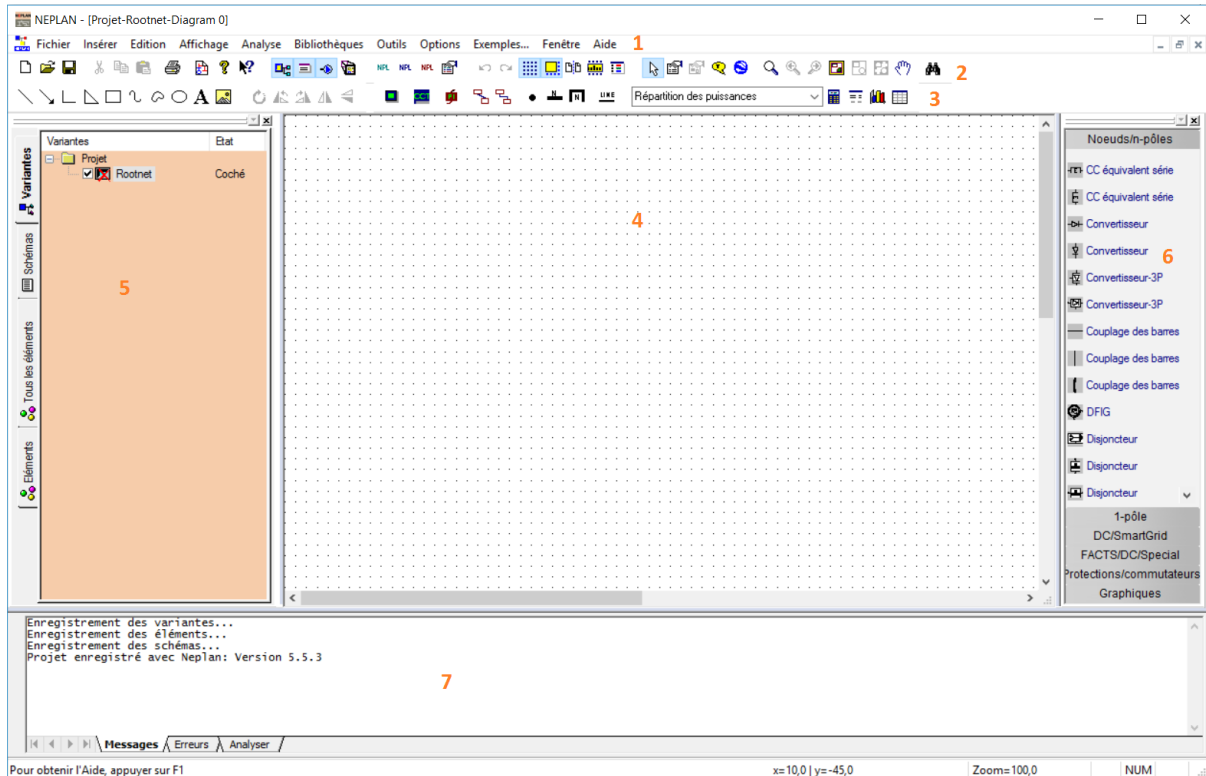


Figure 7 : Interface utilisateur NEPLAN

1 : Barre de titre

2 : Barre des options du menu 6. Fenêtre des symboles

3 : Barre d'outils 7. Fenêtre des messages

4 : Espace de travail

5 : Gestionnaire des variantes schémas et les tableaux de données

6 : Fenêtre des symboles

7 : Fenêtre des messages

CHAPITRE 2 : ETUDE THEORIQUE DE L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE

Dans le chapitre précédant, une présentation générale a été introduite ainsi que la contextualisation du cadre de cette étude. Ceci a permis de se familiariser avec celle-ci et de prendre connaissance de tous les moyens et étapes mis en œuvre pour accomplir nos objectifs. Dans ce chapitre une étude théorique de l'écoulement de puissance sera effectuée dans un premier temps sur le cas d'un réseau à trois nœuds, ensuite elle sera généralisée pour un réseau à n nœuds.

I. Analyse de l'écoulement de puissance

L'étude de l'écoulement de puissance est une des étapes primordiales de toute analyse sérieuse d'un réseau électrique. Elle est aussi appelée étude de répartition de charges (Load flow) et permet de déterminer :

- ✓ Les modules et phases des tensions au niveau des différents nœuds ;
- ✓ Les puissances transitées d'un nœud à un autre ;
- ✓ Les puissances injectées à chaque nœud ;
- ✓ Les pertes actives et réactives dans le réseau électrique.

Deux méthodes d'établissement d'équations d'écoulement de puissance existent. Notamment la méthode dite des mailles et celle des nœuds. Cette dernière est la plus utilisée car elle prend en compte la matrice d'admittance (Y) du réseau.

II. Matrice d'admittance nodale

La méthode de la matrice d'admittance à point nodal sera utilisée d'abord pour un réseau à trois nœuds, puis elle sera généralisée pour un réseau à n nœuds.

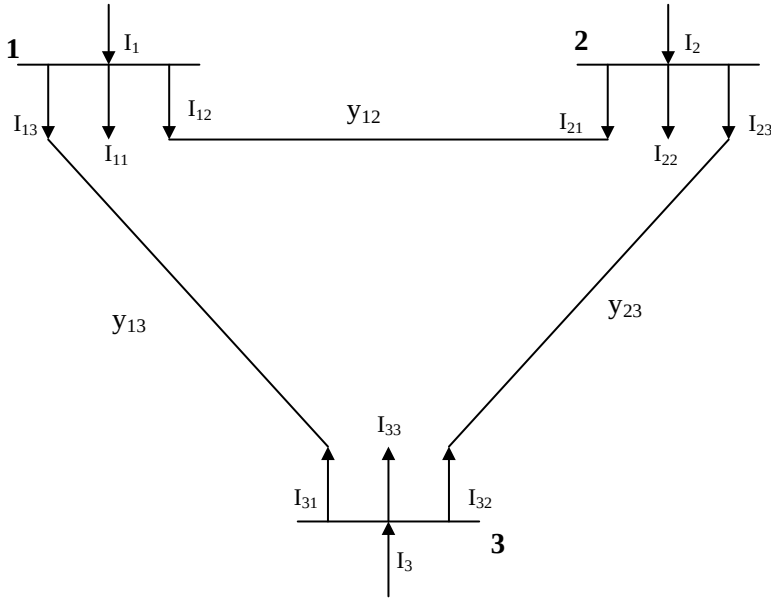


Figure 8 : Réseau à 3 nœuds

$$I_1 = I_{11} + I_{12} + I_{13} \quad (I.1)$$

$$I_1 = V_1 y_{11} + (V_1 - V_2) y_{12} + (V_1 - V_3) y_{13} \quad (I.2)$$

$$I_1 = V_1 (y_{11} + y_{12} + y_{13}) - V_2 y_{12} - V_3 y_{13} \quad (I.3)$$

En posant :

$$Y_{11} = y_{11} + y_{12} + y_{13} \quad (I.4)$$

$$Y_{12} = -y_{12} \quad (I.5)$$

$$Y_{13} = -y_{13} \quad (I.6)$$

On aura l'expression du courant ci-dessous :

$$I_1 = V_1 Y_{11} + V_2 Y_{12} + V_3 Y_{13} \quad (I.7)$$

De la même manière, on trouve les équations des courants nodaux pour les autres nœuds.

$$I_2 = V_2 Y_{21} + V_2 Y_{22} + V_3 Y_{23} \quad (I.8)$$

$$I_3 = V_1 Y_{31} + V_2 Y_{32} + V_3 Y_{33} \quad (I.9)$$

Ces équations peuvent être écrites sous la forme matricielle suivante :

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} \quad (I.10)$$

Le courant injecté au jeu de barres i peut se mettre sous la forme :

$$I_i = \sum_{m=1}^3 Y_{im} \cdot V_m \quad (I.11)$$

Cette dernière équation, qui traite un réseau à trois nœuds, peut être généralisée pour un système à n nœuds :

$$I_i = \sum_{m=1}^n Y_{im} V_m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (I.12)$$

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{pmatrix} \quad (I.13)$$

II.1. Les équations de l'écoulement de puissance

Le bilan de puissance électrique à un jeu de barres i d'un réseau électrique de n jeux de barres est égal à la différence entre la puissance générée S_{Gi} et la puissance demandée S_{Di} au niveau du même jeu de barres.

$$S_i = S_{Gi} - S_{Di} = (P_{Gi} - P_{Di}) + (Q_{Gi} - Q_{Di}) \quad (I.14)$$

$$S_i^* = P_i - jQ_i = V_i^* \cdot I_i \quad i=1, 2, \dots, n \quad (I.15)$$

Le courant I_i peut se mettre sous la forme suivante :

$$I_i = \sum_{m=1}^n |Y_{im}| \cdot |V_m| \angle(\theta_{im} + \delta_m) \quad (I.16)$$

En remplaçant l'expression du courant, l'équation (I.15) peut s'écrire :

$$S_i^* = P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{m=1}^n |Y_{im}| \cdot |V_m| \angle(\theta_{im} + \delta_m) \quad (I.17)$$

En séparant la partie réelle et la partie imaginaire de l'équation (I.17) aura les équations (I.18) et (I.19) des puissances actives et réactives au jeu de barres i :

$$P_i = \sum_{m=1}^n |V_i| \cdot |V_m| \cdot |Y_{im}| \cos(\theta_{im} - \delta_i + \delta_m) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (I.18)$$

$$Q_i = -\sum_{m=1}^n |V_i| \cdot |V_m| \cdot |Y_{im}| \sin(\theta_{im} - \delta_i + \delta_m) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (I.19)$$

II.2. Equation d'écoulement de puissance dans les lignes et les pertes

La détermination des valeurs de puissance répartie dans les lignes est indispensable en ce sens qu'elle permet de distinguer les lignes surchargées et de calculer la valeur des pertes.

Le courant circulant entre deux jeux de barres i et k est considéré positif lorsqu'il est dirigé de i vers k et son expression est la suivante [8] :

$$I_{ik} = y_{ik} (V_i - V_k) + V_i y_p \quad (I.20)$$

y_{ik} : L'admittance de la ligne entre les jeux de barres i et k ;

$V_i y_p$: La contribution shunt du courant au jeu de barre i ;

y_p : L'admittance shunt au jeu de barres.

De la même manière, le courant qui circule du nœud k vers le nœud i est donné par :

$$I_{ki} = y_{ki} (V_i - V_k) + V_i y_p \quad (I.20)$$

Ce qui permet d'écrire :

$$P_{ik} - jQ_{ik} = V_i^* I_{ik} \quad (I.21)$$

$$P_{ik} - jQ_{ik} = V_i^* (V_i - V_k) y_{ik} + V_i^* V_i y_p \quad (I.22)$$

$$P_{ki} - jQ_{ki} = V_k^* (V_k - V_i) y_{ik} + V_k^* V_k y_p \quad (I.23)$$

La valeur des pertes de puissance dans la ligne entre les deux jeux de barre i et k est la somme algébrique de répartition des puissances à partir des équations (I.22) et (I.23).

Ces équations d'écoulement de puissances élaborées sont non linéaires et donc difficilement résorbables. Mais des méthodes numériques assistées par ordinateur peuvent trouver des solutions par des méthodes itératives.

Plusieurs méthodes itératives existent notamment :

- ✓ La méthode de Gauss-Seidel ;
- ✓ La méthode de Gauss-Seidel avec accélération ;
- ✓ La méthode de Newton-Raphson ;
- ✓ La méthode de Découplée Rapide ;
- ✓ La méthode de l'approximation de courant.

Dans le cadre de notre projet nous utiliserons la méthode de Newton-Raphson. Sa particularité est qu'elle converge après très peu d'itération et par conséquent réduit le temps de calcul de l'écoulement surtout pour des grands réseaux de distribution. Mais il faut noter qu'elle nécessite une grande mémoire de stockage.

CHAPITRE 3 : COLLECTE DE DONNEES, ET

MODELISATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Après avoirs effectué l'étude théorique d'écoulement de puissance dans le chapitre précédant, il s'agira dans ce chapitre de passer à la première étape pratique du projet à savoir la collecte de données. L'ensemble des procédures utilisées pour mener à bien cette collecte de données a été décrit. Une seconde partie du chapitre abordera la modélisation de chaque élément du réseau ainsi que tout le réseau électrique.

I. Collecte de données du réseau de OUAGA 2

La collecte de données est une étape importante pour la modélisation. Elle vise à recueillir l'ensemble des informations propres à chaque élément constitutif du réseau et nécessaires à la modélisation. Elle fut l'un des processus les plus longs durant l'étude. Les méthodes suivantes ont été utilisées pour son accomplissement :

- ✓ L'utilisation du logiciel MAPINFO ;
- ✓ La consultation de fiches techniques ;
- ✓ L'utilisation de la bibliographie de la SONABEL [6] ;
- ✓ Les enquêtes sur le terrain.

Cette collecte de données a concerné les éléments constitutifs du réseau électrique notamment : les transformateurs, les lignes, les nœuds et les charges électriques.

I.1. Etude de la charge

I.1.1. Collecte de données sur la charge

Pour l'étude statique du réseau de distribution, nous travaillerons avec la pointe de charge annuelle pour effectuer les simulations. Nous aurons alors besoin de la pointe annuelle de chaque transformateur. Pour cela, la SONABEL effectue chaque année une CAMPAGNE de mesure qui consiste à relever les données sur la charge consommée au niveau de chaque transformateur. Cette campagne est effectuée pendant la période de pointe annuelle (Avril, Mai). L'ANNEXE 4 présente un extrait de cette campagne de mesure.

Il faut noter que la campagne de mesure effectuée par la SONABEL concerne uniquement les postes publiques et les postes mixtes. Pour ce qui est des données sur charges privées, une hypothèse a été émise afin de s'approcher de leur consommation à l'heure de pointe.

Hypothèse : La charge des abonnés privés sera considérée à 60% de la puissance nominale du transformateur (Donnée de la SONABEL).

I.1.2. Prévion de la charge du réseau de 2017 à 2030

Il existe deux méthodes de prévion de la charge électrique utilisées par la SONABEL. Il s'agit de la méthode de régression linéaire, et la méthode des taux pondérés.

✓ La méthode de régression linéaire

La méthode de régression linéaire consiste à comparer les données de charge des trois dernières années pour prévoir la charge de l'année désirée.

Cette méthode utilise la droite d'équation $y = ax + b$

Où : **a** est la pente de la droite et **b** l'ordonnée à l'origine ; **x** représente la plage de données dépendantes et **y** représente la plage de données indépendantes. Ainsi les différentes années sont considérées comme plage de données dépendantes et les charges considérées comme plage de données indépendantes.

✓ La méthode des taux pondérés

Cette méthode consiste à consigner à chaque année passée son propre taux. On effectue la moyenne des taux puis on l'ajoute à celle de la dernière année pour trouver celle de l'année suivante. Mais il faut noter que cette méthode ne peut être utilisée pour la prévion sur plusieurs années car l'erreur devient top importante au fur et à mesure que l'on progresse.

C'est la méthode de la régression linéaire qui a été retenue pour la prévion de la charge au poste source OUAGA 2. En effet, pour faire cette prévion, nous avons eu recours à la campagne de mesures des 3 dernières années effectuées par la SONABEL.

Cette Campagne de mesures, fournie les intensités appelées par les charges en période de pointe. Connaissant le facteur de puissance du réseau, la puissance active appelée est ainsi déterminée pour chaque transformateur. La formule de régression linéaire est alors appliquée à ces puissances sous le tableur EXCEL de manière suivante :

Prévion année n = (Année n) x PENTE (y ; x) + ORDONE.ORIGINE (y ; x)

y : Représente les différentes charges

x : Les différentes années

Sur NEPLAN, cette prévion de la charge est une fonction nommée Facteur d'échelle. En effet le facteur d'échelle, une fois renseigné permet de faire varier la charge. Ce facteur d'échelle est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Facteur d'échelle année } n = \frac{\text{Pointe de l'année } n}{\text{Pointe en 2017}}$$

Ainsi nous déterminons le facteur d'échelle de chaque transformateur par départ et de l'année voulu. Un facteur d'échelle moyen sur tout le départ concerné sera ensuite retenu par la moyenne des facteurs d'échelles de l'ensemble des transformateurs du départ.

Tableau 3 : Facteurs d'échelle par départs

	FACTEUR D'ECHELLE												
DEPARTS	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
11	1,05	1,11	1,16	1,21	1,26	1,32	1,37	1,42	1,48	1,53	1,58	1,58	1,69
12	1,25	1,31	1,5	1,45	1,59	1,94	1,82	2,13	2,27	2,39	2,53	2,42	2,79
13	1,21	1,37	1,56	1,72	1,91	2,43	2,26	2,43	2,61	2,79	2,96	3,14	3,32
13 BIS	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,73	1,64	1,73	1,82	1,91	2,00	2,09	2,18
14	1,09	1,26	1,37	1,52	1,65	1,87	1,93	2,07	2,20	2,34	2,48	2,61	2,75
15	1,14	1,19	1,3	1,36	1,46	1,71	1,63	1,71	1,79	1,88	1,96	2,04	2,13
16	1,11	1,18	1,27	1,35	1,43	1,68	1,60	1,68	1,77	1,85	1,93	2,02	2,10
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1,11	1,27	1,39	1,54	1,67	2,09	1,95	2,09	2,28	2,42	2,57	2,71	2,79
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1,18	1,29	1,55	1,73	1,92	2,47	2,28	2,47	2,65	2,84	3,02	3,20	3,,37

I.2. Collecte de données sur les transformateurs

La collecte de données sur les transformateurs du réseau électrique s'est déroulée en plusieurs étapes. Dans un premier temps nous avons effectué un listing des postes de transformation en fonction de deux critères. Notamment :

- ✓ Le type de poste : Haut de poteau (H61), Préfabriqué ou Cabine maçonnée.
- ✓ Le statut : Poste publique pour la distribution publique ; poste privé pour les abonnés privés et les postes mixtes où l'abonné privé et la SONABEL se partagent le même poste (destiné à l'alimentation de l'abonné privé et à la distribution publique).

Il y a un total de 460 transformateurs répartis en fonction des critères ci-dessus et disponible à

L'ANNEXE 2

Dans un second temps, il a été question de répertorier les caractéristiques électriques de chaque transformateur. Avec le logiciel MAPINFO, nous avons pu avoir la marque ainsi que la puissance de chaque transformateur. Puis, possédant la marque du transformateur, il a été possible d'avoir les caractéristiques électriques du transformateur en fonction de sa marque puisque ces caractéristiques diffèrent d'un constructeur à un autre. Ainsi nous avons présenté dans le tableau ci-dessous, les

caractéristiques des transformateurs d'un des fabricant. Les caractéristiques des autres fabricant sont disponibles à l'ANNEXE 2.

Tableau 4 : Caractéristiques électriques des transformateurs TRANSFIX

TRANSFIX											
Puissance assignée (KVA)	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000
Fréquence (Hz)	50										
Tension Primaire (kV)	15/20										
Tension secondaire (V)	410										
Tension de court-circuit (%)	4					6					
Indice de couplage :	Yzn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn
Pertes à vides (W)	145	210	460	650	930	1300	1220	1470	1800	2300	2750
Pertes en charge (W)	1350	2150	2350	3250	4600	6500	10700	13000	16000	20000	25500
Courant assigné secondaire (A)	70,41	141	225,3	352	563,3	887,2	1127	1408	1760	2253	2816
Courant court-circuit triphasé BT (%)	1,75	3,51	5,59	8,69	13,8	21,5	18,3	22,7	28,2	35,7	44
Rendement Cos φ (0,8) 75% charge	97,07	97,7	98,17	98,37	98,56	98,71	98,51	98,56	98,58	98,61	98,6
Rendement Cos φ (0,8) 100% charge	96,35	97,1	97,85	98,08	98,29	98,48	98,16	98,21	98,24	98,28	98,27
Puissance acoustique - dB(A)	50	49	62	65	68	70	67	68	70	71	74

I.3. Collecte de données sur les conducteurs

Pour la collecte de données des câbles nécessaires à la modélisation, deux paramètres sont nécessaires. Notamment la distance entre les nœuds et des caractéristiques électriques. Pour ce qui de la distance entre les nœuds, MAPINFO possède une fonction nommée « Règle », qui permet de mesurer les distances des câbles entre les nœuds. Pour effectuer cette mesure il faut activer la couche graphique des câbles du réseau. Les résultats des mesures sont disponibles à l'ANNEXE 3.

Pour les caractéristiques électriques des câbles qui seront représentées ci-dessous, nous avons utilisé la bibliographie de la SONABEL [6].

Tableau 5 : Caractéristiques électriques des conducteurs aériens

Tension Nominale (kV)	Nature de l'âme	Section (mm²)	Résistance à 20°C (Ω/km)	Résistance à 35°C (Ω/km)	Réactance (Ω/km)	Inductance (Ω/km)	Capacité (μF/km)	Intensité maximale (A)
15	Almélec	54,6	0,603	0,639	0,38	0,4	0,01	190
	Almélec	75,5	0,438	0,464	0,375	0,34	0,009	240
	Almélec	148	0,224	0,237	0,365	0,37	0,009	365

Tableau 6 : Caractéristiques électriques des conducteurs souterrains

Tension Nominale (kV)	Nature de l'âme	Section (mm²)	Résistance à 20°C (Ω/km)	Résistance à 25°C (Ω/km)	Réactance (Ω/km)	Inductance (Ω/km)	Capacité (μF/km)	Intensité maximale (A)
15	Aluminium	95	0,32	0,326	0,121	0,12	0,213	295
	Aluminium	150	0,206	0,210	0,11	0,11	0,289	377
	Aluminium	240	0,125	0,128	0,1	0,1	0,348	497

NB : La résistance à une température du conducteur différente de 20°C est donnée par la norme **CEI 60609-0** :

$$R_{\theta} = [1 + 0,004(\theta - 20^{\circ}\text{C})]R_{20^{\circ}\text{C}}$$

θ : La température désirée du conducteur. Dans notre cas il est pris à 35°C pour les conducteurs aériens et 25 °C pour les conducteurs souterrains.

R_{θ} : La résistance linéique du conducteur à la température désirée

R_{20} : Résistance du conducteur à 20°C

II. Modélisation du réseau de distribution de OUAGA 2

La modélisation est une étape nécessaire pour l'analyse du comportement du réseau électrique. L'importance de la modélisation est de simplifier l'étude par une traduction mathématique des phénomènes physiques observés [3]. Ainsi pour étudier notre réseau électrique complexe, des modèles ou schémas équivalents de ces principaux composants (transformateurs, lignes, nœuds ; charges) sont établis.

Il existe deux types de modélisation :

- ✓ La modélisation statique
- ✓ La modélisation dynamique

Etant en étude statique, nous effectuerons la modélisation statique.

II.1. Modélisation d'un transformateur à deux (2) enroulements

Le transformateur est une machine statique qui a pour rôle de transiter une énergie électrique d'un réseau à un autre en modifiant ses caractéristiques : intensité et tension.

II.1.1. Modèle générale du transformateur

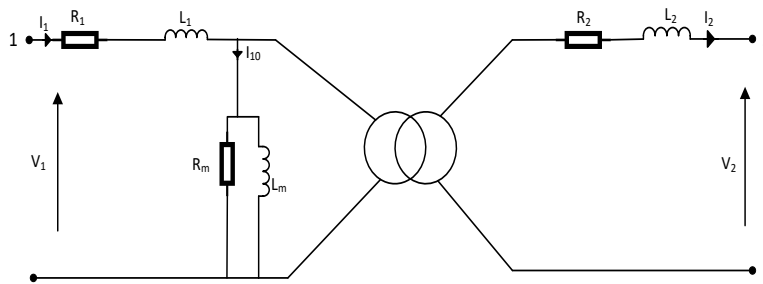


Figure 9 : Modèle générale d'un transformateur à 2 enroulements

R_1 ; R_2 : Résistances des enroulements primaire et secondaire

L_1 ; L_2 : Inductance de fuite des enroulements primaire et secondaire

R_m : Résistance du circuit magnétique (symbolise les pertes dans le fer)

L_m : Inductance du circuit magnétique (symbolise la puissance magnétisante)

I_1 ; I_2 : Courant dans les enroulements primaire et secondaire

V_1 ; V_2 : Tension aux enroulement primaire et secondaire

I_{10} : Courant de magnétisation

II.1.2. Modèle du transformateur à deux enroulements (02) sur NEPLAN

Sur NEPLAN, le model d'un transformateur à deux enroulements ainsi que les paramètres d'entrés inspirés du model général se présentent en comme suit :

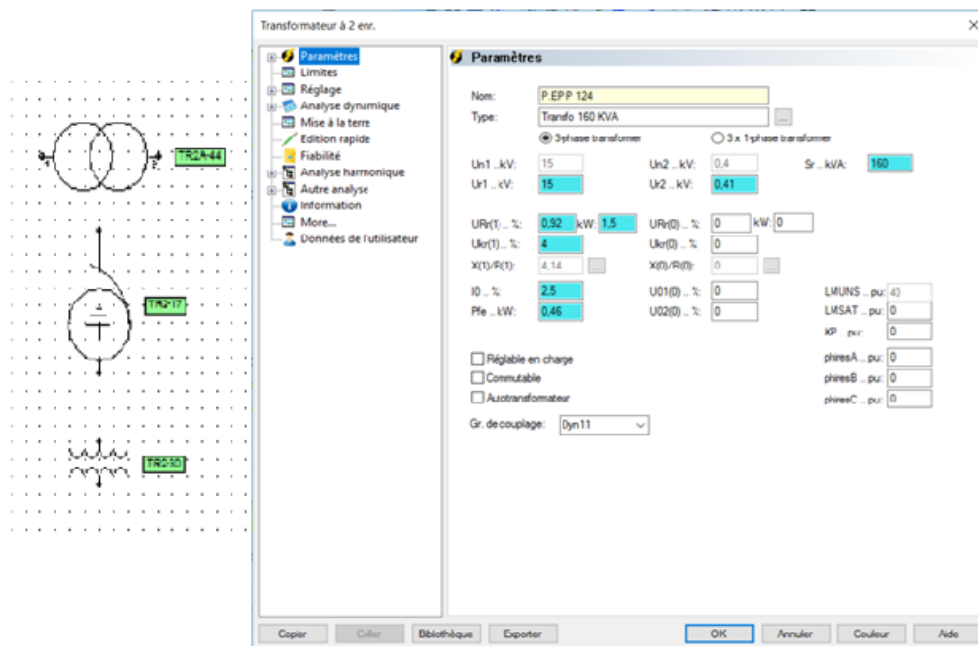


Figure 10 : Model et paramètres d'entrée des données des transformateurs à 2 enroulements.

Sr : Puissance apparente en kVA

Ukr(1) : Tension de court-circuit en %

Ur1 : Tension de l'enroulement primaire en kV

I0 : Courant à vide en %

Ur2 : Tension de l'enroulement secondaire en kV

Pfe : Pertes fer ou pertes à vide en kW

URr(1) : Pertes cuivres ou pertes en charges en %

NB : Les cases en bleu sont les paramètres à renseigner.

II.2. Modélisation d'une ligne de transport ou de distribution

L'énergie électrique est transitée des centres de productions vers les consommateurs à travers les lignes électriques. Les lignes souterraines sont plus utilisées dans le milieu urbain et les lignes aériennes pour les périphéries et le réseau de transport.

II.2.1. Modèle général des lignes

Les lignes électriques sont caractérisées par quatre paramètres qui sont :

- ✓ **Une résistance série (R)** en (Ω/km) qui dépend de la résistivité du conducteur ;
- ✓ **Une Conductance shunt (G)** en (S/km) qui représente les pertes dues au courant de fuite au long des isolateurs et à l'effet couronne ;
- ✓ **Une inductance série (L)** en (H/m), due au champ magnétique entourant les conducteurs ;
- ✓ **Une susceptance shunt (B)** en (F/km), due au champ électrique entourant les conducteurs

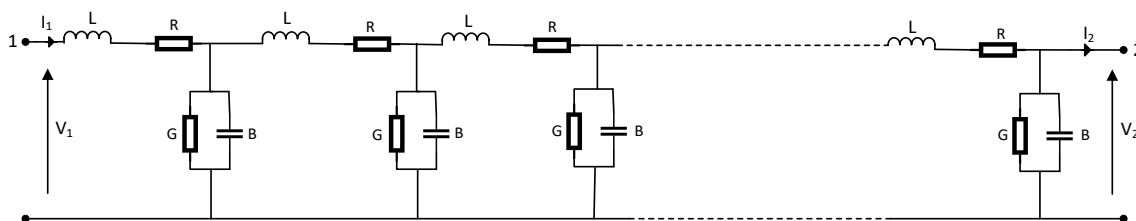


Figure 11 : Modèle générale des lignes électriques

Ce schéma général peut être représenté par un modèle simplifié dit modèle en PI comme suit :

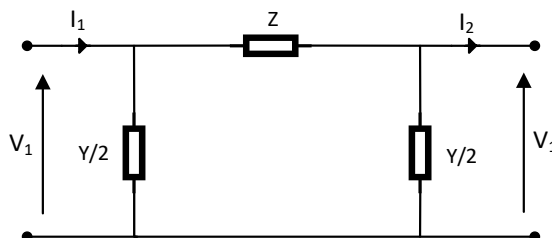


Figure 12 : Modèle en PI d'une ligne

Z : Impédance de la ligne. $Z = r + jx$

Y : L'admittance de la ligne. $Y = g + jb$

NEPLAN utilise des modèles en PI des lignes électriques pour la modélisation.

II.2.2. Modèle de ligne sur NEPLAN

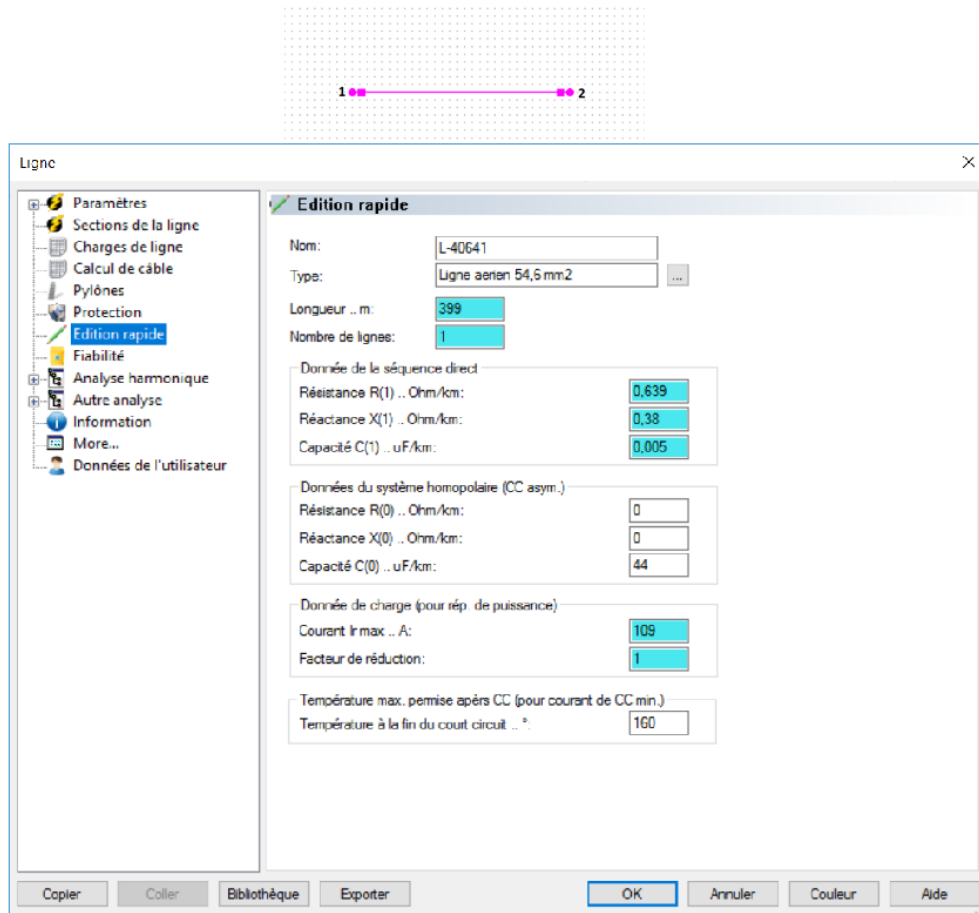


Figure 13 : Modèle d'une ligne entre deux nœuds et paramètres électriques dans NEPLAN

II.3. Modélisation de la charge

Le fonctionnement stable d'un réseau électrique est assuré par la capacité d'alimenter des charges de manière continue. Les modèles de charge électrique sont généralement divisés en model statique et dynamique. La modélisation dynamique des charges est relativement compliquée car la puissance consommée par la charge est en fonction de la tension et du temps.

Considérons un nœud de tension V_L , au quel une charge consommant une puissance $P_L + jQ_L$ est reliée. Cette charge peut être représentée par des admittances statiques $G_L = P_L/V_L^2$ et $B_L = Q_L/V_L^2$.

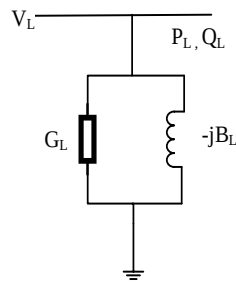


Figure 14 : Modèle statique d'une charge par son admittance équivalente

NEPLAN utilise des modèles statiques de la charge. En effet il offre 6 options d'entrée de paramètres, qui sont en fonction des données disponibles pour la modélisation.

- ✓ **PQ** : Puissance active et puissance réactive
- ✓ **PC** : Puissance active et facteur de puissance
- ✓ **IC** : Courant et facteur de puissance
- ✓ **PI** : Puissance active et Courant
- ✓ **SC** : Puissance apparente et facteur de puissance
- ✓ **EC** : Energie et facteur de puissance

Pour ce qui est de notre étude, la campagne de mesure effectuée par la SONABEL met à disposition l'intensité appelée par la charge. Donc comme paramètre d'entrée de la charge, le modèle d'entrée **IC** sera choisi.

Figure 15 : Modèle d'une charge, et paramètres électriques dans NEPLAN

II.4. Les nœuds et jeux de barres du réseau

Il existe quatre grandeurs caractéristiques à chaque jeu de barres du réseau électrique. Il s'agit du module de la tension (V), la phase de la tension (δ), la puissance active injectée (P) et la puissance réactive injectée (Q). Pour chaque type de jeux de barre deux variables doivent être au préalable spécifiées et les deux autres sont à calculer [9]. Ainsi les jeux de barres sont classés en trois catégories :

✓ Jeu de barre de référence :

Le jeu de barre de référence est choisi parmi ceux où un générateur est connecté. Le rôle de ce jeu de barres est de fournir la puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les pertes de transmissions, car celles-ci ne sont pas connues d'avance. En plus, ce jeu de barres sert de référence pour les phases des tensions. Par convention, ce jeu de barres est identifié par le jeu de barres N°1, dont le module et la phase de tension sont toujours spécifiés ($V_1 = 1\text{pu}$ et $\delta_1 = 0^\circ$). Par conséquent, les puissances P_1 et Q_1 ne sont pas spécifiées d'avance [10].

✓ Jeu de barres de contrôle (PV bus) :

Chaque jeu de barres du système dont le module de tension est maintenu constant est considéré comme un jeu de barres à tension contrôlée ou jeu de barres générateur. Ce type de jeux de barres est connecté avec un générateur. Au niveau de ce jeu de barres, P et V sont des grandeurs spécifiées (connues). Donc, Q n'est pas connu à l'avance étant donné que Q_G est inconnu. Il en est de même pour δ [10].

✓ Jeu de barres de charge (PQ bus) :

Tous les jeux de barres du réseau dont l'injection des puissances actives et réactives est donnée, sont considérés comme des jeux de barres de charge. Pour ce type de nœud, les puissances active P et réactive Q sont connues et la procédure de l'écoulement de puissance donne les valeurs de V et δ auparavant inconnues [4]. Ces types de jeux de barres sont directement connectés à la charge du réseau.

II.5. Model du réseau 15 kV dans NEPLAN

Avant de présenter le model de notre réseau, il est nécessaire de montrer un exemple d'un mini réseau pour prendre connaissance des éléments.

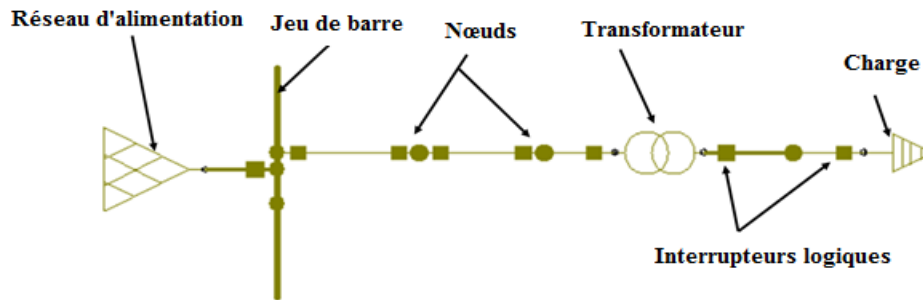


Figure 16 : Signification des éléments dans NEPLAN

Ainsi la modélisation de tous les départs au poste source de OUAGA 2 a été effectuée par le biais de NEPLAN et dont la topologie est représentée à travers les quatre images Ci-dessous :

Légende	
	Départ 15
	Départ 16
	Départ 13BIS
	Départ 13
	Départ 12
	Départ 18
	Départ 20
	Départ 17
	Départ 11
	Départ 19
	Départ 14
	Eléments déconnectés

Figure 17 : Légende du réseau de OUAGA 2 modélisé

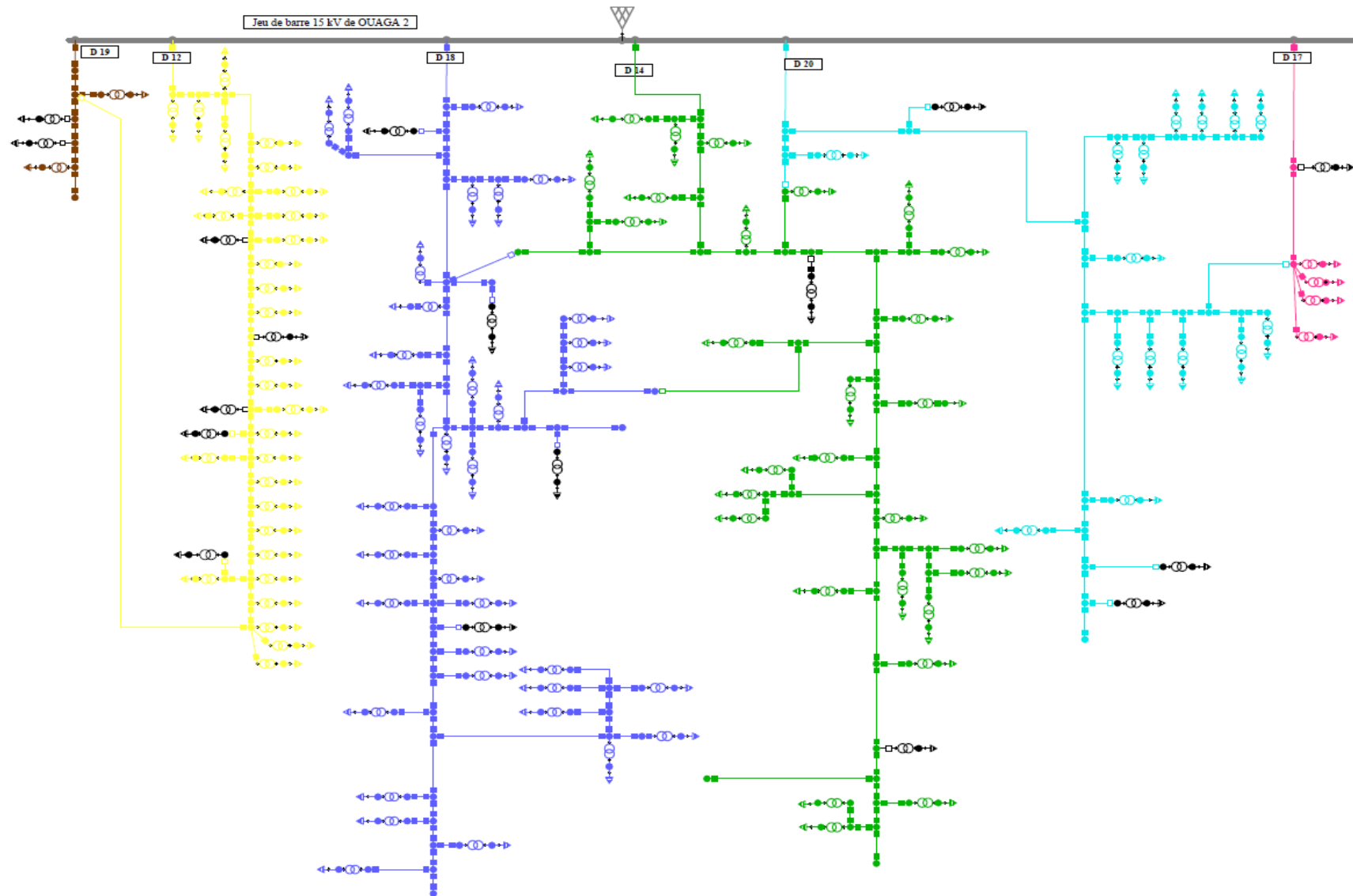


Figure 18 : Départs 19, 12, 18, 14, 20, 17 OUAGA 2

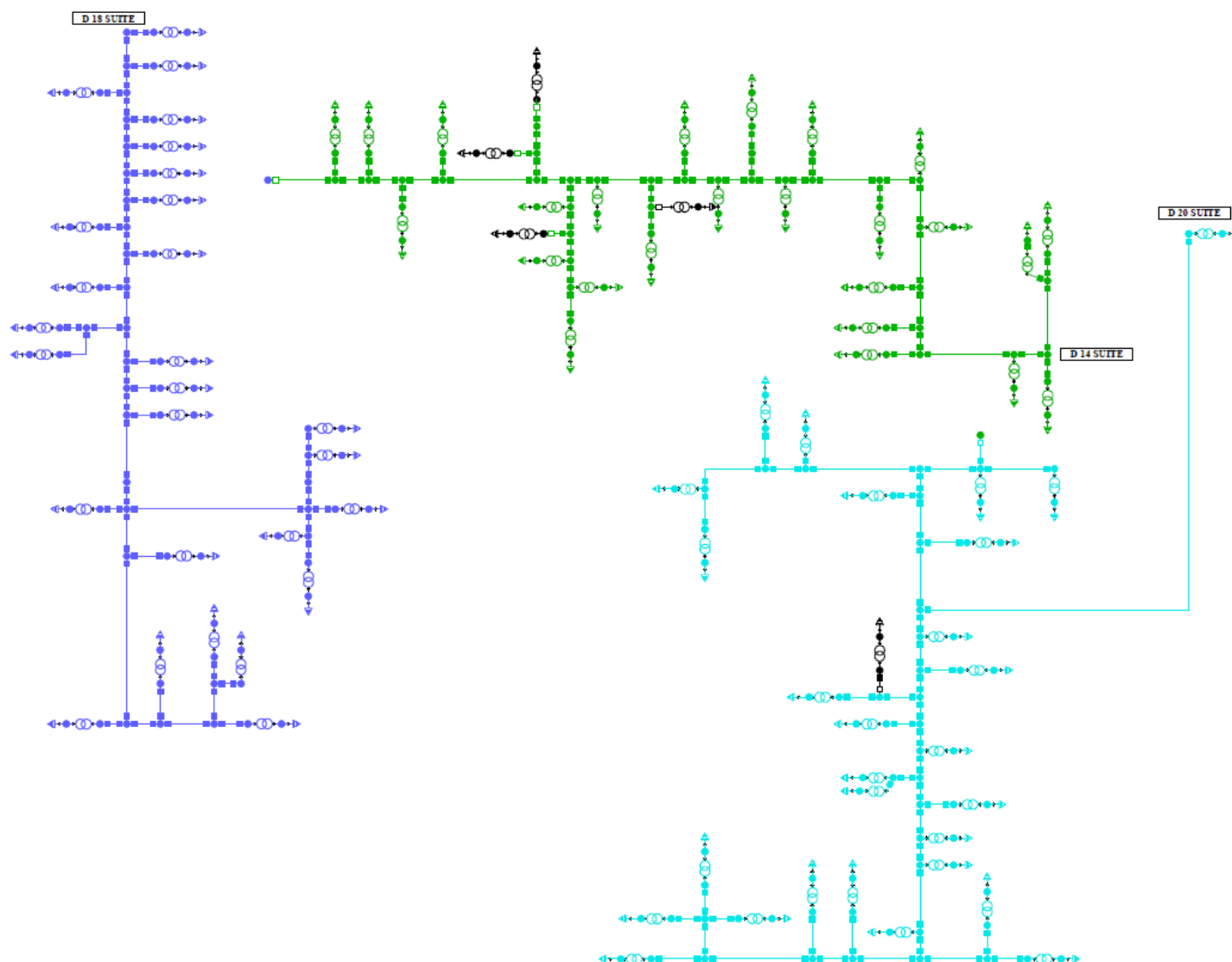


Figure 19 : Suite des départs 18, 14 et 20

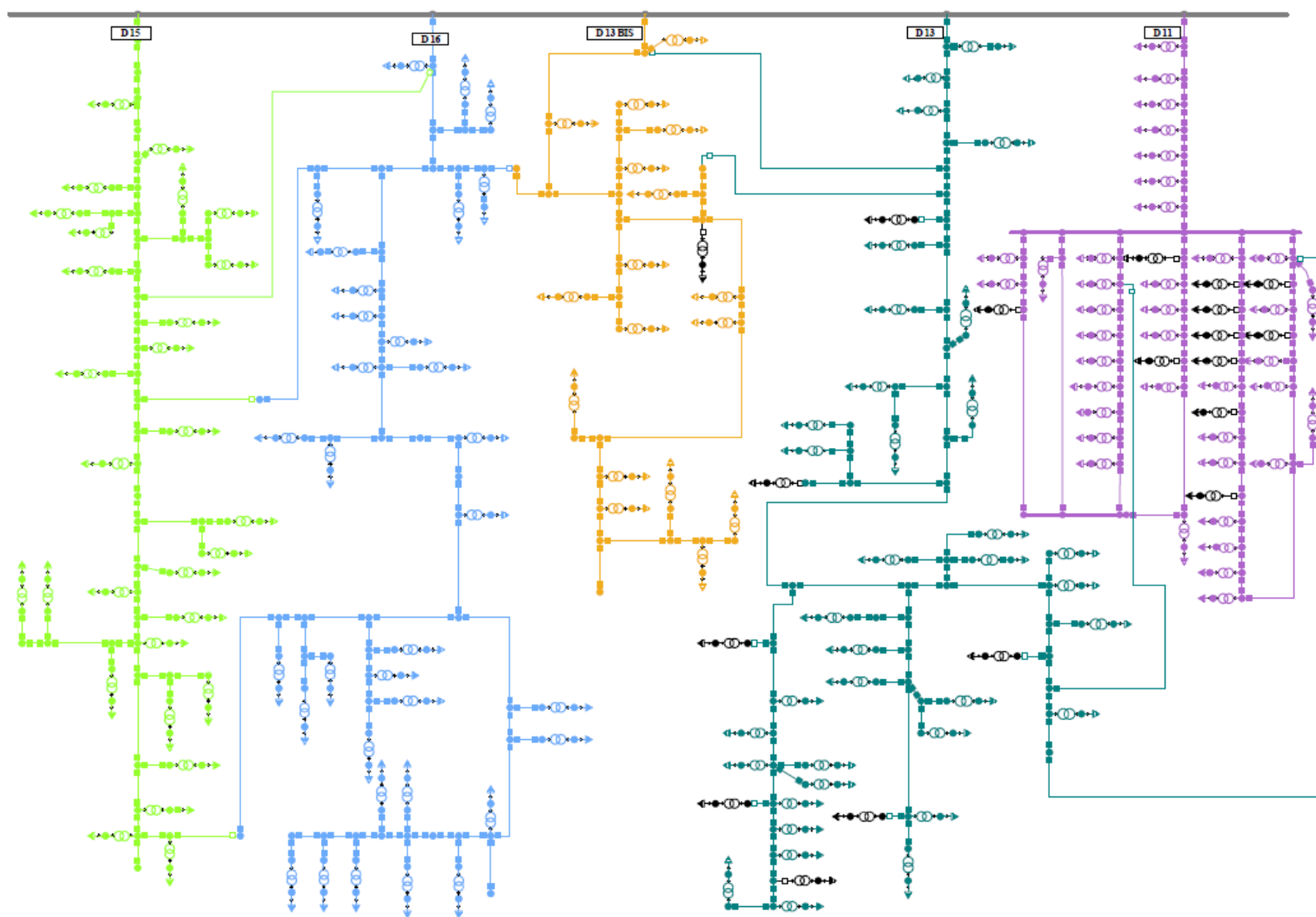


Figure 20 : Départs 15, 16, 13 BIS, 13, 11 OUAGA 2

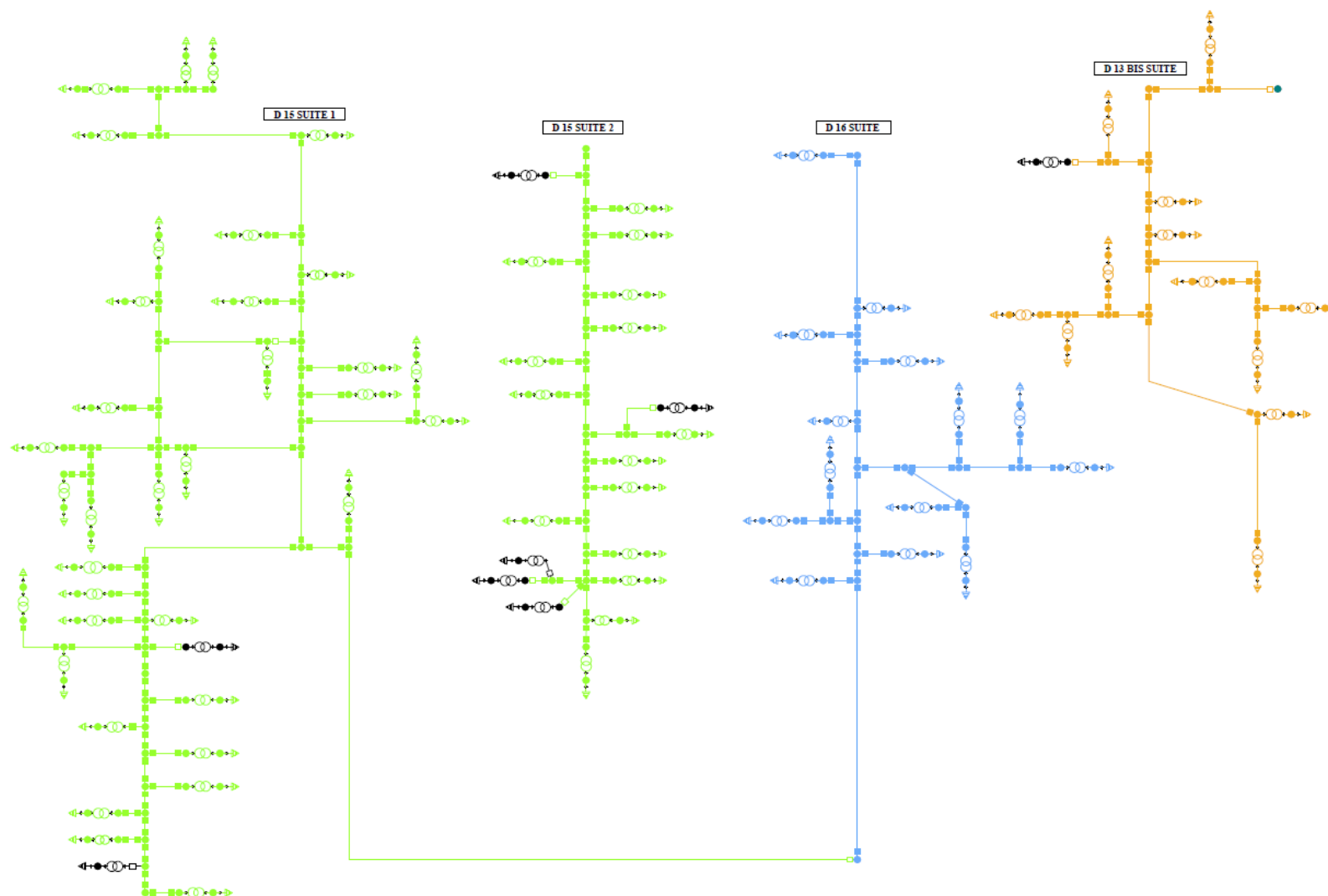


Figure 21 : Suite des départs 15, 16 et 13 BIS

CHAPITRE 4 : RESULTATS ; ANALYSES ET PROPOSITION DE SOLUTIONS

Dans le chapitre précédent nous avons projeté la charge du réseau de distribution jusqu'en 2030. Cette projection sera utilisée pour faire les calculs d'écoulement de puissance pour les années venir. Ce chapitre, sera consacré à la présentation de tous les résultats obtenus lors de ces calculs ; ainsi qu'une analyse de ces résultats. Par ailleurs, nous évoquerons dans un premier lieu, l'ensembles critères et hypothèses considérés avant d'effectuer les calculs d'écoulement de puissances. Pour terminer, un ensemble de propositions concrètes seront proposées afin que la SONABEL puisse mieux gérer son réseau.

I. Critère de stabilité et hypothèses de simulation

Avant d'effectuer les calculs d'écoulement de puissance, il faut fixer un ensemble de critères de stabilité afin de pouvoir interpréter les résultats et juger la qualité du réseau. Aussi il en va de soit d'évoquer l'ensemble des hypothèses qui ont été pris depuis le début du projet jusqu'au calcul de l'écoulement de puissance.

I.1. Critères de stabilité

Pour assurer son offre de qualité d'électricité, la SONABEL s'impose deux critères de stabilité sur son réseau qui sont :

I.1.1. Critère 1

Le premier critère concerne les lignes et les transformateurs. Elle impose un taux de charge de ces éléments à 90%. C'est-à-dire qu'ils seront considérés comme surchargés lorsqu'ils seront à plus de 90% de leur charge.

I.1.2. Critère 2

Le deuxième critère fait état de la tension au niveau des jeux de barres et nœuds du réseau. Elle impose une variation de la tension du jeu de barres à $\pm 7\%$ de sa tension nominale.

Il faudra noter que ces critères de stabilité sont établis conformément aux exigences de la SONABEL.

I.2. Hypothèses de simulation

Plusieurs hypothèses ont été émises dans le cas de ce projet pour mener à bien les calculs d'écoulement.

I.2.1. Hypothèse 1

Pour tous les transformateurs ne possédant pas de fiches techniques, les caractéristiques techniques de ces derniers ont été prises conformément à la spécification technique de la SONABEL sur transformateurs, qui est régie par les normes **NFC 52-112, NFC 52 100, CEI 60076**.

I.2.2. Hypothèse 2

Les charges des abonnés privés ont été considérées à 60% de la puissance nominale de leurs transformateurs (Donnée de la SONABEL).

II. Présentation des résultats.

Les différentes simulations conduisent aux résultats qui seront présentés ci-dessous. Ces résultats de simulation permettent de visualiser les niveaux de tension à tous les nœuds du réseau, des différentes puissances transitées, le niveau de charge des éléments ainsi que les différentes pertes sur le réseau.

Le réseau étant très grand, nous présenterons dans les lignes à venir qu'une partie des départs. Toute la topologie du réseau simulé au cours des différentes années sera représentée en **ANNEXES 5, 6, et 7**.

NB : Les éléments surchargés sont représentés par la couleur rouge.

II.1. Résultats des simulations en 2017, 2018 et 2020

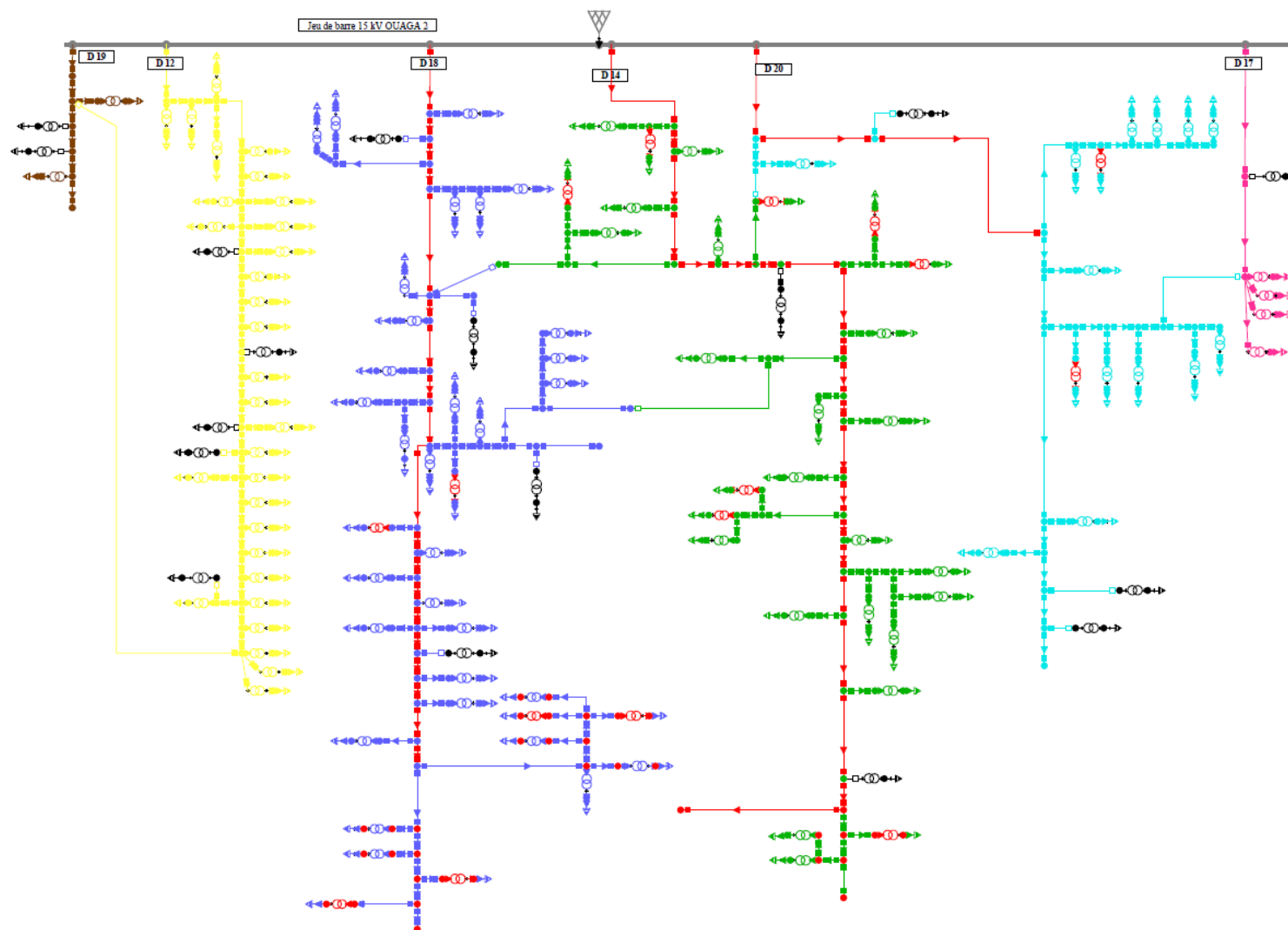


Figure 22 : Résultats simulations 2017, Départs 19,12,18,14,20,17

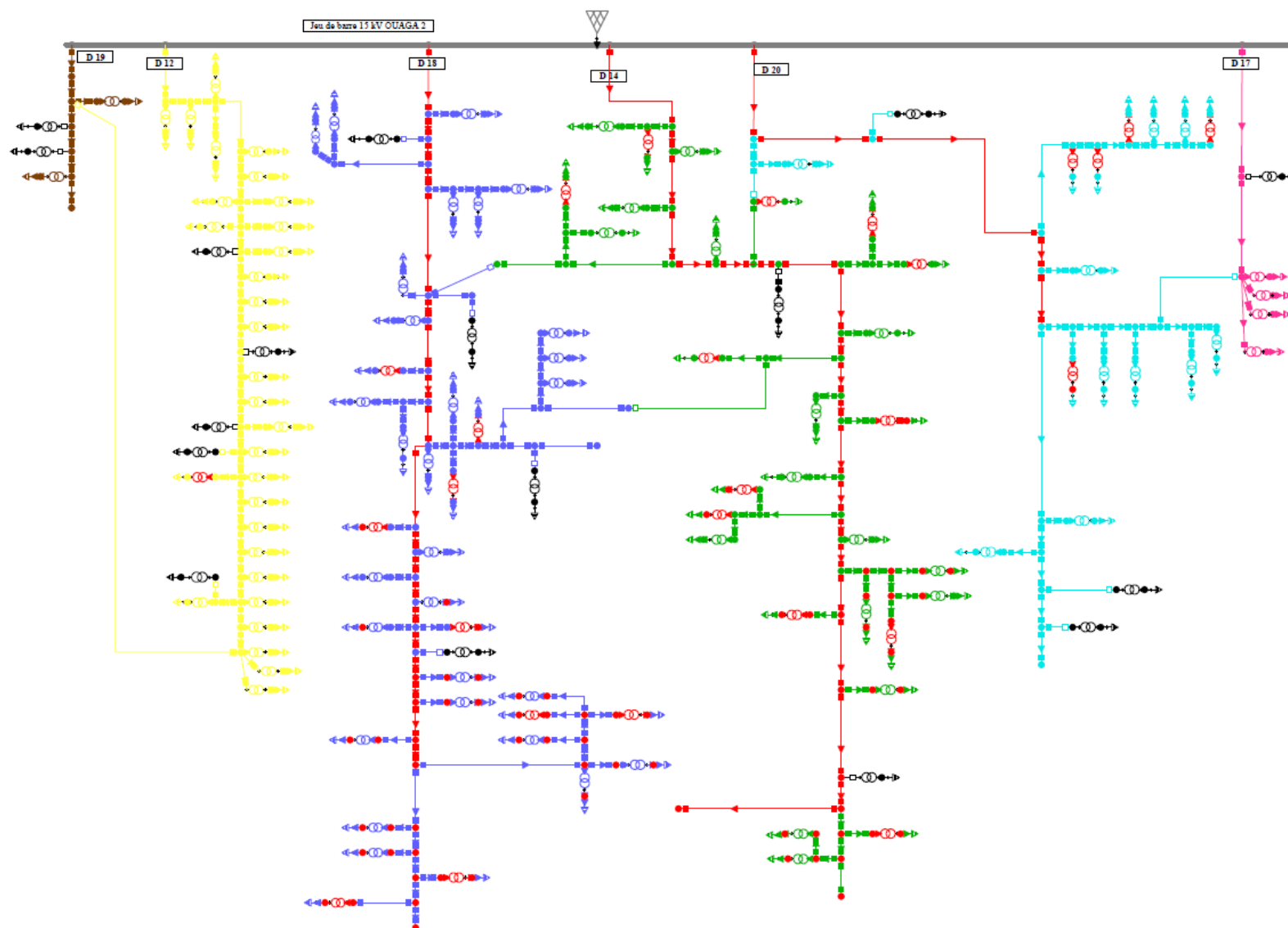


Figure 23 : Résultats simulations 2018, Départs 19,12,18,14,20,17

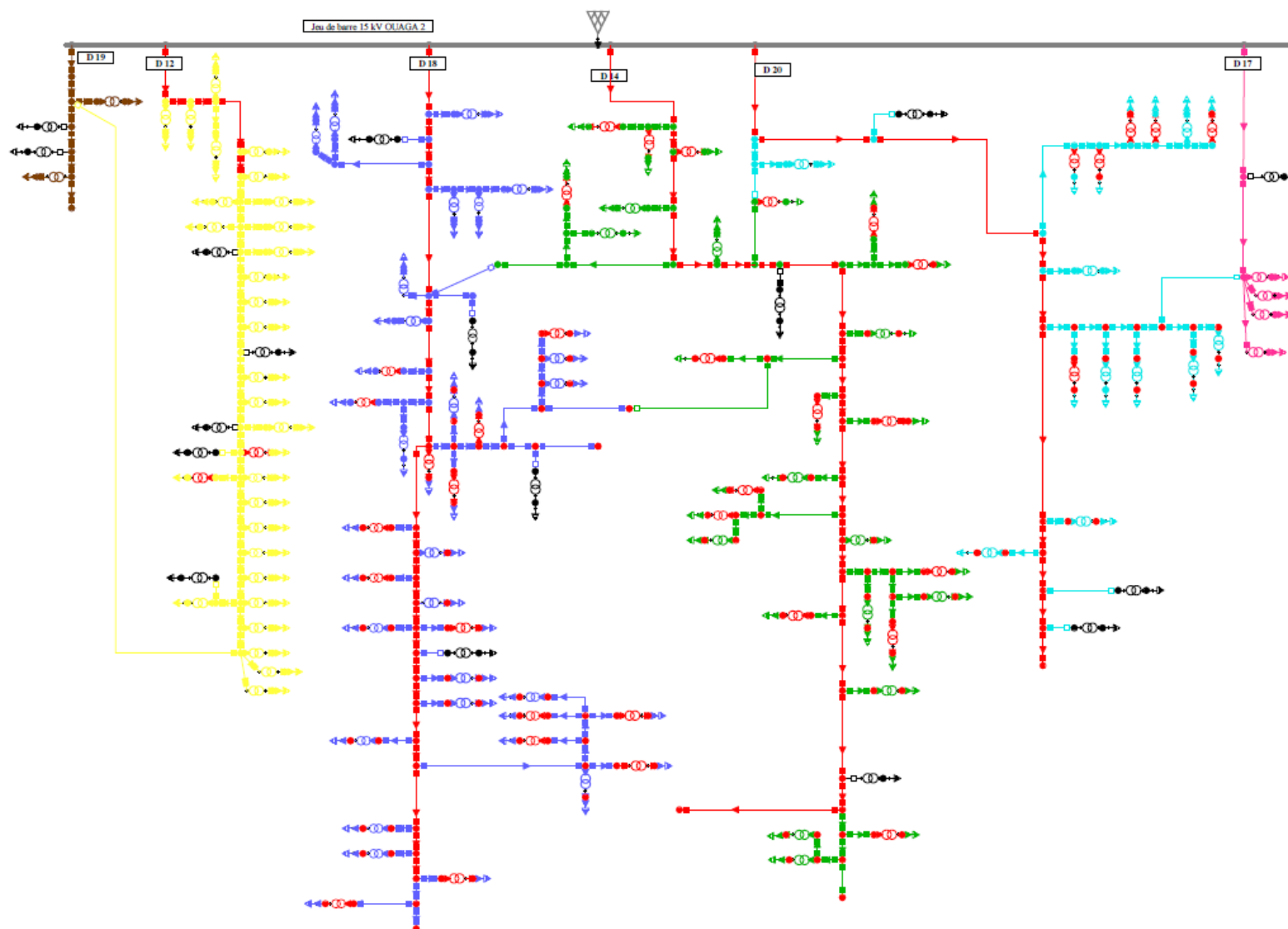


Figure 24 : Résultats simulations 2020, Départs 19,12,18,14,20,17

Tableau 7 : Résultats des simulations par départ en 2017

Départ	P perte MW	Q perte MVar	P imp MW	Q imp MVar	P charge MW	Q charge MVar	% Pertes
Départ 11	0,321	0,626	7,401	5,078	7,08	4,452	6,19%
Départ 12	0,174	0,183	5,829	3,711	5,655	3,528	3,36%
Départ 13	0,27	0,329	4,617	3,024	4,348	2,694	5,21%
Départ 13BIS	0,097	0,214	3,181	2,131	3,084	1,917	1,87%
Départ 14	1,373	1,23	8,295	5,52	6,922	4,29	26,49%
Départ 15	0,517	0,755	7,686	5,219	7,169	4,464	9,97%
Départ 16	0,541	0,574	6,119	4,037	5,579	3,463	10,44%
Départ 17	0,126	0,246	3,426	2,499	3,3	2,254	2,43%
Départ 18	1,205	1,077	7,599	5,04	6,394	3,963	23,24%
Départ 19	0,004	-0,098	0,308	0,091	0,304	0,188	0,08%
Départ 20	0,556	0,526	4,064	2,763	3,508	2,236	10,73%
TOTAL	5,184	5,662	58,525	39,113	53,343	33,449	100%

Tableau 8 : Résultats des simulations par départ en 2018

Départ	P perte MW	Q perte MVar	P imp MW	Q imp MVar	P charge MW	Q charge MVar	% Pertes
Départ 11	0,35	0,662	7,784	5,337	7,434	4,674	5,22%
Départ 12	0,26	0,302	7,329	4,711	7,069	4,409	3,88%
Départ 13	0,395	0,465	5,655	3,725	5,261	3,26	5,89%
Départ 13BIS	0,107	0,227	3,322	2,225	3,215	1,998	1,60%
Départ 14	1,72	1,495	9,264	6,17	7,544	4,675	25,66%
Départ 15	0,674	0,92	8,847	6,009	8,173	5,089	10,06%
Départ 16	0,674	0,686	6,861	4,527	6,187	3,841	10,06%
Départ 17	0,126	0,246	3,426	2,499	3,3	2,254	1,88%
Départ 18	1,571	1,345	8,663	5,74	7,092	4,395	23,44%
Départ 19	0,004	-0,098	0,308	0,091	0,304	0,188	0,06%
Départ 20	0,821	0,73	4,96	3,37	4,139	2,639	12,25%
TOTAL	6,702	6,98	66,419	44,404	59,718	37,422	100%

Tableau 9 : Résultats des simulations par départ en 2020

Départ	P perte MW	Q perte MVar	P imp MW	Q imp MVar	P charge MW	Q charge MVar	% Pertes
Départ 11	0,42	0,75	8,633	5,914	8,213	5,164	3,58%
Départ 12	0,369	0,451	8,851	5,742	8,482	5,291	3,14%
Départ 13	0,675	0,77	7,458	4,974	6,782	4,203	5,75%
Départ 13BIS	0,129	0,256	3,606	2,417	3,477	2,16	1,10%
Départ 14	3,481	2,836	12,96	8,711	9,479	5,874	29,64%
Départ 15	0,89	1,146	10,209	6,949	9,32	5,803	7,58%
Départ 16	0,906	0,882	7,978	5,272	7,072	4,39	7,71%
Départ 17	0,126	0,246	3,426	2,499	3,3	2,254	1,07%
Départ 18	3,039	2,422	11,908	7,919	8,869	5,497	25,88%
Départ 19	0,004	-0,098	0,308	0,091	0,304	0,188	0,03%
Départ 20	1,705	1,417	7,142	4,883	5,437	3,467	14,52%
TOTAL	11,744	11,078	82,479	55,371	70,735	44,291	100%

III. Analyse des résultats

Après les différentes simulations effectuées pour l'année en cours et les années à venir, nous pouvons apporter les analyses suivantes :

- ✓ D'abord il faudra noter qu'à partir de 2021, les calculs d'écoulement de puissance du réseau ne convergent plus. Cela veut dire qu'à partir de 2021 le réseau de distribution de OUAGA 2 ne sera plus en mesure d'assurer la distribution de l'énergie si des mesures idoines ne sont pas prises. Donc il faudra impérativement trouver des alternatives pour palier à ce problème.
 - ✓ L'analyse des tableaux ci-dessus montre que pour ce qui est des pertes, c'est le Départ 14 qui génère le plus de pertes. Ses pertes représentent 26,49%, 25,66%, et 29,64% des pertes totales du réseau respectivement en 2017, 2018 et 2020. Il en est de même pour les départs 18 et 20 qui enregistrent aussi de fortes pertes (23,44% et 12,25%). Cela permet déjà de voir quel sont les départs à problèmes.
 - ✓ En ce qui concerne les résultats sur les différents nœuds et lignes du réseau, les lignes des départs 18, 14, 20, 16 et 13 sont très surchargées avec des taux de charges allant jusqu'à 190% dès 2017. En effet cela s'explique par le fait que la section de câble de ces départs est très petite (54,6 mm²) qui pourtant alimentent le plus grand nombre de charges. Par conséquent plus les années passent plus le nombre de lignes surchargées de ces départs augmentent.
- Pour ce qui est du niveau de tension au niveau des différents nœuds du réseau les départs 18, 14, et 15 enregistrent également des surcharges au niveau de leurs nœuds. C'est-à-dire avec des chutes de tension pouvant atteindre – 19% au niveau de ces nœuds. Ce qui est largement inférieur à la limite acceptable ($\pm 7\%$). En effet ces départs sont essentiellement radiaux et alimentent les points les plus éloignés du réseau malgré leur section de câble relativement petites (54,6mm² et 75,5mm²). Ce phénomène de sous tension est quotidiennement ressenti par les abonnés surtout en période de pointe.
- ✓ En 2020 les simulations montrent que les départs 18, 14, 20, 16 et 13 sont à leur limite de fonctionnement avec presque toutes les lignes et nœuds surchargés. Cela est dû à la forte demande en puissance des charges qui aura augmentée.

En résumé, nous pouvons dire que les départs critiques au niveau du poste source de OUAGA 2 sont essentiellement les départs 18,14,20,16,13 et 20.

Ainsi, de ces analyses nous pouvons conclure qu'il est nécessaire à la SONABEL de se pencher sur ces problèmes dans l'immédiat afin de rehausser la qualité de l'électricité sur le poste source de OUAGA 2.

NB : Les éléments cités ci-dessus ne sont identifiables que sur NEPLAN. Les résultats sur les éléments et nœuds surchargés sont aussi présentés à **L'ANNEXE 8**.

IV. Proposition de solutions

IV.1. Pour la surcharge des transformateurs

Pour ce qui concerne les transformateurs surchargés, il faut :

- ✓ Procéder à l'élévation de la puissance des transformateurs par leur mutation ;
- ✓ Ou diminuer les charges du transformateur en installant un ou plusieurs transformateurs relayeurs.

IV.2. Pour la surcharge des Nœuds

Avec la demande en puissance importante des charges, ainsi que les pertes dans les lignes, les nœuds se retrouvent surchargés et cela se manifeste par des chutes de tension à leur niveau. Ces chutes de tension sont aussi dues au fait de la très grande longueur des départs.

Pour pallier à ces problèmes il faudra :

- ✓ Réduire les longueurs ou augmenter les sections des lignes : Le réseau étant essentiellement radial il faut éviter de longues distances entre les nœuds qui affecte le niveau de tension des nœuds les plus éloignés ;
- ✓ Favoriser la compensation au niveau du jeu de barre principal : Augmenter la capacité de compensation au niveau du jeu de barre principal. Une autre alternative est de se pencher vers les dispositifs FACTS (*Flexible Alternative Current Transmission Systems*) qui sont des dispositifs basés sur l'électronique de puissance et d'autres dispositifs statiques, utilisés pour accroître la contrôlabilité et la capacité de transfert de puissance du réseau. Par Le maintien de la tension à un niveau acceptable en fournissant de la puissance réactive lorsque la charge est élevée et que la tension est trop basse, alors qu'à l'inverse ils en absorbent si la tension est trop élevée.

IV.3. Pour la surcharge des lignes

Pour ce qui est de la surcharge des lignes il faudra travailler à réduire la charge des lignes et aussi procéder à l'augmentation de la section des lignes.

IV.4. Proposition à court terme

Une proposition que la SONABEL devra appliquer dans l'immédiat est de mettre en place un plan de renforcement des départs surchargés. Ce plan de renforcement consistera à passer à une section de conducteur supérieure pour l'ensemble des départs surchargés. Le tableau résumant les travaux de renforcement est proposé ci-dessous.

Tableau 10 : Renforcement de lignes 15 kV période 2017-2022

Départs	Conducteurs	Longueur [Km]	Description de l'ouvrage	Observations
Départs 18	Almélec 148 mm ²	4,9	Du jeu de barre principale au poste P.130 école	Taux de charge 172%
	Almélec 75,5 mm ²	2,58	Du poste P.130 école au Nœud 22/18	
Départs 14	Almélec 75,5 mm ²	6,86	Du jeu de barre principale au Nœud N24/14	Taux de charge 128%
Départs 20	Almélec 75,5 mm ²	9,141	Du jeu de barre principale au Nœud N.P.647 EP Espér	Taux de charge 91%
Départs 15	Almélec 148 mm ²	3,68	Du jeu de barre principale au Nœud N.P.Cophadis	Taux de charge 139%
Départs 16	Almélec 75,5 mm ²	6,25	Du jeu de barre principale au poste P.97 OE	Taux de charge 136%
Départs 13	Almélec 148 mm ²	3,15	Du jeu de barre principale au nœud N.10/13	Taux de charge 98%

Cependant nous notons qu'avec ce renforcement, le réseau présentera de nouvelles surcharges à partir de 2022. C'est pourquoi nous planifions la création de nouveaux départs qui prendront une partie des charges des départs surchargés. Ces nouveaux départs prendront leur source au niveau des nouveaux postes sources prévus par le schéma directeur de la SONABEL. Ces postes sources seront configurés comme suit :

- ✓ **Poste OUAGA 3** : Raccordé sur la ligne 90 kV existante, entre les postes sources de **OUAGA 1** de **ZAGTOULI** ;
- ✓ **Poste ZACA** : Raccordé sur la future ligne 90 kV, entre les postes sources de **OUAGA 1** et **PATE-D'OIE**.

Une répartition des nouveaux postes sources est proposée à **L'ANNEXE 9**.

Les futurs départs auront pour fonction de décharger les Départs 18,15, 16, 14, 13 et 20. Pour cela nous avons entamé une série de simulations pour la création de ces nouveaux départs, afin de pallier aux problèmes cités plus haut.

Ces simulations ont été effectuées en respectant les conditions de faisabilité sur le plan structuration du départ, sur le plan géographique et économique. Ce qui aboutit ainsi à un résultat pour la création de six nouveaux départs qui déchargeront les départs critiques et permettrons au réseau de distribution de OUAGA 2 d'assurer le transit de l'énergie électrique jusqu'en 2030.

Ces six nouveaux départs seront configurés comme suit :

- **Départ 18 BIS** : A pour fonction de décharger le Départ 18. Et prend source sur le poste de **KOSSODO**.

- **Départ 14 BIS** : A pour fonction de décharger le Départ 14 à partir du nouveau poste source de **OUAGA 3**.
- **Départ 20 BIS** : A pour fonction de décharger le Départ 20 à partir du nouveau poste source de **OUAGA 3**.
- **Départ 15 BIS** : A pour fonction de décharger le Départ 15 à partir du poste source de **ZAGTOULI**.
- **Départ 16 BIS** : A pour fonction de décharger le Départ 16 et le Départ 15 à partir du poste source de **ZAGTOULI**.
- **Départ 13 BIS 2** : A pour fonction de décharger le Départ 13 BIS à partir du nouveau poste source de **ZACA**.

Ainsi ces nouveaux départs créés permettront au réseau de fournir l'énergie électrique jusqu'à l'horizon 2030. Et un plan de réaménagement détaillé du réseau est présenté à **L'ANNEXE 10**.

Pour ce qui est des transformateurs surchargés, nous avons opté pour leur remplacement par an par des transformateurs de puissance plus élevée en fonction de la charge estimée et en adéquation avec la politique de la SONABEL. Le plan de mutation des transformateurs surchargés est présenté à **L'ANNEXE 10**.

En outre, nous proposons en supplémentaire, c'est de mettre en place une « **section de suivi-qualité du réseau** » qui sera constituée d'une équipe spécialisée. Cette équipe se servira du modèle du réseau que nous mettrons à sa disposition afin qu'elle puisse suivre, planifier et anticiper les problèmes futurs.

NB : Les éléments cités ci-dessus ne sont identifiables que sur NEPLAN. Les résultats des simulations de solutions proposés sont aussi disponibles à **L'ANNEXE 11**.

IV.5. Estimation du budget pour la réalisation des ouvrages

Le coût total pour la réalisation des solutions proposées est estimé en hors taxe à huit milliards, quatre cent quatre-vingt dix huit millions (8 498 000 000) de franc CFA.

Tableau 11 : Estimation du budget

N° ORDRE	Désignation	Montants
I	Renforcement Ligne aérienne Almélec 75,5 mm ²	68 031 000
II	Renforcement Ligne aérienne Almélec 148 mm ²	43 603 900
III	Création du poste source de OUAGA 3	2 631 737 000
IV	Création du poste source de ZACA	2 631 737 000
V	Construction de la ligne 90 kV, alimentation de nouveaux poste sources	3 122 000 000
TOTAL HTVA (FCFA)		8 497 108 900

Pour chaque nature d'ouvrage, un prix unitaire a été estimé sur la base de travaux similaires en cours de réalisation ou récemment réalisés au Burkina Faso pour le compte de la SONABEL.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans ce travail, nous avons modélisé le réseau de distribution 15 kV au poste source de **OUAGA 2**, et étudié le comportement de ce dernier face l'évolution de la charge jusqu'en 2030.

La première étape a consisté à faire une collecte de données de l'ensemble des éléments constitutifs du réseau et nécessaires à la modélisation. Nous avons obtenu les caractéristiques électriques des transformateurs qui sont de marques différentes. Les données sur les conducteurs ont été obtenues avec le logiciel MAPINFO et la consultation de la bibliographie de la SONABEL. Pour la charge électrique, les données ont été obtenues à travers la CAMPAGNE de mesure effectuée chaque année en période de pointe. Nous avons aussi réalisé une prévision de la charge afin de pouvoir effectuer les simulations jusqu'en 2030 à partir des CAMPAGNES de mesures des trois dernières années et par l'application de la méthode de régression linéaire.

Avec cette collecte de donnée nous avons modélisé l'ensemble des onze départs du jeu de barre 15 kV sur NEPLAN afin d'effectuer les simulations. Ces simulations ont été effectuées en imposant des critères de stabilité sur le réseau, notamment une charge minimale des éléments de 90% et le niveau de tension au niveau des différents nœuds n'excédant pas $\pm 7\%$. Ces simulations ont montré qu'à partir de 2021 le poste source de OUAGA 2 sera saturé et que les départs 18, 16, 14, 20, 15 et 13 sont des départs surchargés. Des départs sont surchargés avec des taux de charge des lignes pouvant aller jusqu'à 172% dès 2017. Ce qui est assez critique. Ainsi si rien n'est fait pour palier à cela, nous courrons un risque d'effondrement du réseau.

Parmi les multiples solutions proposées il ressort la création de six nouveaux départs qui déchargeront les départs critiques et accueilleront les nouvelles charges à venir. Il s'agit des nouveaux départs dits : 18 BIS, 14 BIS, 20 BIS 15 BIS 16 BIS et 13 BIS 2. Mais avant cette mise place de nouveaux départs, il est nécessaire de faire d'abord un renforcement des lignes surchargés en passant à une section de câble supérieur.

Comme perspective, il sera souhaitable de mettre en place une « **section de suivi-qualité du réseau** » qui sera constituée d'une équipe spécialisée. Cette équipe se servira du modèle du réseau dont nous mettrons à sa disposition afin qu'elle puisse suivre, planifier et anticiper les problèmes futurs.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LEGRAND. 2017. « PERMETTRE L'ACCES A L'ELECTRICITE » : < http://www.legrand.com/FR/acces-a-l-electricite-pays-pauves_13086.html >. Consulté le 24 Novembre 2017.
- [2] MINISTERE DES MINES ET DE L'ENERGIE BURKINA FASO.2014. «Consommation en électricité en temps de pointe» : < <http://lefaso.net/spip.php?article59180>>. Consulté le 14 Novembre 2017.
- [3] SANON Hervé Joël. Etude de la stabilité statique du réseau de distribution HTA de la ville de ouagadougou phase 1. Génie électrique. Ouagadougou : 2IE, 2016, 85p.
- [4] KUNDUR, P. 1994. Power system stability and control. California: McGraw-Hill.
- [5] ZENDAGUI Fatima Zohra. Analyse de la stabilité transitoire dans les réseaux életriques. Génie électrique. Alger : Université Mohamed Khider Biskra, 2013, 87p.
- [6] G.-I.-E. CONSULTANTS SONABEL. Etude de restructuration et d'extention des réseaux électriques de Ouagadougou. Ouagadougou, 2015.
- [7] AW Thierno. 2018. Initiation à MAPINFO PROFESSIONAL. Paris: Université Paris Est.
- [8] Missoum Rezig. Etude d'un dispatching économique des puissances actives par les algorithmes de fourmis. Electrotechnique. Alger : Université de Chlef, 2008, 131p.
- [9] Rahli Mostefa. Contribution à l'étude de la répartition optimale de la puissance dans les réseaux électrique. Electrothecnique. Oran : Université de UST Oran, 1996, 120p.
- [10] BENCHEIKH Abdelhak et DEROUICHE Abdelghani. Etude de l'écoulement de puissance sur un réseau électrique en présence des systèmes FACTS. Electrotechnique. Ourgla : Université KASDI MERBAH OUARGLA, 2016, 77p.

ANNEXE 1 : Schéma unifilaire du poste de OUAGA 2

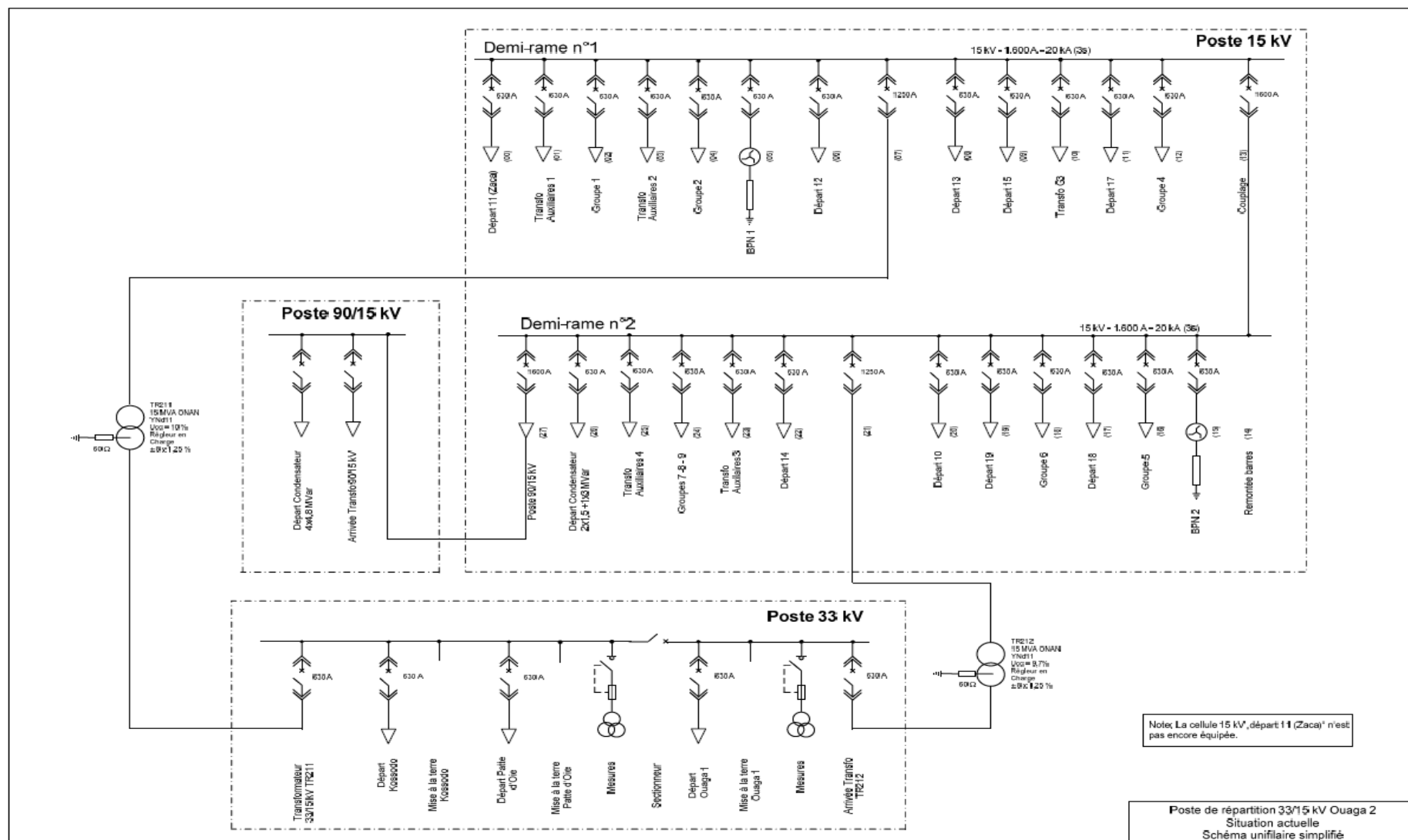


Figure 25 : Schémas unifilaire simplifié du poste de OUAGA 2

ANNEXE 2 : Collecte de données sur les transformateurs

Tableau 12 : Répartition des poste selon leur type et leur statut

	Désignation	Quantités
Statut du poste	Publiques	168
	Mixte	77
	Privés	215
Type de poste	H61	290
	Préfabriqué	8
	Cabine Maçonnée (CMB)	162

Tableau 13 : Transformateur marque NOVARE NEXAN

NOVARE NEXAN							
Puissance assignée (kVA)	50	100	160	250	315	400	630
Fréquence (Hz)	50						
Tension Primaire (kV)	(24						
Tension secondaire (V)	400						
Tension de court-circuit (%)	4						
Indice de couplage :	Yzn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn
Pertes à vides (V)	145	210	460	650	770	930	1300
Pertes en charge (W)	1350	2150	2350	3250	4200	4600	6500
Courant à vide (%)	2,9	2,5	2,3	1,8	1,8	1,8	1,6
Chute de tension en pleine charge (%) Cos φ (0,85)	3,35	3,4	3,24	3,13	3,15	3,03	2,95
Rendement Cos φ (0,85) 50% charge	98,6	98,1	98,6	98,75	98,66	98,89	99,02
Rendement Cos φ (0,85) 100% charge	98,04	97,7	98,04	98,25	98,18	98,45	98,61
Puissance acoustique -dB(A)	50	49	62	65	66	68	70

Tableau 14 : Transformateur marque MINERA SCHNEIDER

MINERA SCHNEIDER									
Puissance assignée (KVA)	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000
Fréquence (Hz)	50								
Tension Primaire (kV)	15/24								
Tension secondaire (V)	410								
Tension de court-circuit (%)	4				6				
Indice de couplage :	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn
Pertes à vides (W)	241	345	494	690	747	885	1092	1380	1667
Pertes en charge (W)	2585	3575	5060	7150	9240	11500	12100	15400	19800
Courant à vide (%)	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
Rendement (Cos φ 0,8) 75% charge	98,27	98,5	99,03	98,77	98,79	98,89	98,96	98,97	98,94

Rendement (Cosφ 0,8) 100% charge	97,84	98,1	98,79	98,47	98,464	98,45	98,7	98,71	98,68
Puissance acoustique - dB(A)	44	47	50	51	53	55	56	58	60

Tableau 15 : Transformateur marque SACEM

SACEM					
Puissance assignée (KVA)	50	100	160	250	400
Fréquence (Hz)	50				
Tension Primaire (kV)	(24				
Tension secondaire (V)	410				
Tension de court-circuit (%)	4				
Indice de couplage :	Yzn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn
Pertes à vides (W)	220	330	530	600	930
Pertes en charge (W)	1320	2100	2600	3800	5100
Courant à vide (%)	2,9	2,5	2,3	2,1	1,9

Tableau 16 : Transformateur marque BELTRANSFO

BELTRANFO											
Puissance assignée (KVA)	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000
Fréquence (Hz)	50										
Tension Primaire (kV)	15/20										
Tension secondaire (V)	410										
Tension de court-circuit (%)	4					6					7
Indice de couplage :	Yzn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn	Dyn
Pertes à vides (W)	145	210	460	650	930	1300	1220	1470	1800	2640	3120
Pertes en charge (W)	1350	2150	2350	3250	4600	6500	10700	13000	16000	18100	22500
Chute de tension en pleine charge (%) Cos φ(0,8)	3,93	3,75	3,43	3,33	3,25	3,17	4,65	4,63	4,62	4,52	5,7
Rendement Cos φ(0,8) 100% charge	96,4	97,1	97,85	98,09	98,3	98,78	98,17	98,23	98,26	98,36	98,38

Tableau 17 : caractéristiques des transformateurs selon le spécification technique SONABEL

Puissance assignée (kVA)	50	100-160-250 et 400	630-800-1000 et 1250
Fréquence (Hz)	50	50	50
Tension Primaire (kV)	15	15	15
Tension la plus élevée (V)	17,5	17,5	17,5
Tension secondaire (V)	410	410	410
Tension de court-circuit (%)	4	4	4 et 5(P(1000kVA
Indice de couplage :	Yzn	Dyn	Dyn
Tension de tenue assignée courte durée à fréquence industrielle (kV)	38	38	38

Tension de tenue assignée aux chocs de foudre (kV)	95	95	95
---	----	----	----

Puissance (kVA)	50	100	160	250	400	630
Pertes à vides (w)	145	210	460	650	930	1300
Pertes en charge (W)	1320	2150	2350	3250	4600	6500
Courant à vide (%)	2,9	2,5	2,3	1,6	1,8	1,6
Chute de tension en pleine charge (%) cos $\Psi(0,8)$	3,92	3,75	3,43	3,33	3,25	3,17
Rendement Cos $\Psi(0,8)$ 50% charge	97,68	98,2	98,39	98,56	98,97	98,85
Rendement Cos $\Psi(0,8)$ 100% charge	96,47	97,19	97,85	98,48	98,64	98,48
Puissance acoustique -DB	50	53	59	62	65	67

ANNEXE 3 : Données sur les conducteurs

Tableau 18 : Répartition des conducteurs par départs

Poste source	Niveau de tension (15kV)	Numéro de départ	Type (Aérien/Souterrain)	Nature de l'âme	Section (mm2)	Longueur (km)
OUAGA 2	15	11	Souterrain	Aluminium	240	23,37
		12	Souterrain	Aluminium	150	9,37
		13	Souterrain	Aluminium	150	4,22
			Souterrain	Aluminium	95	0,5
			Aérien	Almélec	54,6	1,25
			Aérien	Almélec	75,5	12,88
		13 BIS	Souterrain	Aluminium	150	1,69
			Aérien	Almélec	75,5	8,5
		14	Souterrain	Aluminium	150	1,2
			Aérien	Almélec	54,6	27,5
			Aérien	Almélec	75,5	16,52
		15	Souterrain	Aluminium	150	1,48
			Aérien	Almélec	54,6	0,39
			Aérien	Almélec	75,5	37,53
		16	Souterrain	Aluminium	150	1,99
			Aérien	Almélec	54,6	20,66
		17	Souterrain	Aluminium	240	10,44
		18	Aérien	Almélec	54,6	44,25
		19	Souterrain	Aluminium	150	5,01
		20	Aérien	Almélec	54,6	40,02

Tableau 19 : Distance entre les nœuds

NB : Ces éléments sont identifiables sur NEPLAN

Départ 11 ZACA			Départ 12		
Poste 1	Poste 2	Distance (km)	Poste 1	Poste 2	distance (km)
OUAGA 2	P. 8	3,4142	OUAGA 2	P. 203 CGP	0,2238
P. 8	P. Im. Kafando M	0,9436	P. 203 CGP	P. 228 ENP	0,487
P. Im. Kafando M	P. Kanazoe Y	0,3526	P. 228 ENP	P. SONICO	0,2042
P. Kanazoe Y	P. Im. Tassembledo A	0,15	P. SONICO	P. PROCHIMIE	0,068
P. Im. Tassembledo A	P. Im. Ima Gaetan	0,0172	P. SONICO	P. 189 CNSS Centre	0,219
P. Im. Ima Gaetan	P. Im. Baalkini A	0,2016	P. 189 CNSS Centre	P. ONCHO OMS	0,21
P. Im. Baalkini A	P. 699	0,044	P. ONCHO OMS	P. 211 DGUT	0,58
P. 699	P700	0,9446	P. 211 DGUT	P. DT	0,044
P700	P. Im. Traore Abdoulaye	0,6105	P. 211 DGUT	P. FASO PLAST	0,64

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P. Im.Traore Abdoulaye	P. Im. Fofana M	0,2564	P. FASO PLAST	P. SOVICA	0,211
P. Im. Fofana M	P. Minist de la femme	1,654	P. FASO PLAST	P. SOBUGAZ R	0,134
P. Minist de la femme	P. ELF	0,22	P. SOBUGAZ R	P. SOBUGAZ T	0,045
P700	P. Nassa S	1,469	P. SOBUGAZ R	P. 23	0,152
P. Nassa S	P. ELF	1,2117	P. 23	P. GS PLAST	0,105
P700	P. CAFEC-K	0,2995	P. GS PLAST	P. ONATEL DILA	0,091
P. CAFEC-K	P. 42	0,1049	P. ONATEL DILA	P. 6 Boulangerie G	0,464
P. 42	P. UE	0,2657	P. 6 Boulangerie G	P. 30 Gandin	0,265
P. UE	P. Diallo Aboubacar	0,2874	P. 30 Gandin	P. CONASUR	0,115
P. Diallo Aboubacar	P. Bolloré	0,0795	P. CONASUR	P. SOFITEX R	0,214
P. Bolloré	P. 318 CDP	0,0797	P. SOFITEX R	P. SOFITEX FASO COTON	0,038
P. 318 CDP	P. Hotel Splendide	0,065	P. SOFITEX R	P. 24 Travaux neufs	0,121
P. Hotel Splendide	P. Hotel Palm Beach	0,1065	P. 24 Travaux neufs	P. TECHNIBOIS D	0,1063
P. Hotel Palm Beach	P. 208 CAI	0,0472	P. 24 Travaux neufs	P. BURKINA Pat	0,1279
P. 208 CAI	P. ELF	0,2486	P. BURKINA Pat	P. PAPEC Métallurgie	0,074
P700	Im. V. Lucien	0,5075	P. BURKINA Pat	P. 5	0,63
Im. V. Lucien	P. SONATUR	0,2397	P. 5	P. SATOM	0,256
P. SONATUR	P. UREBA	0,1778	P. SATOM	P. Im. Boaghin	0,372
P. UREBA	P. 210	0,1287	P. Im. Boaghin	P. H. des députés	0,662
P. 210	P. Corris Assur	0,1308	P. H. des députés	P. CAMP Guillaume 2	0,838
P. Corris Assur	P. Kanazoé Inoussa	0,2292	P. CAMP Guillaume 2	P. CAMP Guillaume 1	0,416
P. Kanazoé Inoussa	P. Diallo	0,1933	P. CAMP Guillaume 1	P. EMTO	0,0478
P. Diallo	P. ELF	0,1624	P. CAMP Guillaume 2	P. 311 Marien N'Guabi	0,593
P700	P. 701	0,6242	P. 311 Marien N'Guabi	P. BCEAO Siège	0,589
P. 701	P. Hotel ad. Etat	0,982	P. BCEAO Siège	VERS P. Poste B	0,0312
P. Hotel ad. Etat	P. Grand hotel	0,19	Départ 13		
P. Grand hotel	P. DGPC	0,082	Poste 1	Poste 2	distance (km)
P. DGPC	P. Grand hotel Résidence	0,024	OUAGA 2	P. 213 CFP Sonabel	0,15
P. Grand hotel Résidence	P. Hotel. Les Freurettes	0,451	P. 213 CFP Sonabel	P. Don Camillo	0,427
P. Hotel. Les Freurettes	P. Ouédr Ambroise	0,052	P. Don Camillo	P. 111	0,4025
P. Ouédr Ambroise	P. Im. Yaméogo Kader	0,072	P. 111	Nœud 1	0,035

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P. Im. Yaméogo Kader	P. Hotel Ramadah	0,251	Nœud 1	P. Don Camillo 2	0,234
P. Hotel Ramadah	P. 702	0,784	Nœud 1	Nœud 2	0,22
P. 702	P. Armelle voyage	0,033	Nœud 2	VERS P. 473	0,017
P. Armel voyage	P. 703	0,275	Nœud 2	Nœud 3	0,345
P. 703	P. BSIC Siège	0,8803	Nœud 3	IACM	0,241
P. BSIC Siège	P. 704	0,2327	Nœud 3	Nœud 4	0,56
P. 704	P. 16	1,226	Nœud 4	P. LNBT	0,028
P700	P. Flex faso	0,1709	Nœud 4	Nœud 5	0,086
P. Flex faso	P. ASECNA	0,1321	Nœud 5	P. URBANISME	0,027
P. Flex faso	P. Livraison aéroport	0,2132	Nœud 5	Nœud 6	0,5665
P. Livraison aéroport	P. UCOBAM	0,2154	Nœud 6	P. 639 EP	0,0312
P. UCOBAM	P. FRET	0,0788	Nœud 6	Nœud 7	0,0717
P. FRET	P. 58 SONAR	0,4981	Nœud 7	P. Siège FESPACO	0,2044
P. 58 SONAR	P. 36 Aéroport	0,2884	Nœud 7	Nœud 8	0,1528
P. 36 Aéroport	P. 44 Chambres	0,5959	Nœud 8	P. CBC	0,561
P. 44 Chambres	P. US Army	0,0988	P. CBC	P. 629 Mosquée	0,1778
P. US Army	P. 16	0,077	Nœud 8	Nœud 9	1,242
Départ 14			Nœud 9	P. Presse Afrique	0,2794
Poste 1	Poste 2	Distance (km)	Nœud 9	Nœud 10	0,1634
Ouaga 2	Nœud 1	0,651	Nœud 10	Nœud 11	0,2408
Nœud 1	P. 447	0,357	Nœud 11	P. DEFI GRAPHIC	0,223
P. 447	P. 610	0,133	Nœud 11	P. 34	0,0216
Nœud 1	P. 121 WB	0,383	P. 34	P. Stade Municipal	0,077
P. 121 WB	Nœud 2	0,05	Nœud 10	Nœud 12	0,426
Nœud 2	P. 407 marché nossin	0,0245	Nœud 12	Nœud 13	0,429
Nœud 2	Nœud 3	0,2	Nœud 13	P. ONEA	0,0434
Nœud 3	Nœud 4	0,124	Nœud 13	P. 22 Château	0,267
Nœud 4	Nœud 5	0,191	P. 22 Château	P. EDEN PARK	0,371
Nœud 5	P. 679	0,0129	P. EDEN PARK	P. 12	0,6071
Nœud 5	P. 479 Ecole W	0,084	P. 12	P. 47	0,1401
Nœud 4	IACM nossin	0,225	P. 12	P. ASECNA	0,1166
Nœud 3	P. 475	0,472	P. 12	P. 116 AN2	0,5891
P. 475	Nœud 6	0,756	P. 116 AN2	P. AMBF	0,1014
Nœud 6	P. 122	0,172	P. 116 AN2	P. ONATEL	0,8542
Nœud 6	Nœud 7	0,659	P. ONATEL	P. 84 St Jos	0,3608
Nœud 7	P. 305	0,021	P. 84 St Jos	P. SONAPOST	0,0922
Nœud 7	Nœud 8	0,0517	P. SONAPOST	P. 666	0,5927
Nœud 8	Nœud 9	0,033	P. 666	P. 88	0,6702
Nœud 9	P. 123 NV-NW	0,12	Nœud 12	Nœud 14	0,425
Nœud 9	P. 446	0,511	Nœud 14	Nœud 15	0,124
Nœud 8	Nœud 10	1,618	Nœud 15	P. SOCOZIF	0,178
Nœud 10	P. ECOBANK	0,026	Nœud 15	Nœud 16	0,151
Nœud 10	Nœud 11	0,1345	Nœud 16	P. 91	0,027

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

Nœud 11	Nœud 12	0,1011	Nœud 16	Nœud 17	0,105
Nœud 12	P. Boukar Yande	0,106	Nœud 17	Nœud 18	0,21
Nœud 12	IACM IA RTE OHG	0,406	Nœud 18	P. 361	0,0556
Nœud 11	Nœud 13	0,0624	Nœud 18	P. 61 AY	0,0234
Nœud 13	P. 425	0,053	Nœud 17	P. Mme Congo	0,1491
Nœud 13	Nœud 14	0,4155	Nœud 17	P. 54 AY	0,336
Nœud 14	P. 132 Ciné	0,266	P. 54 AY	P. Guichet Unique	0,346
Nœud 14	Nœud 15	0,0826	P. 54 AY	P. 571	0,488
Nœud 15	P. Sawadogo Sayouba	0,1834	Nœud 14	Nœud 19	0,26
Nœud 15	Nœud 16	0,0381	Nœud 19	Nœud 20	0,201
Nœud 16	Nœud 17	0,1186	Nœud 20	P. Im Ouédraogo S	0,192
Nœud 17	P. 343	0,063	Nœud 20	P. Bank Habitat	0,146
Nœud 17	P. 133 C. AN4	0,11	Nœud 20	P. Im Kouada	0,028
P. 133 C. AN4	P. 494	0,2528	Nœud 19	P. 11	0,173
Nœud 16	P. Témoin de Jéhova	0,2427	P. 11	P. 72	0,19
P. Témoin de Jéhova	Nœud 18	0,1469	P. 11	Nœud 21	0,221
Nœud 18	Nœud 19	0,117	Nœud 21	P. GIB	0,113
Nœud 19	P. 572	0,0093	Nœud 21	Nœud 22	0,115
Nœud 19	Nœud 20	0,1971	Nœud 22	P. Hotel Aéroport	0,054
Nœud 20	P. 135	0,205	Nœud 22	Nœud 23	0,105
Nœud 21	P. 134 NP	0,1779	Nœud 23	D11	0,216
P. 134 NP	P. 684	0,28	Nœud 23	P. 46 AX	0,037
Nœud 18	Nœud 22	0,022	P. 46 AX	VERS FLEX FASO	0,0615
Nœud 22	P. 424	0,2986	Départ 18		
Nœud 22	Nœud 23	0,272	Poste 1	Poste 2	distance (km)
Nœud 23	P. DIPAMA	0,0982	Ouaga 2	Nœud 1	0,95
Nœud 23	P. Banque de l'Habitat T	0,687	Nœud 1	P. CGE	0,081
P. Banque de l'Habitat T	Nœud 24	0,198	Nœud 1	Nœud 2	0,201
Nœud 24	Nœud 25	0,381	Nœud 2	P. Bazie Wahab	0,0175
Nœud 25	P. 247 NC	0,471	Nœud 2	Nœud 3	0,411
Nœud 25	Nœud 26	0,035	Nœud 3	Nœud 4	0,138
Nœud 26	P. CFP CNSS	0,2596	Nœud 4	P. H.Bangrin	0,188
P. CFP CNSS	P. 790	0,1127	Nœud 4	P. 119	0,348
Nœud 26	VERS IACM	0,0335	Nœud 3	Nœud 5	0,216
Nœud 24	Nœud 27	0,2202	Nœud 5	P. 120	0,278
Nœud 27	P. 367	0,0114	P. 120	P. 381	0,069
Nœud 27	P. 136	0,0788	P. 381	P. 466	0,355
P. 136	P. 603	0,1731	Nœud 5	P. 51	0,399
Nœud 27	P. 478	0,308	P. 51	Nœud 6	0,567
P. 478	Nœud 28	0,1564	Nœud 6	P. 124 EP	0,2573
Nœud 28	P. 137 MW	0,0704	Nœud 6	IACM NOSSIN	0,0607

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

Nœud 28	Nœud 29	0,1903	P. 51	P. 13 Kolgo naaba	0,388
Nœud 29	P. 345	0,196	P. 13 Kolgo naaba	Nœud 7	0,909
Nœud 29	Nœud 30	0,814	Nœud 7	P. 85 CN	0,0029
Nœud 30	P. 555	0,275	Nœud 7	Nœud 8	0,272
Nœud 30	P. 256	0,057	Nœud 8	Nœud 9	0,018
P. 256	P. 366	0,277	Nœud 9	P. 746	0,0969
P. 366	Nœud 31	0,4477	Nœud 9	P. 125	0,018
Nœud 31	P. 682	0,0076	Nœud 8	P. 130 école	1,185
Nœud 31	Nœud 32	0,1918	P. 130 école	Nœud 10	0,5704
Nœud 32	P. 602	0,1721	Nœud 10	P. Usine SATOM	0,3948
Nœud 32	P. 267	0,3097	Nœud 10	P. 516	0,2142
P. 267	Nœud 33	0,1981	Nœud 10	P. 550	0,0125
Nœud 33	P. 791	0,104	P. 550	Nœud 11	0,3047
Nœud 33	P. 300	0,2523	Nœud 11	Nœud 12	0,1613
P. 300	Nœud 34	0,4777	Nœud 12	P. Issaka Yameogo	0,0344
Nœud 34	P. 129 MX	0,0118	Nœud 12	IACM RAÏL	0,0554
Nœud 34	Nœud 35	0,364	Nœud 11	Nœud 13	0,275
Nœud 35	P. Eexport Trading G	0,1268	Nœud 13	P. 591	0,1207
P. Eexport Trading G	P. 489	0,5022	P. 591	P. 127	0,0238
Nœud 35	P. Sœurs T	0,25	P. 127	P. 126	0,1604
P. Sœurs T	Nœud 36	0,1581	Nœud 13	IACM IA RTE OHG	0,3146
Nœud 36	P. 268	0,4137	P. 130 école	Nœud 14	0,65
P. 268	Nœud 37	0,0221	Nœud 14	P. 131 MD	0,102
Nœud 37	P. Lycée M Sig-N	0,4243	Nœud 14	P. H.PAUL VI	0,125
Nœud 37	P. 534	0,092	P. H.PAUL VI	Nœud 15	0,427
P. 534	P. 298 AZIMO	0,4154	Nœud 15	P. 630	0,114
P. 298 AZIMO	P. 360	0,234	Nœud 15	P. Boulangerie W.K	0,079
Nœud 36	Nœud 38	0,2209	P. Boulangerie W.K	Nœud 16	0,126
Nœud 38	Nœud 39	0,1511	Nœud 16	P. 728	0,505
Nœud 39	P. Division Fiscale	0,0074	Nœud 16	Nœud 17	0,0206
Nœud 39	P. ONEA Sig-nonghin	0,2439	Nœud 17	P. G.S.Somde	0,0397
Nœud 38	Nœud 40	0,2445	Nœud 16	P. I.Séminaire	0,281
Nœud 40	P. 793 MK	0,0059	Nœud 17	Nœud 19	0,43
Nœud 40	Nœud 41	0,1582	Nœud 19	P. SOIFI	0,0083
Nœud 41	P. 413	0,0564	Nœud 19	Nœud 20	0,3343
Nœud 41	Nœud 42	0,1065	Nœud 20	P. Sonatarium	0,0099
Nœud 42	P. 128 MI	0,0625	Nœud 20	Nœud 21	0,3931
Nœud 42	Nœud 43	0,1572	Nœud 21	P. 696	0,0458
Nœud 43	P. 691 MI	0,0141	Nœud 21	Nœud 22	0,2336
P. 691 MI	IACM RAÏL	0,2586	Nœud 22	P. 389	0,523
Départ 20 RIMKIETA			P. 389	P. 472	0,896
Poste 1	Poste 2	Distance (km)	P. 389	Nœud 23	0,487
Ouaga 2	Nœud 1	1,562	Nœud 23	P. 445	0,357

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

Nœud 1	Nœud 2	0,089	Nœud 23	Nœud 24	1,037
Nœud 2	P. 762 EP	0,015	Nœud 24	P. ONEA RA	0,576
Nœud 2	VERS P. 122	0,447	Nœud 24	P. 525	0,032
Nœud 1	Nœud 3	0,997	Nœud 24	P. 526	0,925
Nœud 3	P. CAMP LAMIZ	0,136	Nœud 22	Nœud 25	0,357
Nœud 3	Nœud 4	2,753	Nœud 25	P. Sœurs de l'immaculée	0,081
Nœud 4	P. 559	0,579	Nœud 25	Nœud 26	0,253
P. 559	P. 780	0,027	Nœud 26	P. Lavigerie	0,0235
P. 780	P. 635	0,615	Nœud 26	Nœud 27	0,268
P. 635	P. 560	0,7698	Nœud 27	P. 444	0,213
P. 560	P. 690	0,0492	Nœud 27	Nœud 28	0,15
P. 690	P. 768	0,3674	Nœud 28	P. 587	0,257
Nœud 4	Nœud 5	0,389	Nœud 28	Nœud 29	0,199
Nœud 5	P. ONEA Z. R11 AD	0,0675	Nœud 29	P. Antenne EATON	0,237
Nœud 5	Nœud 6	1,04	Nœud 29	Nœud 30	0,622
Nœud 6	Nœud 7	0,791	Nœud 30	P. TNB	0,071
Nœud 7	P. ONATEL SA RIMK	0,246	Nœud 30	Nœud 31	0,063
Nœud 7	Nœud 8	0,419	Nœud 31	P. SOGEL-B	0,073
Nœud 8	P. TELECEL Dares Salam	0,509	Nœud 31	Nœud 32	0,058
Nœud 8	Nœud 9	1,987	Nœud 32	P. LAC	0,058
Nœud 9	P. Ouédraogo H	0,152	Nœud 32	Nœud 33	0,357
Nœud 9	Nœud 10	0,573	Nœud 33	P. Kote Boukaré	0,064
Nœud 10	vers P CIMAT	0,248	Nœud 33	Nœud 34	0,84
Nœud 10	Nœud 11	0,135	Nœud 34	P. 523	0,022
Nœud 11	P. TELMOB cimat	0,055	Nœud 34	Nœud 35	0,34
Nœud 11	P. SAHAURUM	0,203	Nœud 35	P. BAC	0,133
Nœud 6	Nœud 13	0,9321	Nœud 35	Nœud 36	0,339
Nœud 13	P. 558	0,0184	Nœud 36	P. INERA Carf	0,278
Nœud 13	Nœud 14	0,462	Nœud 36	Nœud 37	0,646
Nœud 14	P. 705	1,311	Nœud 37	P. 2IE	0,105
Nœud 14	Nœud 15	0,338	Nœud 37	Nœud 38	0,121
Nœud 15	P. 805	0,797	Nœud 38	P. INERA	0,108
Nœud 15	Nœud 16	0,088	Nœud 38	Nœud 39	0,245
Nœud 16	P. 804	0,05	Nœud 39	Nœud 40	0,307
Nœud 16	P. 647 EP Espér	0,58	Nœud 40	P. 2IE 2	0,157
P. 647 EP Espér	Nœud 17	1,245	Nœud 40	P. 2IE 3	0,306
Nœud 17	Nœud 18	0,45	Nœud 39	Nœud 41	0,213
Nœud 18	P. 586	0,144	Nœud 41	P. Foyer bangre	0,055
Nœud 18	Nœud 19	0,155	Nœud 41	Nœud 42	0,184
Nœud 19	P. 470 NB	0,254	Nœud 42	P. Boulangerie K	0,078
Nœud 19	Nœud 20	0,39	Nœud 42	Nœud 43	0,364
Nœud 20	P. 344	0,35	Nœud 43	P. 310	0,235
P. 344	Nœud 21	0,2025	Nœud 43	Nœud 44	0,466
Nœud 21	P. 221 NA	0,0081	Nœud 44	Nœud 45	0,798
Nœud 21	P. 257	0,4263	Nœud 45	P. CM Bureau	0,038

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P. 257	P. 469	0,3214	P. CM Bureau	P. CM Lgt	1,141
Nœud 20	VERS IACM	0,722	Nœud 45	Nœud 46	0,603
Nœud 20	P. 372	0,222	Nœud 46	P. ENSOA	1,45
P. 372	P. 611	0,068	Nœud 46	P. Camp Baangré	0,441
Nœud 17	P. 404	0,112	P. Camp Baangré	P. Direction Central Génie Militaire	1,058
P. 404	Nœud 22	0,753	Nœud 44	Nœud 48	0,561
Nœud 22	P. Paroisse B	0,714	Nœud 48	P. SOFAB	0,052
Nœud 22	Nœud 23	0,089	Nœud 48	Nœud 49	0,362
Nœud 23	Nœud 24	0,439	Nœud 49	P. PMK	0,363
Nœud 24	P. 774	0,017	Nœud 49	Nœud 50	3,069
Nœud 24	P. 561	0,055	Nœud 50	P. 536	0,025
Nœud 23	Nœud 25	0,2722	Nœud 50	Nœud 51	0,772
Nœud 25	P. Boul.W.KONTA	0,109	Nœud 51	P. 395	0,6
Nœud 25	P. OTAM	0,0469	Nœud 51	Nœud 52	0,451
P. OTAM	Nœud 26	0,269	Nœud 52	P. Sœurs de Pabré	0,072
Nœud 26	P. 521	0,3074	Nœud 52	Nœud 53	2,223
Nœud 26	Nœud 27	0,367	Nœud 53	P. 384	0,035
Nœud 27	P. Station April-oil (Willi A)	0,052	Nœud 53	P. 495	2,358
Nœud 27	P. 405 EP	0,093	Départ 17		
P. 405 EP	P. Péage route OHG	0,699	Poste 1	Poste 2	distance (km)
P. Péage route OHG	P. 406	0,44	Ouaga 2	P. 570	5,343
P. 406	Nœud 28	0,242	P. 570	P. CIMAT	5,097
Nœud 28	Nœud 29	1,056	Départ 19		
Nœud 29	P. 707	0,9333	Poste 1	Poste 2	distance (km)
Nœud 29	P. 706	0,311	Ouaga 2	POSTE 138	1,845
Nœud 28	Nœud 30	0,643	Poste E 138	POSTE 231 B	1,72
Nœud 30	P. 500	0,55	POSTE 231 B	P. PERCEPTION	0,273
Nœud 30	Nœud 31	1,077	POSTE B	P. HAGE MATERIAUX	0,07
Nœud 31	P. 501	1,208	P. HAGE MATERIAUX	P. Bourse de Travail	0,2513
Nœud 31	Nœud 32	1,223	P. Bourse de Travail	P. Hatié	0,1344
Nœud 32	P. Nouveau péage	0,181	P. Hatié	P. 70	0,7207
Nœud 32	P. 743	0,206	Départ 15		
Nœud 32	Nœud 33	0,106	Poste 1	Poste 2	distance (km)
Nœud 33	P. 745	0,41	Ouaga 2	P. Stade du 4 aout	0,572
Nœud 33	P. 742	0,426	P. Stade du 4 aout	P. ONEA Siège	0,196
Nœud 33	P. 744	0,322	P. ONEA Siège	Nœud 1	0,148
Départ 16			Nœud 1	P. INS	0,052
Poste 1	Poste 2	Distance (km)	Nœud 1	Nœud 2	0,173
Ouaga 2	P. 471	1,484	Nœud 2	P. 68 CV	0,261

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P. 471	Nœud 1	0,516	P. 68 CV	P. C.U MDR	0,062
Nœud 1	Nœud 2	0,034	Nœud 2	Nœud 3	0,42
Nœud 2	P. ONATEL Gounghin	0,065	Nœud 3	Nœud 4	0,24
Nœud 2	P. INADES	0,09	Nœud 4	P. 65 Mosquée	0,273
Nœud 1	Nœud 3	0,053	Nœud 4	Nœud 5	0,226
Nœud 3	Nœud 4	0,168	Nœud 5	P. 77	0,017
Nœud 4	P. Marina Market	0,038	Nœud 5	P. 69	0,283
Nœud 4	P. RCP Caise populaire	0,026	Nœud 3	Nœud 6	0,262
P. RCP Caise populaire	VERS IACM	0,043	Nœud 6	P. 450	0,245
Nœud 3	Nœud 5	0,1165	Nœud 6	Nœud 7	0,078
Nœud 5	Nœud 6	0,3597	Nœud 7	VERS P 471 départ 16	0,3321
Nœud 6	P. Exam & Conc	0,0378	Nœud 7	Nœud 8	0,038
Nœud 6	VERS IACM RIVAGE	0,1215	Nœud 8	P. 296	0,03
Nœud 5	Nœud 7	0,134	Nœud 8	P. 60	0,457
Nœud 7	P. Hotel Rayis	0,0548	P. 60	Nœud 9	0,036
Nœud 7	P. 52 CP	0,1042	Nœud 9	P. INERA direction	0,183
P. 52 CP	P. 79 CCFFA	0,2777	Nœud 9	Nœud 10	0,192
P. 79 CCFFA	P. 474	0,6043	Nœud 10	VERS IACM RIVAGE	0,057
P. 474	P. 106 HX	0,3361	Nœud 10	Nœud 11	0,055
P. 106 HX	P. 801	0,042	Nœud 11	P. 452	0,104
P. 106 HX	Nœud 8	0,3784	Nœud 11	P. IMP Martin pêcheur	0,062
Nœud 8	P. 240 OC	0,7167	Nœud 11	Nœud 12	0,162
P. 240 OC	P. 531	0,0283	Nœud 12	Nœud 13	0,105
Nœud 8	P. 107	0,1794	Nœud 13	P. 575 EP	0,03
P. 107	P. 254 EP Circulaire	0,7004	Nœud 13	P. 75 CY	0,324
P. 254 EP Circulaire	Nœud 9	0,6292	Nœud 12	Nœud 12'	0,235
Nœud 9	Nœud 10	0,471	Nœud 12'	P. LABOREX	0,1035
Nœud 10	Nœud 11	0,375	Nœud 12'	P. ONEA R4A	0,09
Nœud 11	P. 98	0,116	P. ONEA R4A	Nœud 12''	0,09
Nœud 11	P. VENEGRE	0,109	Nœud 12''	P. CENTRE AUSTRO	0,101
P. VENEGRE	Nœud 12	0,2053	Nœud 12''	P. Camp UNITE	0,227
Nœud 12	P. Clinique EL	0,0126	P. Camp UNITE	Nœud 14	0,06
Nœud 12	P. 327	0,0358	Nœud 14	P. Camp logements	0,03
Nœud 10	Nœud 13	0,045	Nœud 14	Nœud 15	0,097
Nœud 13	Nœud 14	0,27	Nœud 15	P. Camp militaire	0,053
Nœud 14	P. 532	0,199	Nœud 15	Nœud 16	0,038
Nœud 14	P. 295	0,063	Nœud 16	Genie militaire	0,0204
Nœud 13	Nœud 15	0,132	P. Camp UNITE	Nœud 17	0,0137
Nœud 15	P. Siège O.K	0,065	Nœud 17	Nœud 18	0,0436
Nœud 15	VERS IAT O.K	0,311	Nœud 18	P. 226 Sibam	0,012
Nœud 9	Nœud 16	0,325	Nœud 18	P. ISPC	0,0266

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

Nœud 16	P. 83	0,115	Nœud 17	Nœud 19	0,319
Nœud 16	Nœud 17	0,293	Nœud 19	P. Centr Emetteur	0,325
Nœud 17	P. 451	0,376	Nœud 19	P. 643 EP	0,245
P. 451	P. 97 OE	0,759	P. 643 EP	P. SONABHY	0,1884
P. 97 OE	Nœud 19	0,4459	P. SONABHY	P. Garage O.K	0,1262
Nœud 19	P. 290 OH	0,0271	P. Garage O.K	VERS IAT	0,2006
Nœud 19	Nœud 20	0,2214	P. SONABHY	P. COPHADIS	0,3774
Nœud 20	Nœud 20'	0,2393	P. COPHADIS	Nœud 21	0,088
Nœud 20'	P. 427	0,1691	Nœud 21	P. Im Zongo P Jean	0,1114
Nœud 20'	P. 784	0,1112	Nœud 21	Nœud 22	0,319
Nœud 20'	Nœud 21	0,2027	Nœud 22	P. 265	0,325
Nœud 21	P. 573	0,223	P. 265	P. 613	0,024
Nœud 21	Nœud 22	0,0651	Nœud 22	P. 99	0,3289
Nœud 22	P. ONEA RE	0,0195	P. COPHADIS	Nœud 23	0,006
Nœud 22	Nœud 23	0,1013	Nœud 23	P. Hotel des Finances	0,3773
Nœud 23	P. 609	0,0435	Nœud 23	P. ECOBANK	0,1117
Nœud 23	Nœud 24	0,9541	P. ECOBANK	Nœud 24	0,164
Nœud 24	P. EAU D'eden	0,1822	Nœud 24	P. 100	0,197
Nœud 24	VERS départ 15	1,377	Nœud 24	Nœud 25	0,1998
P. 97 OE	Nœud 25	0,2354	Nœud 25	VERS P .Onea siege	0,443
Nœud 25	P. 324	0,021	Nœud 25	Nœud 26	0,051
Nœud 25	P. 105	1,52	Nœud 26	P. 644	0,012
P. 105	Nœud 26	0,341	Nœud 26	Nœud 27	0,248
Nœud 26	P. 399	0,344	Nœud 27	P. SODIGAZ	0,072
Nœud 26	Nœud 27	0,283	Nœud 27	Nœud 28	0,277
Nœud 27	P. 480	0,432	Nœud 28	P. Mairie BMG	0,104
Nœud 27	P. 93	0,251	P. Mairie BMG	P. CFP ONEA	0,118
P. 93	Nœud 28	0,283	Nœud 28	Nœud 29	0,378
Nœud 28	Nœud 29	0,461	Nœud 29	P. 102 RX	0,219
Nœud 29	Nœud 30	0,248	P. 102 RX	Nœud 30	0,19
Nœud 30	P. 423	0,305	Nœud 30	P. 328	0,0076
Nœud 30	Nœud 31	0,0592	Nœud 30	Nœud 31	0,224
Nœud 31	P. 220 WR	0,0234	Nœud 31	P. 103 RB	0,1103
Nœud 31	P. 92 WR	0,0122	Nœud 31	Nœud 32	0,022
Nœud 29	Nœud 32	1,108	Nœud 32	P. 468	0,016
Nœud 32	P. Paam Yoodo	0,0501	Nœud 32	P. 363	0,067
Nœud 32	P. Briquetterie	1,451	Nœud 30	Nœud 33	0,431
Nœud 28	Nœud 33	0,258	Nœud 33	P. 426	0,241
Nœud 33	Nœud 34	0,152	Nœud 33	Nœud 35	0,303
Nœud 33	P. ONATEL	0,055	Nœud 35	P. ONEA Siège	0,285
Nœud 33	P. 533	0,233	Nœud 35	P. 239 RT	0,308
Nœud 33	Nœud 35	0,24	P. 239 RT	P. 616	0,062
Nœud 35	P. 104 RZ	0,122	Nœud 29	Nœud 36	0,075
Nœud 35	Nœud 36	0,041	Nœud 36	Nœud 37	0,075
Nœud 36	P. ONEA PISSY1	0,021	Nœud 37	P. 101 WH	0,125
P. ONEA PISSY1	VERS IACM ONEA PISSY	0,091	Nœud 37	VERS IACM ONEA P	0,063

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

Départ 13 bis SAMANDIN			Nœud 36	Nœud 38	0,231
Poste 1	Poste 2	Distance (km)	Nœud 38	P. 428	0,093
Ouaga 2	P. 473	1,048	Nœud 38	Nœud 39	0,183
P. 471	P. 638 EP	0,637	Nœud 39	P. 645 EP	0,021
P. 638 EP	Nœud 1	0,0234	Nœud 39	P. SACBA/TP	0,923
Nœud 1	VERS IACM	0,0251	P. SACBA/TP	P. 238	0,043
Nœud 1	Nœud 2	0,1817	P. SACBA/TP	Nœud 40	0,623
Nœud 2	P. CORIS BANK	0,0474	Nœud 40	P. 646 EP	0,034
P. CORIS BANK	Nœud 3	0,0943	P. 646 EP	P. ONATEL Zongo	0,098
Nœud 3	P. 612	0,0181	Nœud 40	P. SHEL&TOTAL	0,035
Nœud 3	P. 108 Ciné	0,0645	Nœud 40	Nœud 42	0,356
Nœud 2	Nœud 4	0,0494	Nœud 42	P. T joel	0,02
Nœud 4	P. 109 BT	0,2954	Nœud 42	P. TCV	0,068
P. 109 BT	Nœud 5	0,1881	P. TCV	Nœud 43	0,084
Nœud 5	P. 64 Mosqué	0,1972	Nœud 43	P. SOGEBAF	0,028
Nœud 5	P. 110 BS	0,3321	Nœud 43	Nœud 44	0,36
Nœud 4	P. Groupe WEP	0,3223	Nœud 44	P. Im Zongo Y Emmanuel	0,044
P. Groupe WEP	Nœud 6	0,0646	Nœud 44	Nœud 45	0,102
Nœud 6	P. N.Adama	0,0281	Nœud 45	P. Lycée Bethesta	0,072
Nœud 6	VERS IACM	0,0326	Nœud 45	Nœud 46	0,344
P. Groupe WEP	P. 40 BC	0,4163	Nœud 46	P. Péage rte BOBO	0,045
P. 40 BC	P. CORAM	0,2025	Nœud 46	P. 663	0,041
P. CORAM	Nœud 7	0,2821	P. 663	Nœud 47	0,237
Nœud 7	P. W.KAIZER	0,1209	Nœud 47	P. Bazie Wahabou	0,024
Nœud 7	P. Stade RENE M	0,0832	Nœud 47	Nœud 48	0,125
P. Stade RENE M	P. Im. NASSA Sayouba	0,0886	Nœud 48	P. Station SGE	0,06
P. Im. NASSA Sayouba	Nœud 8	0,1804	Nœud 48	Nœud 49	0,593
Nœud 8	Nœud 9	0,1331	Nœud 49	P. 309	0,331
Nœud 9	P. 112	0,0431	Nœud 49	Nœud 50	0,607
Nœud 9	P. 448	0,2116	Nœud 50	P. 386	0,243
P. 448	P. Clinique Saint Jean	0,1599	Nœud 50	Nœud 51	0,323
Nœud 8	Nœud 10	0,2717	Nœud 51	P. 493	0,43
Nœud 10	Nœud 11	0,1682	Nœud 51	Nœud 52	0,196
Nœud 11	P. BAMBATA	0,414	Nœud 52	P. TSR/GTI	0,047
Nœud 11	VERS P22	0,4724	Nœud 52	Nœud 53	0,27
Nœud 10	Nœud 12	0,1765	Nœud 53	P. SMT Zactouli	0,055
Nœud 12	P. 217	0,2561	Nœud 53	Nœud 54	0,507
P. 217	P. CNDC	0,2505	Nœud 54	P. FASO CONTRACTOR	1,056
Nœud 12	P. 80	0,0179	Nœud 54	Nœud 55	0,399
P. 80	P. 113	0,765	Nœud 55	P. ONEA ZACTOULI	0,867

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P. 113	Nœud 13	0,0888	Nœud 55	Nœud 56	0,446
Nœud 13	Nœud 14	0,1741	Nœud 56	Nœud 57	0,488
Nœud 14	P. 325	0,0243	Nœud 57	P. CFY	0,516
Nœud 14	Nœud 15	0,0493	Nœud 57	P. Parle d'espoir Gnim	0,845
Nœud 15	P. 669	0,01	Nœud 56	Nœud 58	0,256
Nœud 15	P. Ecole ONATEL	0,0186	Nœud 58	P. LA COLLINE	0,055
Nœud 13	Nœud 16	0,0867	Nœud 58	Nœud 59	0,106
Nœud 16	Nœud 17	0,1953	Nœud 59	P. Lycée LES BUISSONNIERS	0,112
Nœud 17	P. 486	0,1315	Nœud 59	Nœud 60	0,844
Nœud 17	P. 308	0,1341	Nœud 60	P. Nouveau Péage BOBO	0,012
P. 308	P. 775	0,0216	Nœud 60	Nœud 61	0,355
Nœud 16	P. 115	0,2076	Nœud 61	P. AIRTEL	0,489
P. 115	P. 219 RC	0,7053	Nœud 61	Nœud 62	0,201
			Nœud 62	P. PRIME OIL	0,081
			P. PRIME OIL	P. OSCAR INDUSTRIE	0,196
			Nœud 62	P. ONATEL YIMDI	0,051
			Nœud 62	Nœud 63	0,216
			Nœud 63	P. SOKAF YIMDI	1,313
			P. SOKAF YIMDI	P. SOTRACOF	2,804
			Nœud 62	P. Camp militaire	0,0626

ANNEXE 4 : Extrait de la campagne de mesures

Tableau 20: Extrait de la campagne de mesures

DEP. N°	POSTE			RELEVES DES INTENSITES		
	N°	Tableau type	Sn-Trans	I ₁	I ₂	I ₃
11	8j	8	400	508	545	508
	699j	8	630	6	5	4
	701j	8	630	28	18	27
	702j	8	630	3	3	2
	703j	8	630			
	704 j	8	630	412	403	387
	704 n	8	630	235	290	355
12	5j	4	630	138	170	224
	5n	4	630	85	70	140
	6j	8	400	116	173	170
	6n	8	400	102	45	77
	23j	4	630	281	330	287
	23n	4	630	138	136	136
	24j	4	400	240	338	314
	30j	4	630	335	360	349
	30n	4	630	280	270	255
	189j	4	400	219	250	266
	189n	4	400	238	291	298
	203j	4	250	93	147	145
	211j	4	400	324	312	264
	211n	4	400	60	75	52
	228j	4	250	153	100	118
	311j	8	400	166	120	136
	311n	8	400	72	102	112
13	11	7	100	110	79	55
	12	4	630	472	343	470
	22	8	630	579	628	535
	34	8	400	354	375	382
	42	8	630	207	207	199
	46	6	100	42	13	7
	54	8	630	681	690	538
	61	7	160	99	120	122
	72	7	160	62	51	95
	84	8	630	400	358	346
	91	7	160	70	68	165
	111	7	160	123	86	97
	116	8	630	328	365	355
	208	8	630	84	67	92
	213j		250			
	213n	8	250	43	29	21
	361	6	100	81	28	20
	571	7	160	130	105	80
	629	7	160	121	125	137
	639	3	50	43	26	20

	666	8	400	224	355	395
	Terrain R.Monorie	7	160	52	69	63
14	121	8	630	707	615	636
	122	8	630	945	684	680
	123	7	160	254	240	218
	132	7	160	188	195	192
	133	7	160	268	203	195
	134	7	160	193	192	183
	135	4	630	620	683	680
	136	7	160	50	50	58
	137	6	160	158	120	128
	221	4	400	364	430	411
	247	7	160	286	249	250
	256	7	160	214	190	237
	305	7	160			
	343	6	100	129	97	104
	345	7	160	253	239	204
	366	7	160	256	202	142
	367	7	160	93	136	108
	407	7	160	4,5	4,2	6,5
	424	7	160	133	176	190
	425	7	160	119	146	136
	446	7	160	143	164	259
	447	7	160	212	187	184
	475	8	400	193	269	233
	478	8	630	402	307	289
	479	7	160	217	259	227
	494	7	160	66	62	63
	555		630	177	156	160
	572	7	160	139	67	107
	603	7	160	203	195	185
	610	7	160	124	131	149
	679	6	100	65	10	30
	682	6	100	62	31	49
	684	6	100	61	27	19
	790	3	50	24	23	20
	793	6	100	52	40	81
Rimkièta	404	6	100	11	10	15
	405	3	100	0	0	2
	406	6	100	19	2	2
	257	7	160	137	224	212
	344	7	160	154	165	180
	372	7	160	166	191	115
	469	7	160	260	244	148
	470	7	160	180	165	156
	500	6	160	146	152	154
	501	6	100	137	122	115
	558		400	495	455	520
	559	7	160	175	188	173
	560	7	160	148	143	148
	561	7	160	189	178	181
	586	7	160	141	125	105
	611	6	100	125	163	112
	635	7	160	173	187	146
	647	7	100	26	32	41
	690	7	160	45	37	62

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

	705		250	285	240	260
	706	6	100	161	162	180
	707	6	100	67	61	76
	742	7	160	29	42	55
	743	7	160	29	32	13
	744	6	160	38	22	45
	745	7	160	43	36	37
	762	6	50	15	9	16
	780	7	160	229	234	239
	768	7	160	198	173	158
	793	6	100	108	99	123
	521 T1	7	160	93	169	184
	521 T2	6	100	73	74	94
	Anc Péage Rte OHG	6	100	27	32	24
15	60	4	630	350	376	316
	65	4	630	511	460	44
	68	7	160	137	152	117
	69	7	160	19	79	39
	75	8	630	283	398	317
	77	7	160	137	125	147
	92	7	160	152	140	142
	93	4	630	560	606	583
	99	4	400	485	537	489
	100	6	100	85	93	56
	101	7	160	90	65	126
	102	7	160	170	101	131
	103	7	160	172	107	146
	104	7	160	191	130	196
	105	4	400	310	350	305
	220	7	160	143	143	166
	226	7	160	111	126	95
	238	6	100	77	45	49
	239	7	160	60	98	115
	265	7	160	45	80	67
	296	7	160	115	114	129
	309	7	160	194	128	228
	324	7	160	145	122	131
	328	7	160	57	125	90
	363	7	160	143	84	87
	386	6	100	133	90	121
	399	7	160	150	153	136
	423	7	160	227	162	178
	426	7	160	93	117	101
	428	7	160	220	267	250
	450	7	160	188	165	189
	452	7	160	81	88	143
	468	8	400	288	299	295
	480	7	160	112	68	84
	493	6	200	165	153	145
	533	4	400	186	255	246
	575	6	100	30	38	16
	613	6	100	123	103	168
	616	7	160	91	111	86
	643	6	100	12	24	18
	644	6	100	8	40	17
	645	6	50	31	14	37

	646	6	100	27	25	37
	663	6	100			
	795	7	160	146	81	108
	Ancien péage rte bobo	6	50	0	0	3
	Nouveau péage rte bobo	3	50	5	9	9
	Hotel des finances	7	160	47	21	84
16	52	4	630	214	222	233
	79	7	160	208	117	159
	83	8	630	620	584	608
	97	4	630	702	692	640
	98	7	160	121	130	186
	106	7	160	144	193	168
	107	4	400	471	526	511
	240	7	160	116	144	142
	254	6	50	3	4	4
	290	7	160	112	177	127
	295	6	160	129	122	135
	327	7	160	49	99	69
	427	7	160	69	99	136
	451	7	160	198	165	141
	471	8	400	350	244	353
	474	8	400	370	308	360
	531	7	160	156	133	153
	532	7	160	106	64	119
	573	7	160	77	109	131
	609	7	160	243	237	101
	784	7	160	130	112	148
Samandin	40	8	630	380	426	420
	64	8	630	343	412	368
	80	8	400	590	496	566
	108	7	160	155	135	153
	109	7	160	138	115	102
	110	7	160	159	172	161
	112	7	160	150	131	133
	113	7	160	238	137	217
	115	8	630	592	581	596
	217	6	100	23	75	27
	219	8	400	210	214	240
	242	7	160	274	261	248
	241	7	160	251	147	215
	244	4	400	413	484	432
	308	7	160	142	159	122
	325	7	160	104	128	109
	341	8	630	692	724	769
	394	7	160	246	251	216
	422	7	160	103	75	87
	448	6	100	73	84	68
	453	6	100	20	19	4
	464	7	160	126	118	98
	473	8	630	344	483	533
	486	7	160	159	168	207
	564	7	160	108	70	110
	574	7	160	142	77	151
	612	6	100	26	23	24

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15 kV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

	638	6	50	18	47	17
	669	3	50	39	40	44
	775	6	100	26	46	31
18	13	8	400	240	260	209
	51	8	630	365	380	417
	85	4	400	346	366	481
	119	4	630	427	367	423
	120	8	160	113	68	118
	124	7	160			
	125	7	160	116	98	133
	126	7	160	152	114	68
	127	7	160	97	35	56
	128	7	160	178	144	143
	129	7	160	209	186	180
	130	4	630	430	473	574
	131	7	160	119	144	220
	267	7	160	214	247	257
	268	7	160	191	192	321
	298	7	160	202	211	169
	300	7	630	597	537	530
	310	7	160	121	85	125
	330	6	100	7	0	0
	360	6	630	445	487	516
	381	8	160	48	82	89
	384	6	100	75	111	80
	389	6	250	277	296	273
	395	4	160			
	413	7	160	190	181	323
	444	6	100	148	90	167
	445	6	400	365	360	445
	466	8	630	557	534	545
	472	8	400	333	328	362
	489	7	160	73	223	182
	495	6	100	4	9	4
	516	6	100	157	145	130
	523	6	100	130	66	87
	525	6	400	590	620	620
	526	8	250	450	365	400
	534	7	160	166	135	122
	536	6	100	33	16	82
	550	7	160	183	143	138
	587	7	160	252	151	221
	591	6	100	6	11	0
	602	7	160	231	212	233
	630	7	160	148	158	110
	691	6	100	147	135	133
	696	6	400	72	44	70
	728	8	100	90	98	120
	746	6	100	0	0	0
	791	3	50	22	21	20
	793	7	160			
	Foyer bangré	6	100	77	59	47
19	231	4	250			

ANNEXE 5 : Résultats simulations sur la topologie en 2017

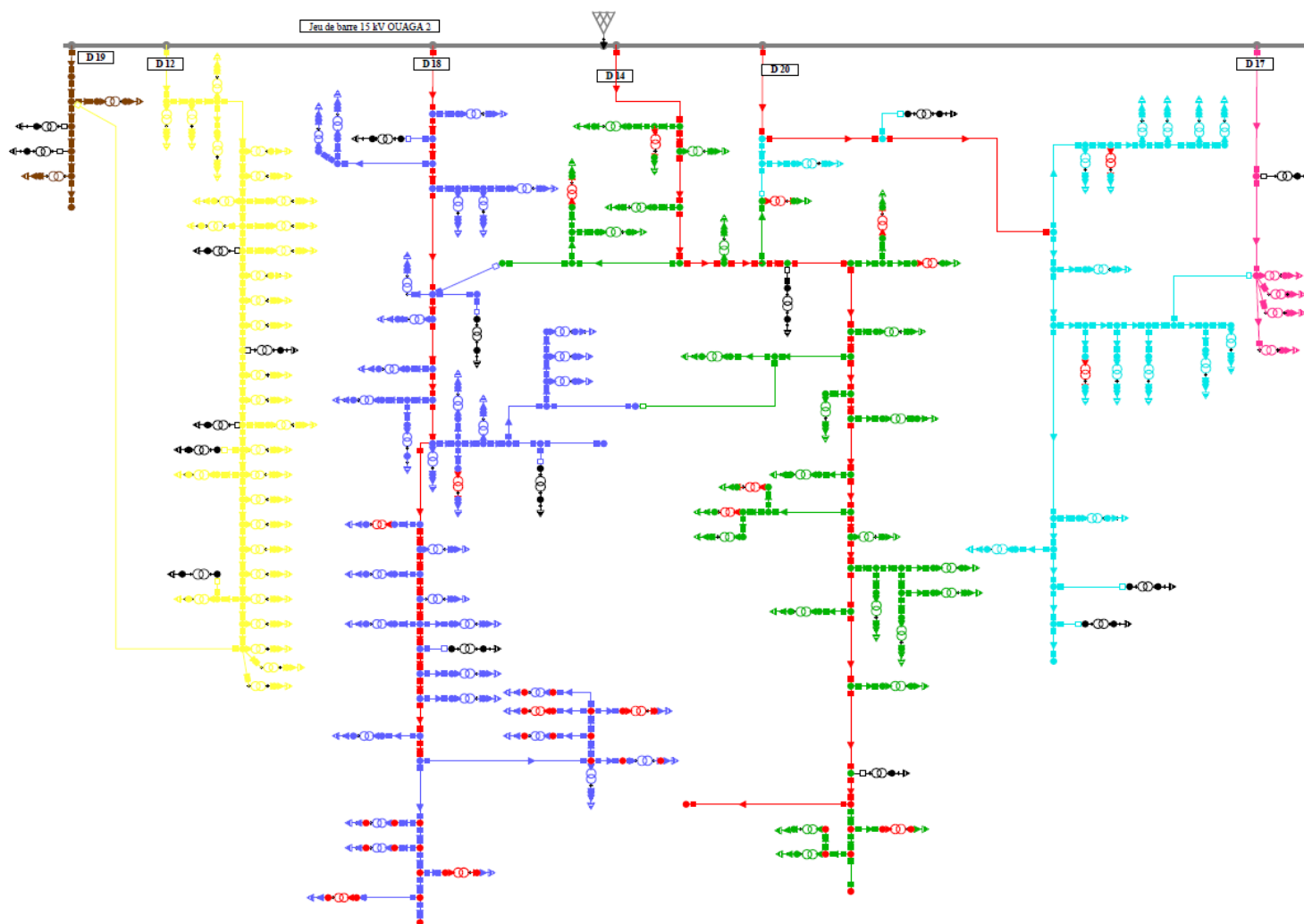


Figure 26 : Simulation en 2017 résultats départ 19,12,18,14,20 et 17

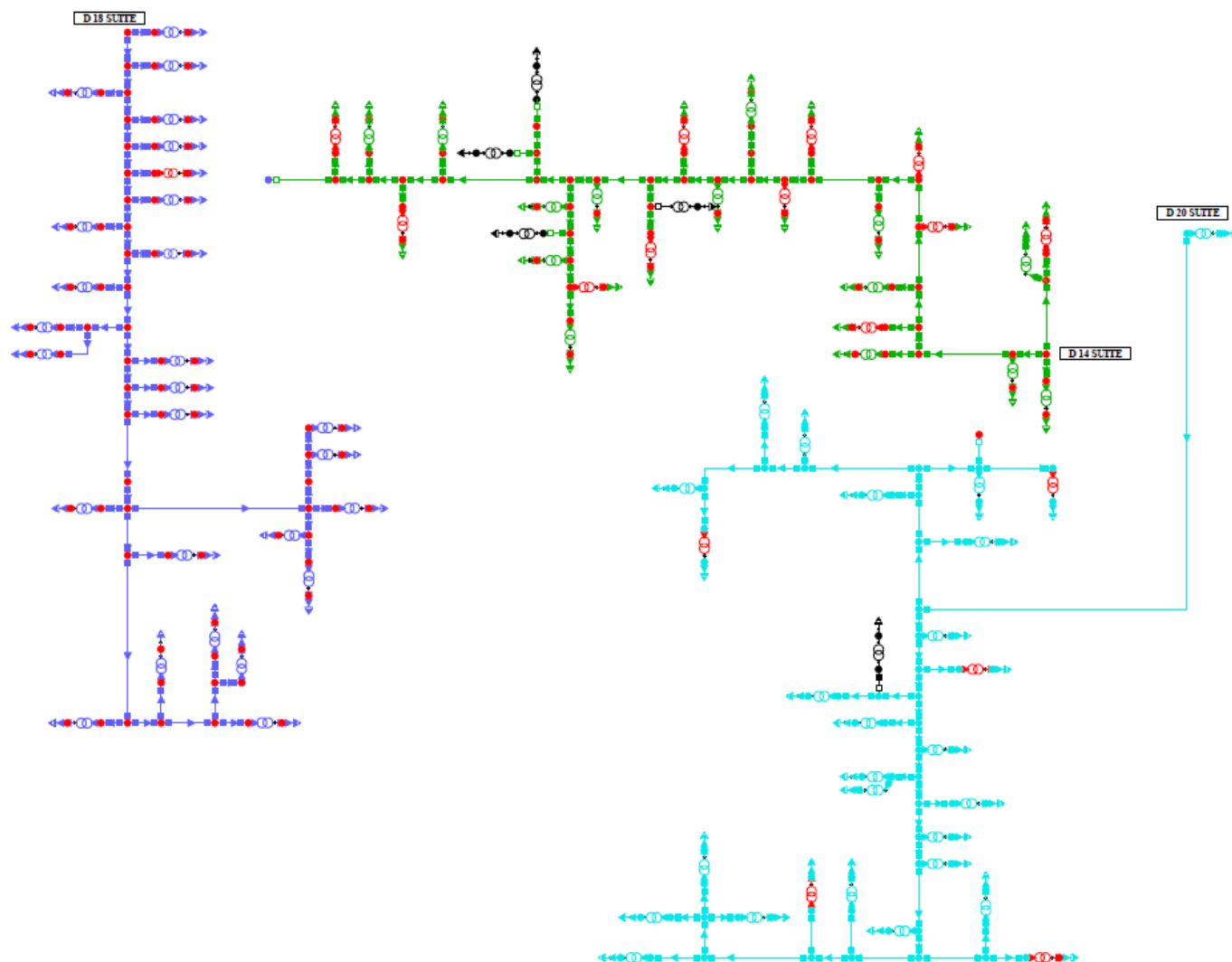


Figure 27 : Suite départs 18,20, 14

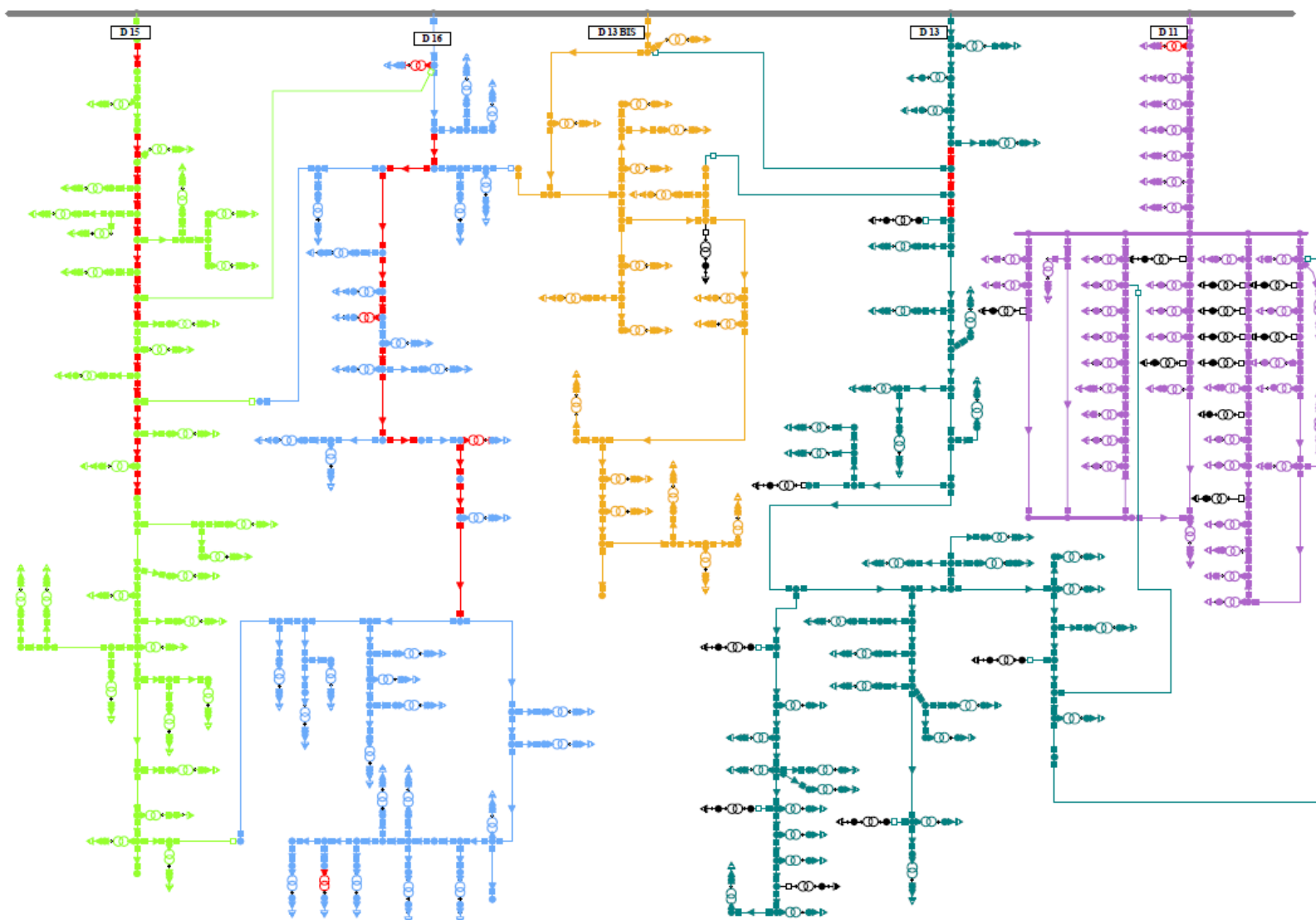


Figure 28 : Simulation en 2017 des départs 15, 16, 13 BIS , et 11

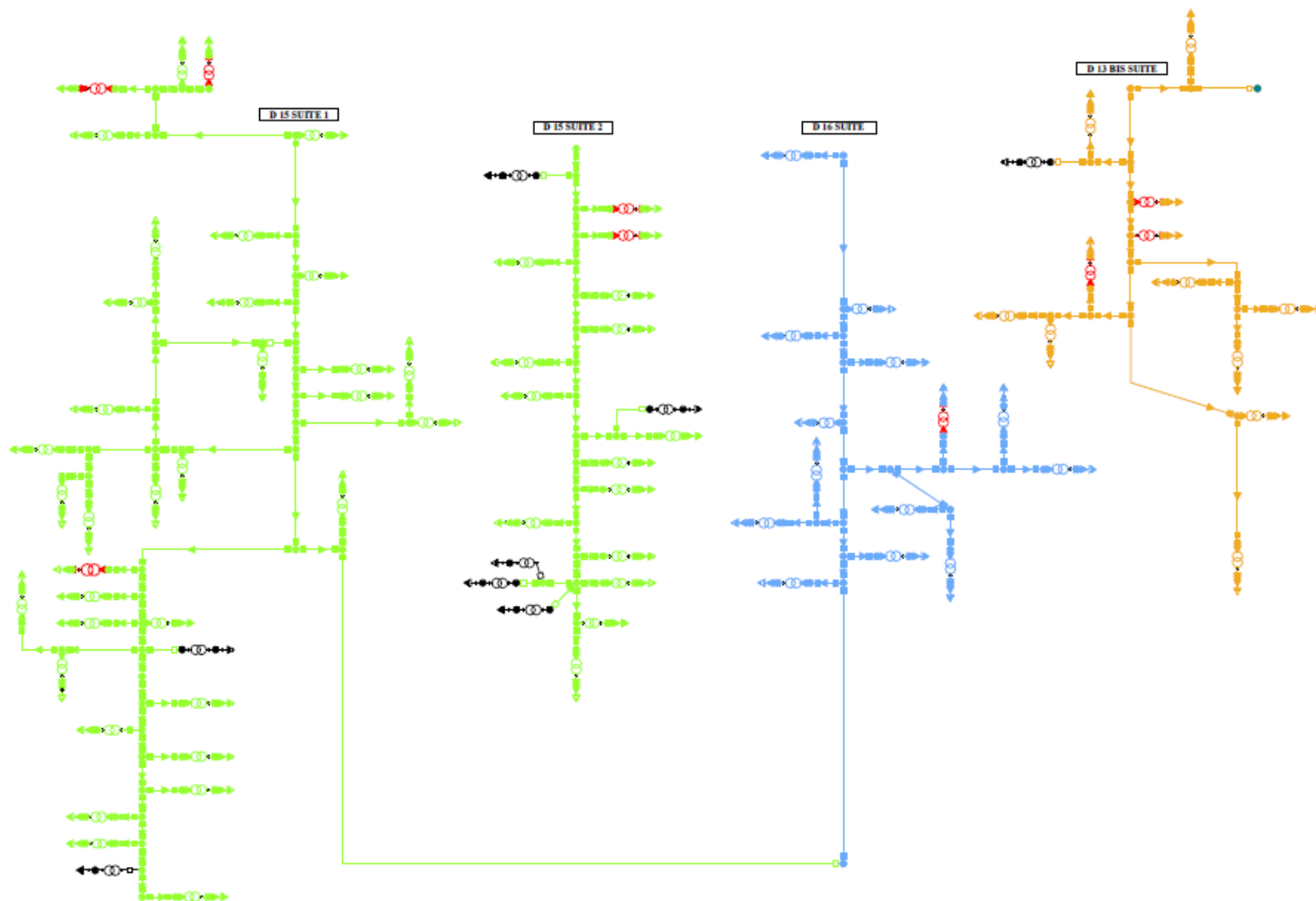


Figure 29 : Suite des départs 15, 16, 13 BIS

ANNEXE 6 : Résultats des simulations sur la topologie en 2018

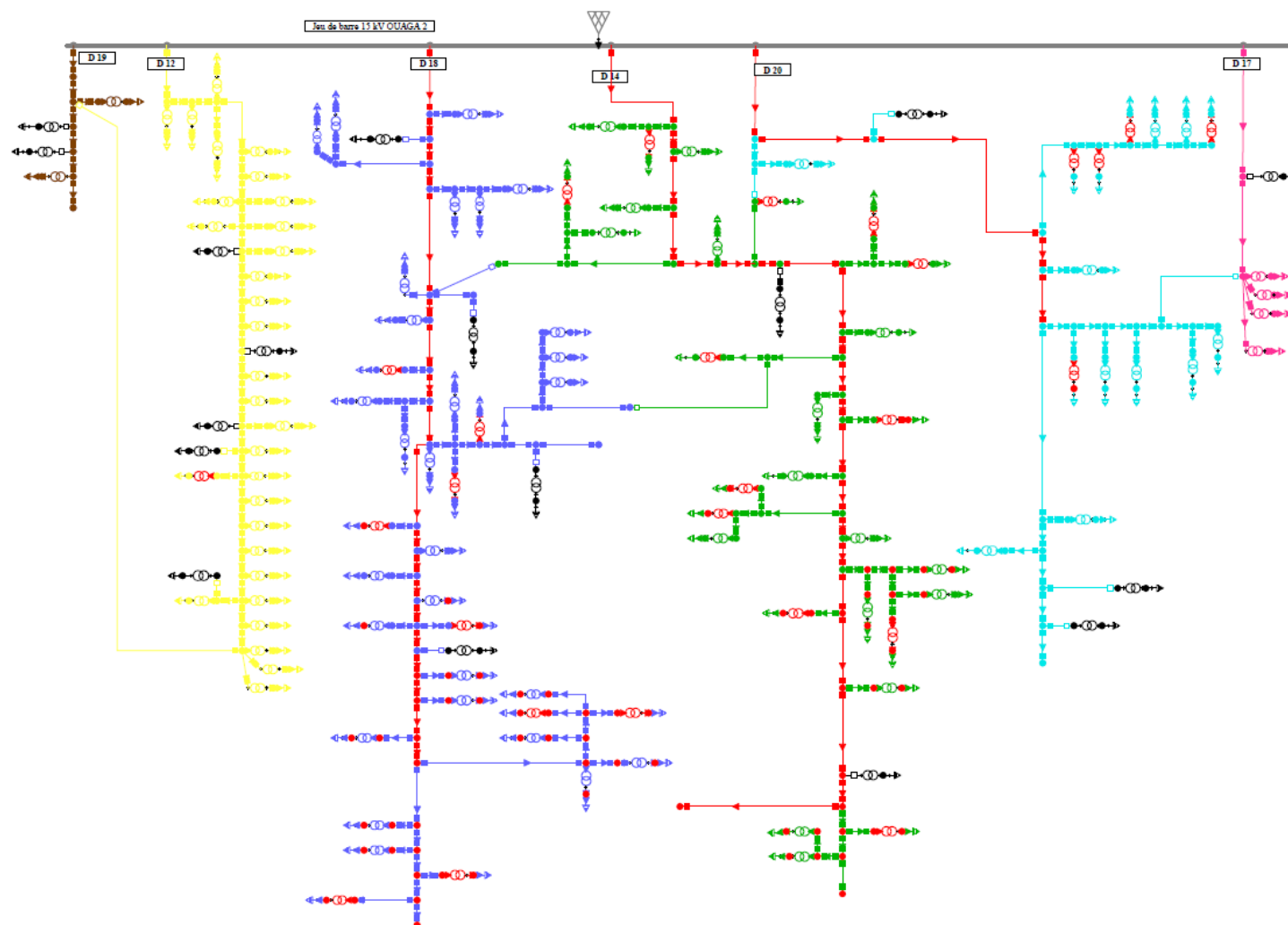


Figure 30 : Simulations 2018, départs 19,12,18,14,20,17

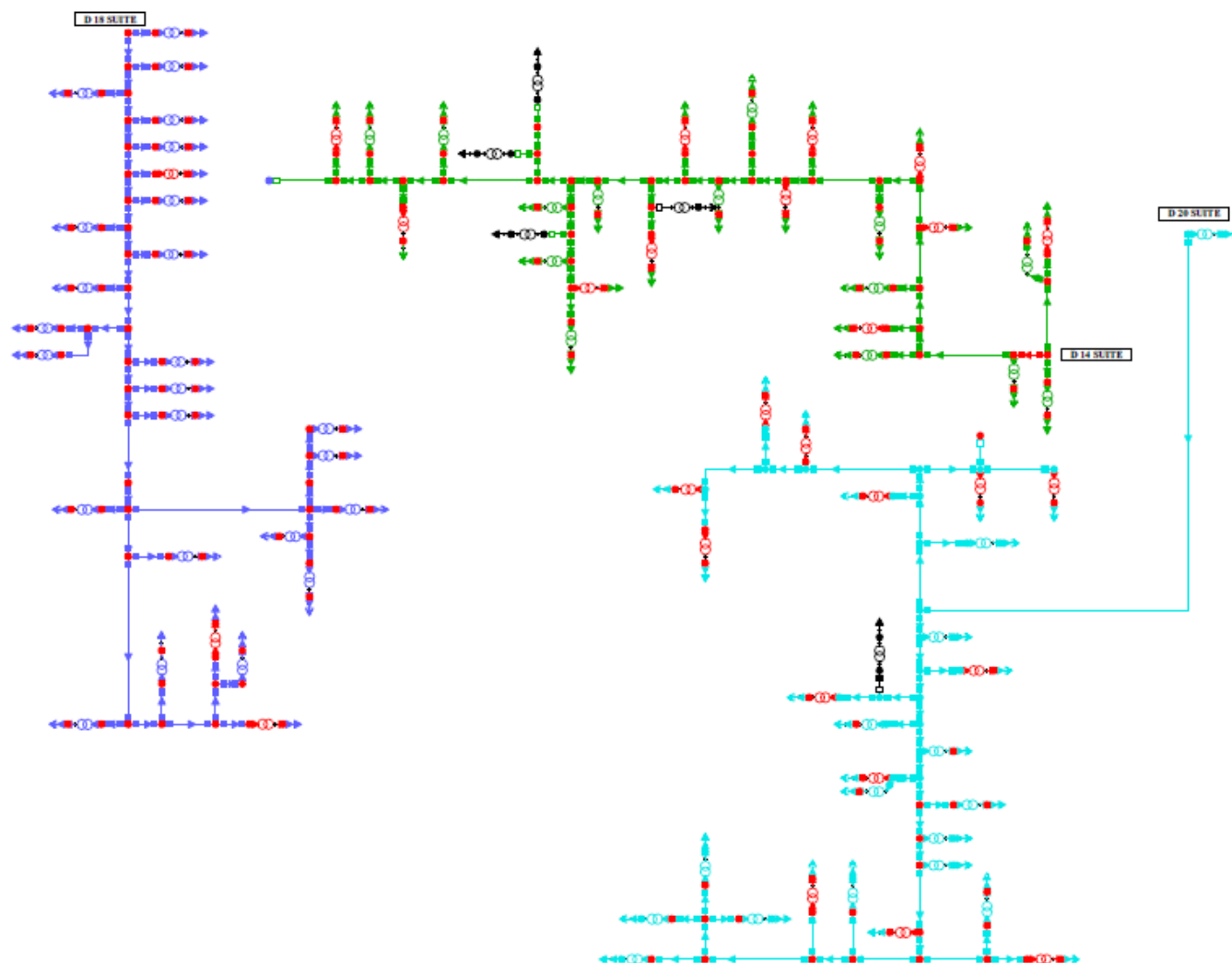


Figure 31 : Suite des départs 18,14 et 20

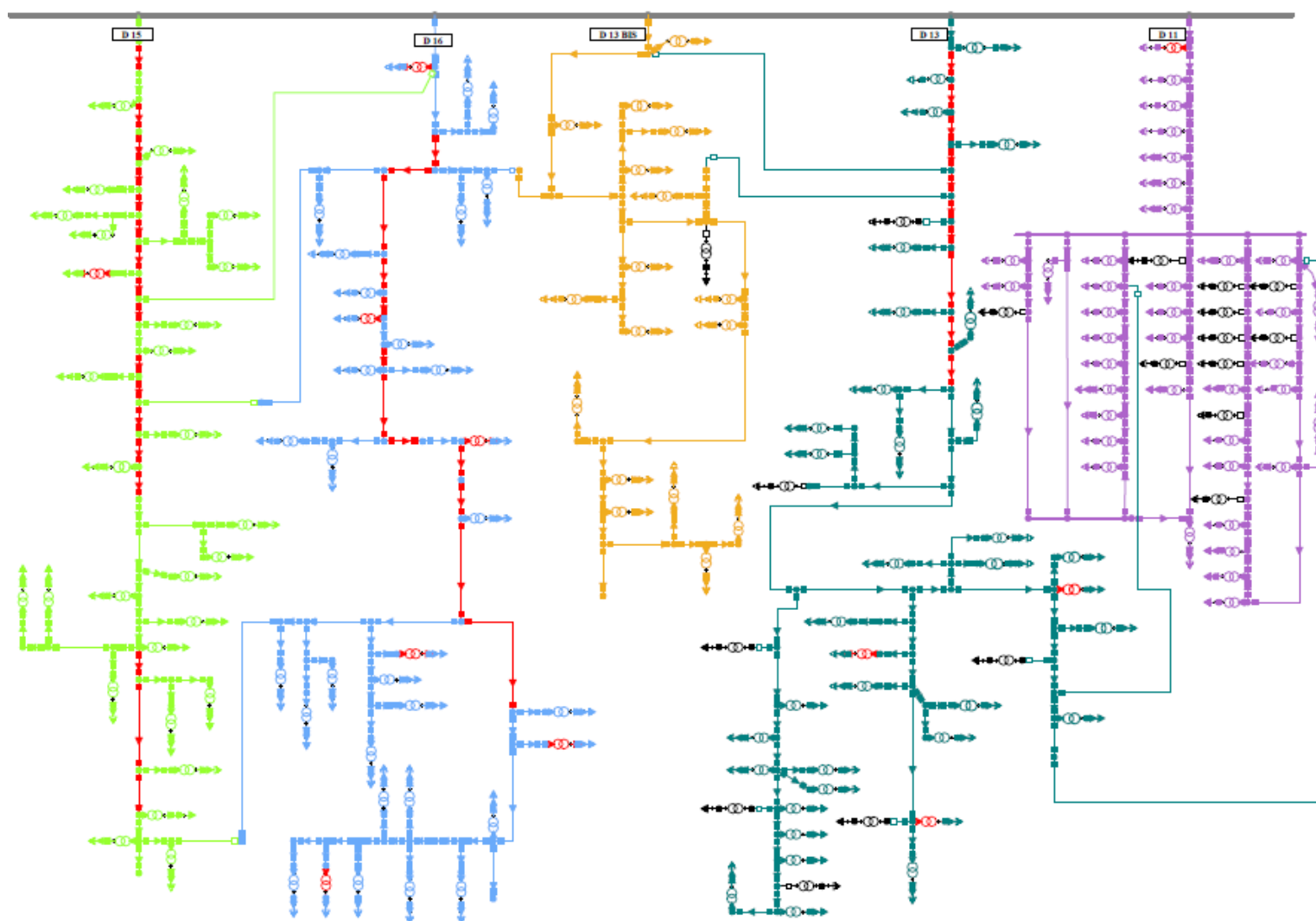


Figure 32 : Simulation en 2018 des départs 15, 16; 13BIS et 11

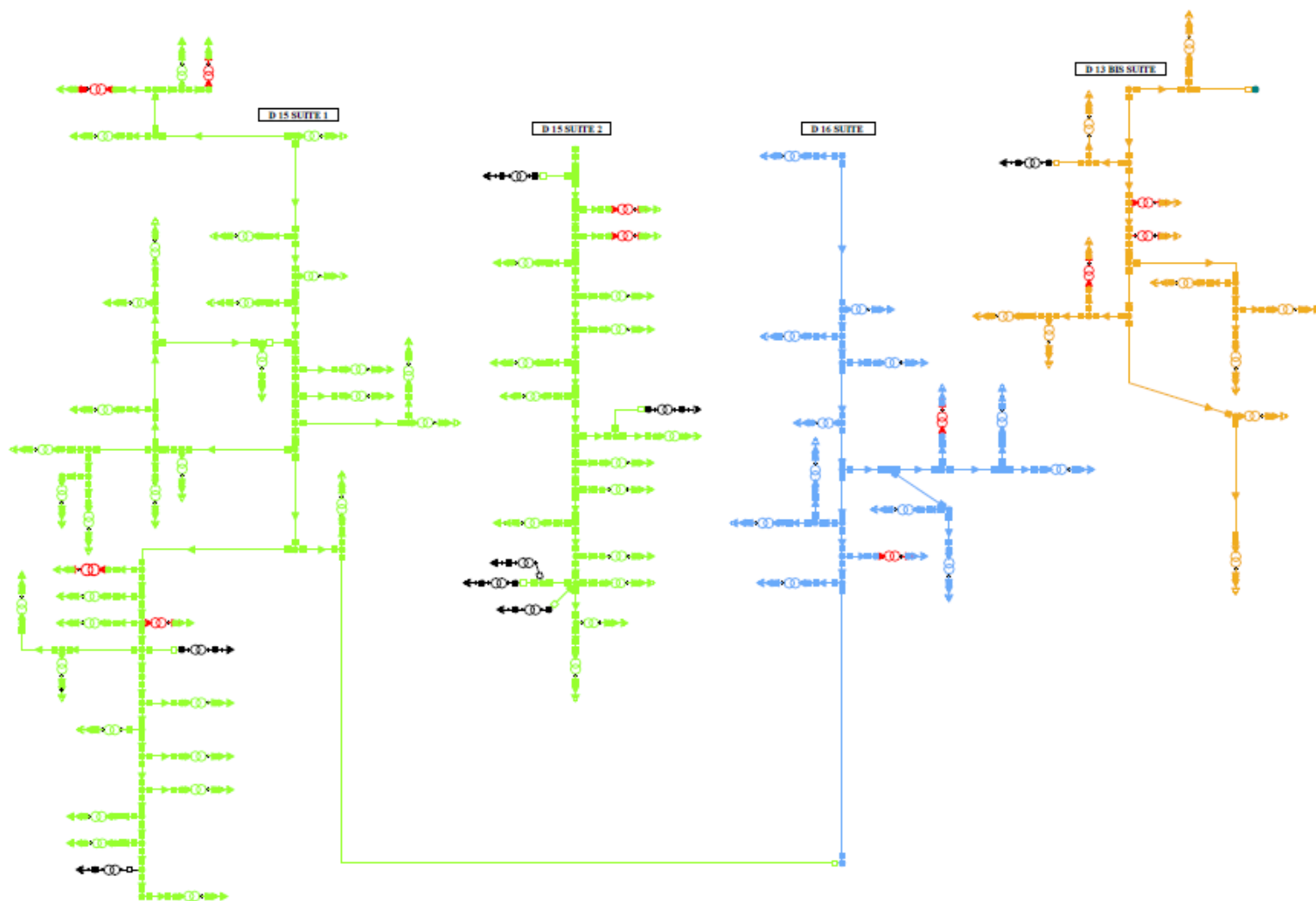


Figure 33 : Suite départs 15, 16 et 13BIS

ANNEXE 7 : Résultats des simulations sur la topologie en 2020

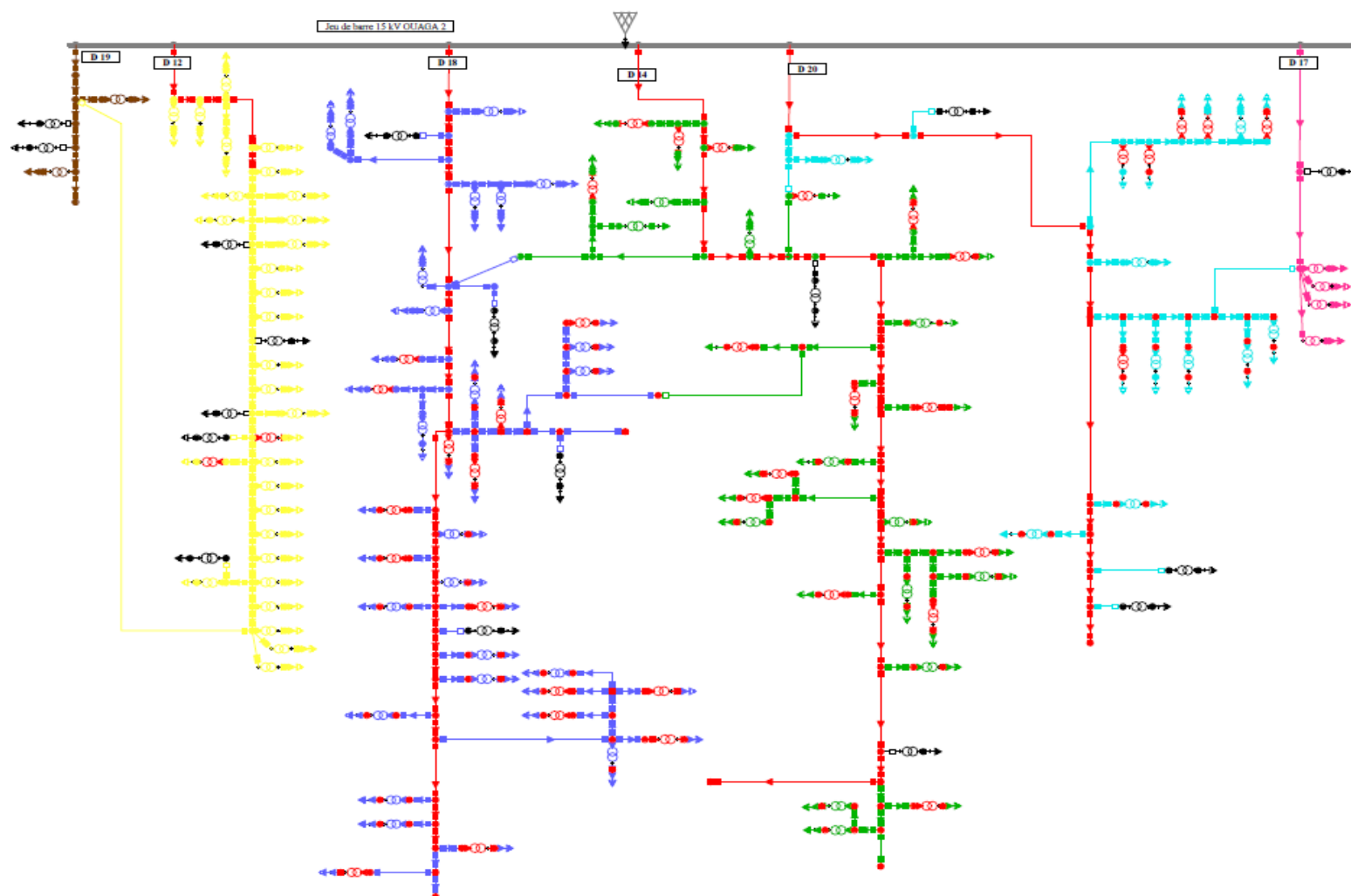


Figure 34 : Simulation en 2020 des départs 19,12,18,14,20 et 17

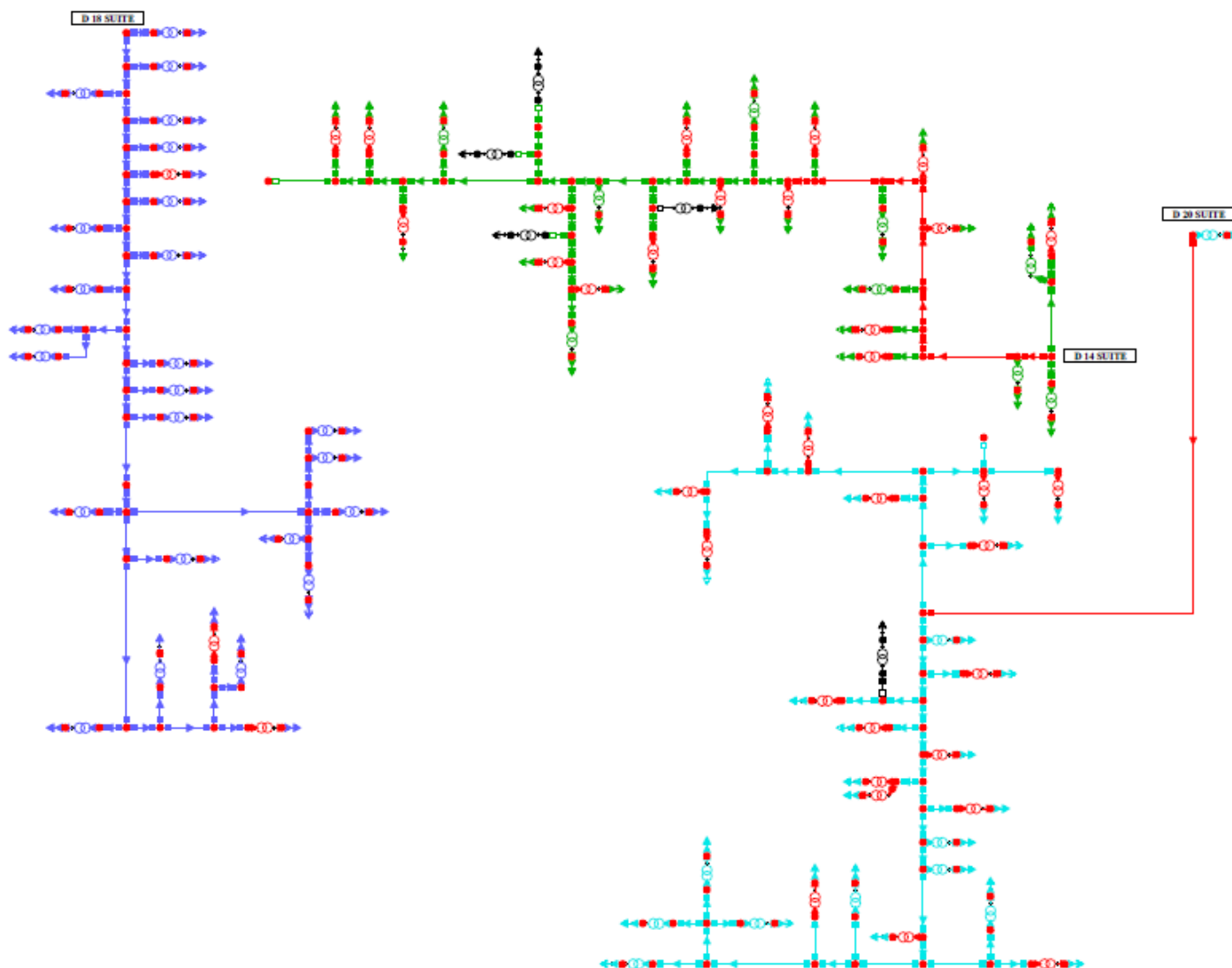


Figure 35 : Suite des départs 18,14 et 20

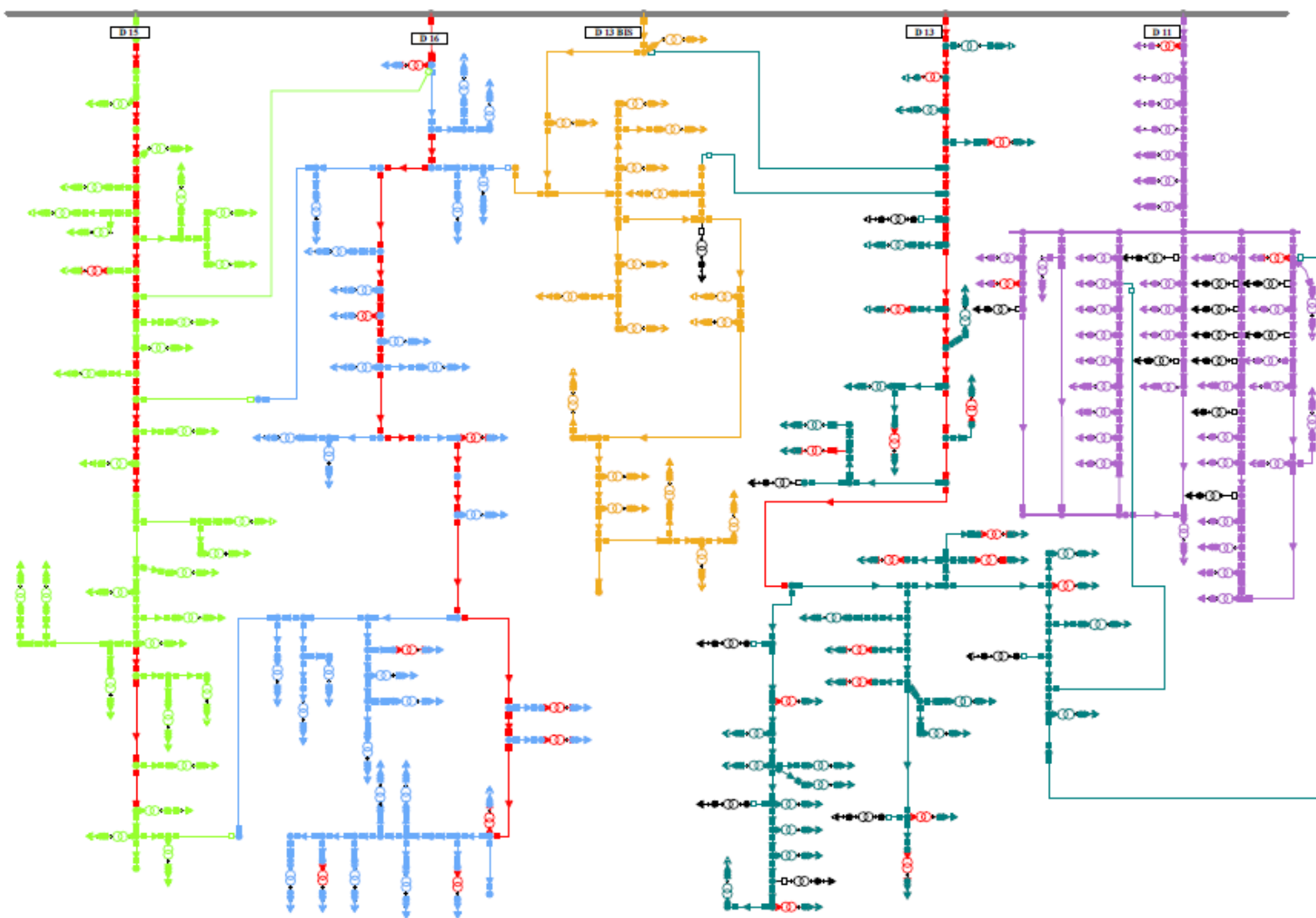


Figure 36 : Simulation en 2020 des départs 15, 16 ; 13BIS et 11

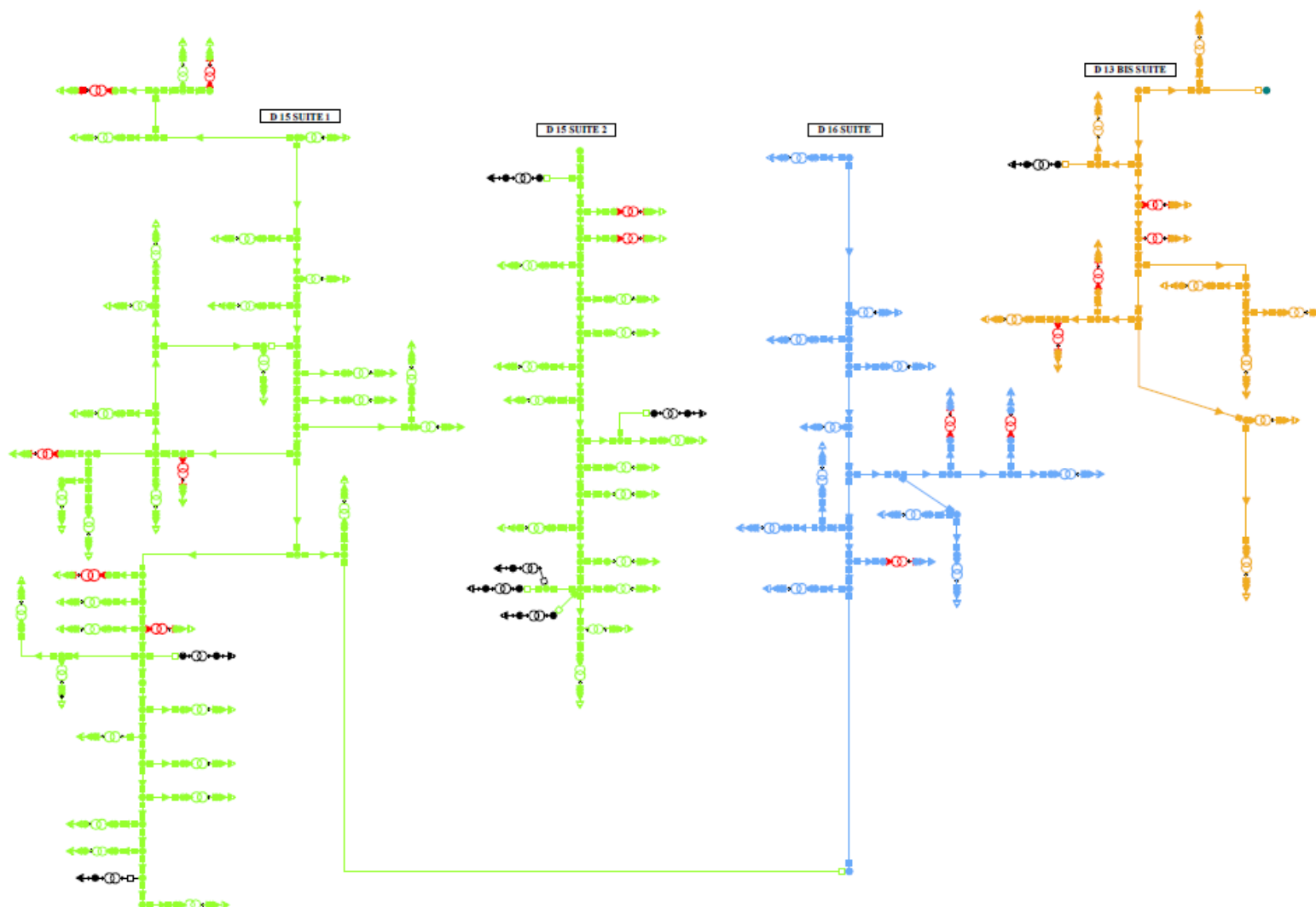


Figure 37 : Suite départs 15, 16 et 13BIS

ANNEXE 8 : Résultats des simulations nœuds et éléments

NB : Ces éléments sont identifiables sur NEPLAN

Tableau 21 : Nœuds en défaut en 2017

NŒUDS	U%	NŒUDS	U%	NŒUDS	U%	NŒUDS	U%
N24/14	89,93	N30/18	88,58	B-46021	86,69	N.P.Soeur de pabre	85,62
N25/14	89,88	N.P.TNB	88,58	N41/18	86,62	N.P.489	85,62
B-52546	89,88	N31/18	88,53	N.P.Foyer Bangré	86,61	B-18617	85,55
N26/14	89,88	N.P.SOGEL-B	88,53	N.P.267	86,58	N53/18	85,55
N.P.CFP CNSS	89,87	N32/18	88,49	N42/18	86,54	P.384 village Pabre	85,55
N.P.790	89,87	N17518	88,49	N.P.Boulangerie K	86,54	N.P.495	85,54
B-45998	89,85	B-42740	88,4	B-42349	86,5	B-43153	85,52
N.P.247 NC	89,85	B-45989	88,4	B-42494	86,44	B-46509	85,52
N.P.389	89,81	B-17504	88,36	B-42985	86,42	B-18436	85,5
N25/18	89,8	B-42767	88,29	N33/14	86,42	N36/14	85,43
N.P.Soeurs Im Conception	89,8	N.P.KOTE Boukaré	88,24	B-46337	86,42	B-46862	85,39
N.P.472	89,73	B-42823	88,24	N.P.791	86,41	N39/14	85,39
B-42422	89,72	B-17546	88,15	N43/18	86,4	N38/14	85,39
B-42532	89,69	N30/14	87,87	N.P.310 Kamboinse	86,39	N40/14	85,34
N27/14	89,6	N.P.555	87,85	B-18355	86,39	N.P.793 MK	85,33
N.P.367	89,6	N.P.256	87,8	B-18271	86,34	N41/14	85,31
N.P.136	89,59	B-18756	87,76	B-43008	86,25	N.P.413	85,3
N.P.603	89,58	N34/18	87,69	N44/18	86,23	N42/14	85,3
N23/18	89,57	N.P.523	87,69	N.P.300	86,2	B-18706	85,3
N26/18	89,57	N.P.366	87,51	48/18	86,03	N.P.168	85,3
N.P.Lavigerie 2	89,57	B-18313	87,48	N.P.SOFAB	86,03	N.P.128 MI	85,29
B-45978	89,56	N35/18	87,47	B-43235	85,98	N43/14	85,29
N.P.445	89,53	N.P.BAC	87,47	N49/18	85,98	N37/14	85,29
B-49033	89,5	B-42299	87,45	B-46371	85,97	N.P.691 MI	85,29
B-42565	89,45	B-18837	87,37	N.P.PMK	85,96	N.P.534	85,27
B-42322	89,38	B-46154	87,34	B-18539	85,9	B-46103	85,21
B-46088	89,35	B-42817	87,34	B-46083	85,88	B-46772	85,19
N27/18	89,33	N36/18	87,26	N34/14	85,88	N.P.360	85,18
N.P.444	89,32	N.P.INERA carf	87,25	N.P.129 MX	85,88	N.P.Soeurs T	85,18
N28/18	89,2	B-44918	87,2	B-17740	85,88	B-51717	85,15
N24/18	89,18	B-17889	87,15	46/18	85,87	B-46921	84,94
B-42794	89,18	B-46246	87,13	N45/18	85,84	B-46223	84,94
N.P.587	89,18	B-42603	87,09	N.P.CM Bureau	85,84	B-46746	84,47
N.P.525	89,18	N37/18	87,06	N.P.ENSOA	85,82	B-46577	84,38
N.P.478	89,16	N31/14	87,06	N.P.CM lgt	85,82	B-46407	84,33
N.P.ONEA RA	89,14	N.P.682	87,06	N.P.Camp Baangré	85,82	B-46950	84,28

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

B-42688	89,13	N.P.2IE	87,01	N.P.Direction centrale genie militaire	85,78	B-18871	84,2
N.P.137 MW	89,07	N38/18	87	B-18478	85,75	B-46268	84,19
N.P.526	89,07	N.P.INERA	87	B-18572	85,71	B-18794	84,13
B-46010	89,07	N32/14	86,87	N50/18	85,7	B-46456	83,79
N29/18	89,04	N.P.602	86,86	N.P.536	85,7	B-46660	83,55
N.P.Antenne EATON	89,03	B-42938	86,75	N35/14	85,65	B-47004	82,73
B-42276	88,98	N39/18	86,71	N51/18	85,65	B-47042	81,71
N29/14	88,83	N40/18	86,7	N.P.395 Sém	85,65		
N.P.345	88,82	P.2IE 3	86,69	N.P.Export Trading Groupe	85,65		
B-46008	88,63	N.P.2IE 2	86,69	N52/18	85,62		

Tableau 22 : Lignes surchargés en 2017

LIGNES	CHARGE %	LIGNES	CHARGE %
L-40747	190,9	L22016	126,95
L57548	188,65	L26977	126,35
L-44301	183,61	L-44111	123,49
L-44165	183,16	L27011	123,07
L-44311	173,7	L-44121	122,23
L44346	173,57	L22158	116,66
L51895	172,65	L22142	116,66
L-40587	171,53	L27079	115,09
L-40577	171,53	L27113	112,11
L-44267	168,95	L22234	111
L-44277	165,1	L52148	104,94
L-40607	164,49	L41920	104,8
L-40641	153,56	L41925	102,3
L-44210	151,24	L-44175	102,03
L-44203	151,24	L41930	101,67
L41266	147,57	L50849	100,31
L41285	143,78	L50844	100,31
L51985	143,52	L27257	100,24
L-44021	142,28	L51326	100
L-44035	139,4	L52000	100
L52115	139,25	L42156	99,12
L-44049	137,12	L41940	99,12
L41290	136,61	L50398	99,02
L51287	134,03	L50393	99,01
L50719	133,85	L32109	99,01
L21898	132,98	L51173	97,85
L-40728	132,4	L51178	96,57
L44467	130,91	L42176	95,36
L21940	130,8	L52040	93,05
L26271	130,79	L51560	92,85
L26848	128,57	L47153	92,83
L26923	127,47	L45127	92,78

Tableau 23 : Transformateurs surchargés

TRANSFORMATEURS	CHARGE %	TRANSFORMATEURS	CHARGE %
P.471	162	P.691 MI	108,71
P.413	146,08	P.256	108,66
P.706	133,81	P.122	108,39
P.526	132,46	P.113	108,05
P.247 NC	131,97	P.602	106,85
P.444	123,72	P.309	103,69
P.613	123,2	P.423	103,33
P.133 C.AN4	122,97	P.80	102,87
P.428	121,86	P.489	102,2
P.611	120,12	P.501	100,37
P.469	119,1	P.131 MD	100,2
P.267	118,39	P.8	98,28
P.446	118,2	P.386	97,05
P.479 école w	117,87	P.99	96,94
P.366	117,79	P.298 AZIMO	96,54
P.345	116,2	P.447	96,07
P.123 NV-MW	115,85	P.129 MX	95,54
P.587	115,68	P.523	95,42
P.516	115,38	P.107	94,88
P.525	113,16	P.343	94,34
P.609	110,7	P.79	94,25
P.780	108,78	P.486	93,79
P.603	92,48		

Tableau 24 : Nœuds en défaut en 2018

NŒUDS	U%	NŒUDS	U%	NŒUDS	U%	NŒUDS	U%
B-41820	89,99	B-45113	88,29	N.P.555	85,52	B-46083	82,94
N19/14	89,99	N.P.Banque de l'Habitat T	88,22	N.P.KOTE Boukaré	85,51	B-18271	82,9
N.P.572	89,99	N21/18	88,1	B-42823	85,5	N49/18	82,89
N22/14	89,99	N.P.696	88,1	N.P.256	85,46	B-46509	82,87
B-47601	89,98	B-44098	88,05	B-42740	85,3	N.P.PMK	82,87
B-41702	89,98	N24/14	87,86	B-17504	85,24	B-43008	82,81
N.P.469	89,97	N25/14	87,81	B-42767	85,17	N36/14	82,78
N.P.424	89,97	B-52546	87,8	N.P.366	85,12	46/18	82,77
N27/20	89,95	N26/14	87,8	B-17546	85	N45/18	82,74
N.P.Station April- Oil	89,95	N.P.CFP CNSS	87,79	B-49033	84,9	N.P.CM Bureau	82,74
B-44060	89,94	N.P.790	87,79	N34/18	84,87	B-46862	82,73
N20/14	89,94	N.P.247 NC	87,76	N.P.523	84,87	N39/14	82,73
N21/14	89,92	N22/18	87,69	N35/18	84,62	N38/14	82,73
N.P.405 EP	89,92	B-44933	87,62	N.P.BAC	84,62	N.P.ENSOA	82,71
N.P.684	89,92	N27/14	87,48	N31/14	84,61	N.P.CM lgt	82,71
N.P.134 NP	89,91	N.P.367	87,48	N.P.682	84,61	N.P.Camp Baangré	82,71
N.P.135	89,9	N.P.136	87,47	B-46154	84,61	N40/14	82,67
B-42148	89,79	N.P.603	87,46	B-18756	84,54	N.P.793 MK	82,67
B-41912	89,74	B-45998	87,44	B-46246	84,49	N.P.Direction centrale genie militaire	82,66
B-44131	89,72	N.P.389	87,32	B-44918	84,44	N41/14	82,64
N.P.Péage rte OHG	89,72	N25/18	87,3	N32/14	84,4	N.P.413	82,63
N.P.406	89,59	N.P.Soeurs Im Conception	87,3	N.P.602	84,39	N42/14	82,62
N28/20	89,54	N.P.472	87,22	N36/18	84,38	N.P.168	82,62
N29/20	89,53	B-45978	87,13	N.P.INERA carf	84,36	N.P.128 MI	82,62
N.P.706	89,51	N23/18	87,04	B-18313	84,23	N37/14	82,62
N.P.707	89,51	B-48612	87,04	B-42299	84,18	N43/14	82,62
B-48769	89,48	N26/18	87,03	N37/18	84,15	N.P.691 MI	82,62
N23/14	89,48	N.P.Lavigerie 2	87,03	B-18837	84,1	N.P.534	82,59
N.P.DIPAMA	89,47	N.P.445	86,99	N.P.2IE	84,08	N50/18	82,58
N30/20	89,47	N.P.478	86,99	N.P.267	84,08	N.P.536	82,58
B-48794	89,46	B-48537	86,95	N38/18	84,08	N51/18	82,52
N.P.500	89,46	N.P.137 MW	86,89	N.P.INERA	84,08	N.P.395 Sém	82,52
N.19/18	89,43	B-46010	86,89	B-42817	84,06	N.P.360	82,5
N.P.SOIFI	89,43	B-46088	86,88	N33/14	83,89	B-43235	82,49
B-44186	89,4	B-42422	86,82	B-46337	83,89	N52/18	82,48
N.31/20	89,36	B-42532	86,79	N.P.791	83,89	N.P.Soeur de pabre	82,48
N.P.501	89,3	N27/18	86,76	B-46021	83,86	B-51717	82,46
N32/20	89,29	N.P.444	86,74	B-17889	83,84	N53/18	82,39

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P.N.743	89,29	B-48295	86,62	B-42603	83,77	P.384 village Pabre	82,39
N33/20	89,29	N29/14	86,62	N39/18	83,73	N.P.495	82,39
N.P.744	89,28	N28/18	86,61	N40/18	83,72	B-18539	82,39
N.P.745	89,28	B-49147	86,61	P.2IE 3	83,72	B-17740	82,36
N.P.742	89,28	N.P.345	86,6	N.P.2IE 2	83,72	B-18478	82,22
B-44145	89,28	N24/18	86,6	N.P.300	83,65	B-46103	82,18
B-48850	89,23	N.P.525	86,59	N41/18	83,63	B-18572	82,17
B-48245	89,14	N.P.587	86,59	N.P.Foyer Bangré	83,63	B-46772	82,16
B-48388	89,14	N.P.ONEA RA	86,54	N42/18	83,54	N.P.Soeurs T	82,15
B-49058	89,08	B-42565	86,51	N.P.Boulangerie K	83,54	B-18617	81,99
B-42090	89,04	N.P.526	86,46	N43/18	83,38	B-43153	81,96
B-51872	88,99	N29/18	86,43	B-42938	83,38	B-18436	81,92
B-48475	88,84	B-42322	86,43	N.P.310 Kamboinse	83,37	B-46921	81,88
B-44087	88,83	N.P.Antenne EATON	86,42	N34/14	83,28	B-46223	81,87
B-48429	88,82	B-42794	86,19	N.P.129 MX	83,28	B-18706	81,69
N20/18	88,82	B-42688	86,13	N44/18	83,19	B-46746	81,34
N.P.SONATORIUM	88,82	B-46008	86,07	B-42349	83,07	B-46577	81,24
B-48646	88,79	B-42276	85,96	B-46371	83,04	B-46407	81,18
B-44173	88,74	N30/18	85,89	N35/14	83,03	B-46950	81,12
B-48321	88,7	N.P.TNB	85,89	N.P.Export Trading Groupe	83,02	B-46268	81,02
B-48821	88,64	N31/18	85,84	B-42494	83,01	B-46456	80,56
B-44155	88,62	N.P.SOGEL-B	85,84	B-42985	83	B-18871	80,4
B-46051	88,58	B-45989	85,8	N.P.489	82,98	B-18794	80,32
B-41866	88,52	N32/18	85,79	B-18355	82,96	B-46660	80,28
B-48990	88,4	N17518	85,79	48/18	82,95	B-47004	79,35
B-51207	88,39	N30/14	85,53	N.P.SOFAB	82,95	B-47042	78,16
B-42247	88,37						

Tableau 25 : Lignes surchargés en 2018

LIGNES	CHARGE %	LIGNES	CHARGE %
L-40747	219,39	L27113	125,84
L57548	210,75	L22292	125,45
L-44165	206,24	L22276	125,45
L-44301	205,23	L22334	123,59
L51895	196,76	L41915	121,91
L-40587	195,64	L50398	121,57
L-40577	195,63	L50393	121,56
L-44311	194,39	L32109	121,56
L44346	194,25	L50831	121,06
L-44267	189,18	L52148	121,04

L-40607	187,77		L41920	120,5
L-44277	184,96		L41925	117,66
L-40641	175,57		L41930	116,94
L-44210	169,68		L-44175	114,92
L-44203	169,68		L42156	114,03
L41266	168,86		L41940	114,03
L41285	164,62		L52040	113,55
L51985	161,14		L51560	113,3
L52115	160,3		L47153	113,28
L-44021	159,77		L51326	112,66
L-44035	156,56		L52000	112,66
L41290	156,53		L50849	112,65
L50719	154,13		L50844	112,65
L-44049	154,03		L51173	112,58
L21898	153,14		L27257	112,58
L-40728	151,79		L51178	111,12
L21940	150,66		L42176	109,76
L51287	150,59		L45127	104,56
L44467	147,13		L22832	102,9
L26271	146,65		L32094	98,93
L22016	146,25		L32099	98,41
L26848	144,19		L52285	98,12
L26923	142,96		L31144	97,86
L26977	141,72		L51362	97,26
L-44111	138,85		L22908	97,14
L27011	138,08		L32104	96,77
L-44121	137,44		L50406	96,24
L22100	136,89		L52153	96,15
L22158	134,46		L52335	95,44
L22142	134,46		L47832	94,95
L27079	129,17		L32420	94,85
L22234	127,99		L47837	91,43

Tableau 26 : Transformateurs surchargés en 2018

TRANSFORMATEURS	CHARGE %		TRANSFORMATEURS	CHARGE %
P.471	180,69		P.523	106,67
P.413	161,07		P.768	106,39
P.706	160,35		P.298 AZIMO	105,88
P.526	148,48		P.107	105,55
P.247 NC	144,92		P.447	104,85
P.611	143,49		P.79	104,79
P.469	142,07		P.129 MX	104,74
P.613	141,28		P.8	103,28

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P.428	139,7	P.343	103,24
P.444	138,67	P.372	102,95
P.133 C.AN4	134,8	P.486	102,35
P.267	130,06	P.561	101,83
P.587	129,42	P.603	101,22
P.366	129,33	P.559	100,88
P.446	129,32	P.635	100,34
P.780	129,18	P.451	99,87
P.516	128,87	P.521 T1	99,07
P.479 école w	128,82	P.104 RZ	98,99
P.345	127,49	P.450	97,71
P.123 NV-MW	126,73	P.728	97,65
P.525	126,53	P.11	97,02
P.609	123,37	P.132 Ciné	96,85
P.501	119,57	P.344	96,85
P.691 MI	119,49	P.470 NB	96,83
P.256	119,19	P.85 CN	96,54
P.309	118,73	P.134 NP	95,91
P.122	118,48	P.406	95,73
P.113	118	P.257	95,7
P.602	117,22	P.54 AY	95,49
P.423	115,15	P.424	94,37
P.80	112,32	P.98	93,68
P.489	112,13	L32425	93,13
P.131 MD	111,72	P.550	92,37
P.386	111,13	P.221 NA	91,95
P.99	110,87	P.91	90,51

Tableau 27 : Nœuds en défaut en 2020

Nœuds	U%	Nœuds	U%	Nœuds	U%	Nœuds	U%
B-47335	89,96	N23/20	82,79	N.P.389	79,49	N33/14	73,85
B-47647	89,85	N22/14	82,79	N25/18	79,46	B-46337	73,85
B-47782	89,83	N.P.424	82,76	N.P.Sœurs Im Conception	79,46	N.P.791	73,84
B-47811	89,83	N24/20	82,76	B-48475	79,36	B-42299	73,84
N6/20	89,74	N.P.561	82,75	N.P.472	79,36	N43/18	73,83
N7/20	89,58	N20/20	82,73	B-48429	79,35	N.P.310 Kamboïnse	73,81
N.P.ONATEL SA RMK	89,57	N20/14	82,72	B-48646	79,3	B-46154	73,74
N8/20	89,51	N21/14	82,7	B-45113	79,23	B-18837	73,72
N.P.Telecel Dares Salam	89,49	N.P.684	82,69	B-48321	79,17	B-42817	73,68
B-47509	89,49	N.P.372	82,69	N27/14	79,13	N44/18	73,55
B-44221	89,33	N.P.134 NP	82,69	N.P.367	79,13	B-44918	73,53
N9/20	89,27	N.P.611	82,69	N.P.136	79,12	N.P.300	73,49
N.P.Oédraogo Hamidou	89,27	N.P.135	82,67	N.P.603	79,11	B-17889	73,35
N10/20	89,27	B-40744	82,65	N23/18	79,1	B-42603	73,22
N11/20	89,26	N25/20	82,62	N26/18	79,08	B-49033	73,22
N.P.Telmob Cimat	89,25	N.P.B W KONTA	82,62	N.P.Lavigerie 2	79,08	48/18	73,21
N.P.Sahaurum	89,25	N.P.OTAM	82,6	B-48821	79,07	N.P.SOFAB	73,21
B-44231	89,17	N.P.344	82,54	N.P.445	79,03	N49/18	73,12
B-41634	89,09	N.19/18	82,49	B-44098	79,01	N.P.PMK	73,09
B-47270	88,68	N.P.SOIFI	82,49	B-48990	78,7	N34/14	72,95
N13/20	87,91	N21/20	82,45	N27/18	78,68	N.P.129 MX	72,95
N.P.558	87,91	N26/20	82,44	N.P.444	78,66	46/18	72,94
N.P.130 école	87,66	N.P.221 NA	82,43	N28/18	78,47	N45/18	72,9
B-41611	87,5	B-49244	82,42	N24/18	78,47	N.P.CM Bureau	72,9
N10/18	87,46	N.P.521	82,4	N.P.525	78,46	N.P.ENSOA	72,86
N.P.550	87,45	B-48878	82,36	N.P.587	78,44	N.P.CM lgt	72,85
N.P.516	87,44	B-41702	82,36	N.P.478	78,42	N.P.Camp Baangré	72,85
B-52520	87,43	B-41797	82,35	N.P.ONEA RA	78,39	N.P.Direction centrale genie militaire	72,79
N12/18	87,43	N.P.257	82,34	N.P.526	78,28	B-42938	72,69
N11/18	87,43	B-41820	82,34	N.P.137 MW	78,27	N50/18	72,66
N.P.USINE SATOM	87,41	N.P.469	82,3	B-44933	78,26	N.P.536	72,66
B-52499	87,4	N27/20	82,27	B-46010	78,26	B-46021	72,64
N13/18	87,4	N.P.Station April-Oil	82,27	N29/18	78,21	N51/18	72,57
N.P.591	87,39	N.P.405 EP	82,23	N.P.Antenne EATON	78,2	N.P.395 Sém	72,57
N.P.127	87,39	B-49286	82,1	B-45998	77,95	N35/14	72,57

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

N.P.126	87,38	B-44162	82,06	N29/14	77,87	N.P.Export Trading Groupe	72,56
B-47845	87,11	B-49118	82,05	N.P.345	77,85	N52/18	72,52
N.P.705	86,95	N23/14	82,04	B-42422	77,72	N.P.Soeur de pabre	72,52
N10/14	86,76	B-49315	82,04	B-42532	77,69	N.P.489	72,5
N.P. ECOBANK	86,76	N.P.DIPAMA	82,04	B-45978	77,53	N53/18	72,4
B-41380	86,76	B-41912	81,97	N30/18	77,44	P.384 village Pabre	72,39
B-40735	86,68	N.P.Péage rte OHG	81,93	N.P.TNB	77,44	N.P.495	72,39
N15/20	86,56	B-42148	81,92	N31/18	77,37	B-46509	72,34
N16/20	86,42	B-44119	81,89	N.P.SOGEL-B	77,36	N36/14	72,19
N11/14	86,26	B-49344	81,75	N32/18	77,3	B-42349	72,15
N12/14	86,25	B-44060	81,75	N17518	77,3	B-42985	72,14
N.P.Boukaré Yande	86,25	N.P.406	81,74	B-42565	77,28	B-46862	72,12
N13/14	86,03	N28/20	81,67	B-42322	77,16	N39/14	72,12
N.P.425	86,03	N29/20	81,66	B-46088	77,06	N38/14	72,12
B-41542	85,89	N.P.706	81,63	N.P.KOTE Boukaré	76,89	B-42494	72,11
N14/18	85,77	N.P.707	81,62	B-42823	76,89	B-18355	72,06
N.P.131 MD	85,76	N20/18	81,62	B-42794	76,76	N40/14	72,03
B-44018	85,57	N.P.SONATORIUM	81,62	B-42688	76,72	N.P.793 MK	72,03
N.P.647 EP Espér	85,48	N30/20	81,56	B-48612	76,63	B-18271	71,99
N.P.H.Paul VI	85,42	N.P.500	81,55	B-42276	76,48	N41/14	71,98
B-51672	85,35	N.31/20	81,4	B-48537	76,44	N.P.413	71,97
B-41429	85,19	B-44131	81,38	N30/14	76,27	N.P.168	71,97
B-47878	84,77	N.P.501	81,32	N.P.555	76,25	N42/14	71,96
B-48585	84,75	N32/20	81,31	N.P.256	76,16	N.P.128 MI	71,96
B-44045	84,66	P.N.743	81,3	B-46008	75,97	N37/14	71,96
N14/14	84,54	N33/20	81,3	N34/18	75,97	N43/14	71,95
N.P.132 Ciné	84,52	N.P.744	81,29	N.P.523	75,97	N.P.691 MI	71,95
B-44107	84,36	N.P.745	81,29	B-49147	75,96	N.P.534	71,92
B-47997	84,28	N.P.742	81,29	B-48295	75,95	B-43008	71,86
N15/14	84,24	B-48190	81,17	N.P.366	75,66	N.P.360	71,78
N15/18	84,23	B-47601	81,17	N35/18	75,62	B-51717	71,72
N.P.SAWADOGO Sayouba	84,23	B-42090	80,95	N.P.BAC	75,62	B-46371	71,37
N.P.630	84,22	B-44186	80,88	B-45989	75,59	B-43235	71,36
B-48929	84,15	B-44145	80,73	B-42740	75,52	B-46083	71,23
N16/14	84,11	N21/18	80,61	B-17504	75,43	B-18539	71,21
B-41751	84,08	N.P.696	80,6	B-42767	75,31	B-17740	71,16
N.P.Boulangerie W.K	84,02	B-48769	80,38	N36/18	75,27	B-18478	70,97
B-44029	83,9	B-48794	80,35	N.P.INERA carf	75,24	B-18572	70,9
N17/14	83,89	B-41866	80,25	B-17546	75,09	B-18617	70,65

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

N.P.343	83,89	N.P.Banque de l'Habitat T	80,21	N37/18	74,93	B-43153	70,59
N.P.133 C.AN4	83,88	B-44087	80,16	N31/14	74,92	B-18436	70,55
N.P.494	83,87	N22/18	80,01	N.P.682	74,92	B-18706	70,19
N16/18	83,68	B-51207	80,01	N.P.2IE	74,84	N.P.Sœurs T	70,05
N.P.Seminaire	83,67	B-48850	80	N38/18	74,84	B-46103	70,04
N.P.728	83,65	B-44173	79,97	N.P.INERA	74,83	B-46772	70,03
N17/18	83,62	B-42247	79,92	N32/14	74,6	B-46921	69,62
N17/20	83,5	B-48245	79,83	N.P.602	74,58	B-46223	69,57
N.P.404	83,42	B-48388	79,82	B-18756	74,35	B-46746	68,78
B-44437	83,33	B-44155	79,81	N39/18	74,34	B-46577	68,61
N.P.A T Jéhova	83,32	B-49058	79,76	N40/18	74,33	B-46407	68,51
N18/20	83,12	N24/14	79,68	P.2IE 3	74,32	B-46950	68,43
N.P.586	83,11	B-51872	79,63	N.P.2IE 2	74,32	B-18871	68,23
N19/20	83	N25/14	79,61	N41/18	74,19	B-46268	68,22
N.P.470 NB	82,98	B-52546	79,61	N.P.Foyer Bangré	74,19	B-18794	68,11
N22/20	82,86	N26/14	79,61	N.P.267	74,13	B-46456	67,53
N18/14	82,85	B-46051	79,6	N42/18	74,06	B-46660	67,12
N.P.Paroiſſe B	82,83	N.P.CFP CNSS	79,59	N.P.Boulangerie K	74,06	B-47004	65,64
N19/14	82,8	N.P.790	79,59	B-46246	74	B-47042	63,57
N.P.572	82,8	N.P.247 NC	79,55	B-18313	73,93		

Tableau 28 : Lignes surchargées en 2020

LIGNES	CHARGE %	LIGNES	CHARGE %
L-40747	310,6	L45127	152,84
L-44165	300,15	L27079	150,52
L57548	295,65	L22234	148,1
L-44301	288,64	L27113	146,69
L-44311	274,76	L22292	145,18
L44346	274,6	L22276	145,18
L51895	270,77	L22334	143,04
L-40587	269,64	L51362	142,55
L-40577	269,64	L50831	141,15
L-44267	268,07	L52148	140,1
L-44277	262,65	L47832	137,91
L-40607	259,61	L47837	133,01
L-40641	243,96	L52015	132,29
L-44210	242,57	L50849	131,41
L-44203	242,56	L50844	131,41
L41266	235,34	L27257	131,33
L51985	231,2	L32094	131,04
L41285	229,88	L32099	130,35
L-44021	229,35	L32104	128,23
L-44035	224,98	L-46011	128,16
L-44049	221,55	L50406	127,54

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

L41290	219,22	L52335	126,5
L51287	216,82	L32420	125,73
L-40728	212,96	L32425	123,48
L44467	212,08	L52020	121,28
L-44111	200,6	L48002	120,54
L-44121	198,67	L22832	119,24
L52115	185,11	L32435	117,65
L50719	178,06	L60065	116,66
L21898	176,93	L50568	116,2
L21940	174,09	L31144	114,25
L41915	172,81	L52285	113,36
L41920	170,9	L22908	112,6
L26271	170,64	L52153	111,45
L22016	169,04	L-46105	110,07
L26848	167,82	L32089	109,33
L-44175	167,48	L48012	106,79
L41925	167,02	L50624	104,2
L26923	166,4	L-46109	102,84
L41930	166,05	L29245	102,43
L26977	164,98	L52025	101,17
L51326	164,37	L51825	100,69
L52000	164,37	L12914	99,24
L52040	163,82	L48064	99,21
L51560	163,49	L48032	99,2
L47153	163,47	L48022	99,2
L42156	162,06	L29250	98,6
L41940	162,06	L52075	97,96
L50398	161,11	L12965	97,68
L50393	161,11	L27045	97,28
L32109	161,1	L51910	95,07
L27011	160,82	L46322	94,54
L51173	160,08	L36069	93,56
L22100	158,32	L42637	93
L51178	158,08	L31139	91,42
L42176	156,25	L42647	90,93
L22158	155,52	L13140	90,49
L22142	155,52		

Tableau 29 : Transformateurs surchargés en 2020

TRANSFORMATEURS	CHARGE %	TRANSFORMATEURS	CHARGE %
P.706	221,93	P.11	126,19
P.413	215,8	P.728	124,5
P.471	208,32	P.54 AY	124,06
P.611	196,32	P.132 Ciné	123,61
P.469	193,54	P.221 NA	122,97
P.526	193,34	P.134 NP	122,57
P.247 NC	188,98	P.85 CN	122,02
P.444	180,68	P.107	121,22

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P.133 C.AN4	173,99	P.424	120,54
P.780	172,95	P.79	120,27
P.267	170,44	P.486	119,64
P.366	168,89	P.91	117,44
P.587	167,38	P.550	117,01
P.345	165,68	P.384 village Pabre	116,98
P.446	165,14	P.451	114,75
P.516	165,09	P.128 MI	114,49
P.479 école w	163,59	P.168	114,49
P.525	163,23	P.8	114,34
P.501	162,4	P.445	114,18
P.613	162,39	P.104 RZ	113,86
P.123 NV-MW	161,74	P.125	113,22
P.428	160,52	P.22 Chateau	112,59
P.691 MI	157,38	P.666	111,79
P.256	154,85	P.450	111,71
P.602	152,6	P.121 WB	111,04
P.122	150,64	P.135	108,69
P.489	146,21	P.521 T2	108,08
P.131 MD	142,39	P.34	107,89
P.609	142,13	P.98	107,55
P.768	141,73	P.534	106,24
P.372	138,23	P.560	104,69
P.113	138,1	P.290 OH	102,34
P.298 AZIMO	137,83	P.97 OE	102,33
P.523	137,81	P.103 RB	101,71
P.561	136,67	P.630	100,72
P.309	136,25	P.102	100,49
P.129 MX	135,99	P.586	100,32
P.559	134,18	P.137 MW	99,85
P.635	133,46	P.639 EP	98,25
P.521 T1	132,89	P.629 Mosquée	96,94
P.423	132,67	P.126	96,5
P.447	132,55	P.220 WR	95,96
P.343	132,37	P.300	95,45
P.80	131,39	P.610	92,49
P.603	130,06	P.571	92,02
P.344	129,79	P.472	91,92
P.470 NB	129,7	P.130 école	91,73
P.406	128,42	P.308	91,47
P.257	128,3	P.24 Travaux neuf	91,36
P.386	127,54	P.425	91,29
P.99	127,01	P.83	90,06

ANNEXE 9 : Nouvelles répartition des postes sources

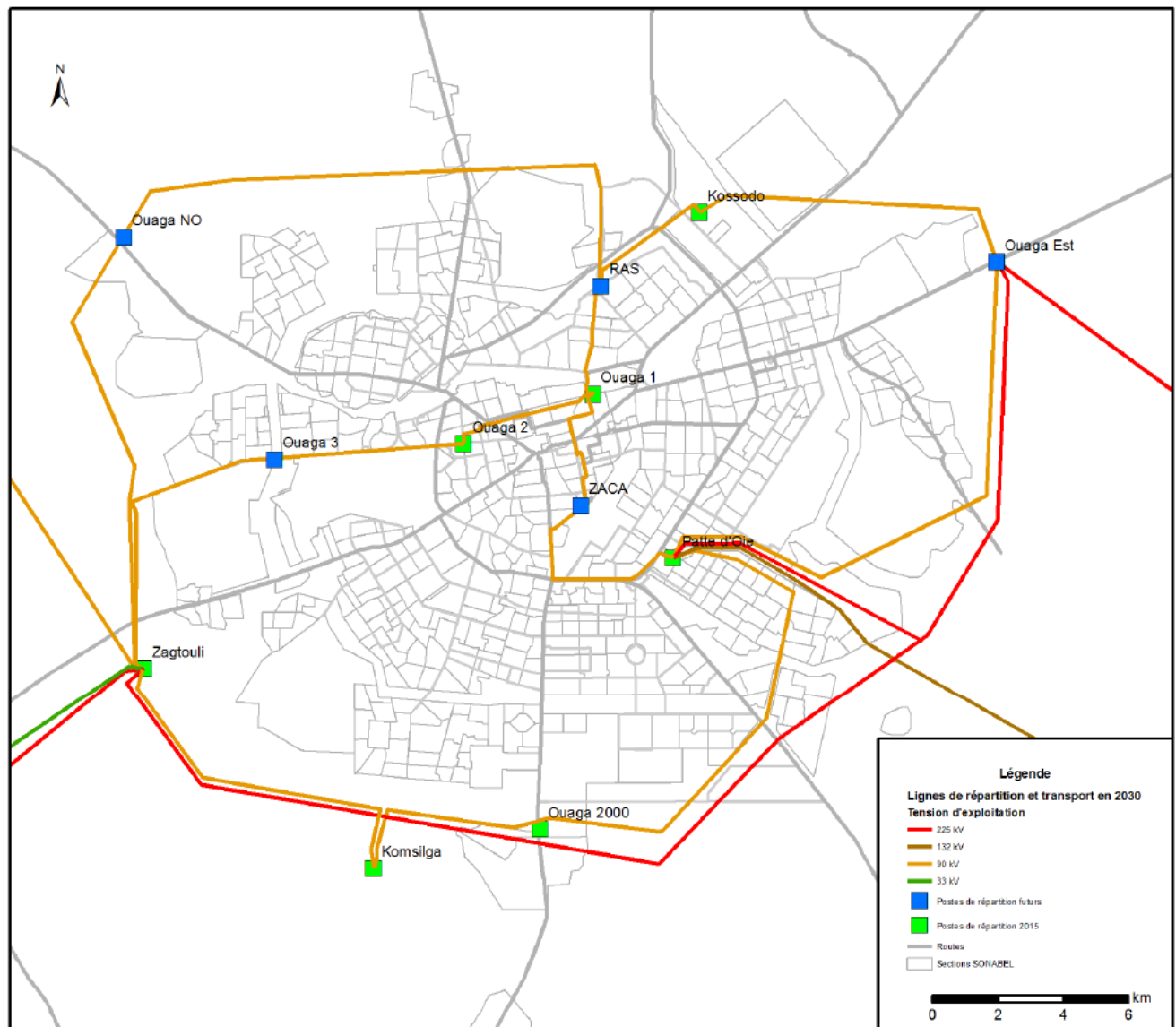


Figure 38 : Nouvelle répartition des postes sources [6]

ANNEXE 10 : Travaux de restructuration du réseau de distribution

Tableau 30 : Création de nouveaux départs à partir de 2022

Départs	Description de l'ouvrage	Type de conducteur	Longueur [Km]
Départs 18 BIS	Tronçon OUAGA NORD OUEST au nœud N34/18	Almélec 75 mm ²	0,15
Départs 20 BIS	Tronçon OUAGA 3 au nœud N26/14	Almélec 75 mm ²	0,17
Départs 16 BIS	Tronçon ZAGTOULI au nœud N32/16	Almélec 75 mm ²	4,9
Départs 14 BIS	Tronçon OUAGA 3 au nœud N34/18	Aluminium 150 mm ²	1,4
Départs 15 BIS	Tronçon ZAGTOULI au nœud N.54/15	Aluminium 150 mm ²	0,2
Départs 13 BIS 2	Tronçon ZACA au nœud N.P.FLEX FASO	Aluminium 240 mm ²	0,2

Tableau 31 : Renforcement des départs à partir de 2022

Départs	Type de conducteurs	Longueur [Km]	Description de l'ouvrage
Départs 14 BIS	Almélec 75,5 mm ²	3,4	Tronçon du nœud N26/14 au nœud N.P.267
Départs 15 BIS	Almélec 148 mm ²	2,6	Du nœud N.54/15 au nœud N.47/15
Départs 16 BIS	Almélec 75,5 mm ²	2,2	Du nœud N32/16 au nœud N.P.105

Tableau 32 : Transformateurs à muter en 2017

2017			
POSTE	Taux de surcharge (%)	Puissance Nominale actuelle (KVA)	Puissance Nominale sugerée (KVA)
P.471	162,44	160	250
P.ONATEL SA RMK	144,67	50	100
P.413	143,72	160	250
P.706	132,88	100	160
P.526	131,26	250	400
P.247 NC	130,94	160	250
P.613	123,39	100	160
P.444	122,58	100	160
P.133 C.AN4	122,46	160	250
P.428	121,89	160	250
P.611	119,46	100	160
P.469	118,53	100	250
P.446	118,1	160	250
P.479 école w	117,98	160	250
P.267	117,16	160	250

P.366	116,72	160	250
P.123 NV-MW	115,76	160	250
P.345	115,35	160	250
P.516	114,96	100	160
P.587	114,83	160	250
P.525	112,4	400	630
P.609	110,62	160	250
P.780	108,72	160	250
P.122	108,38	630	800
P.113	108,23	160	250
P.256	107,85	160	250
P.691 MI	107,48	100	160
P.Proisse B	106,91	50	100
P.602	105,96	160	250
P.309	103,71	160	250
P.423	103,24	160	250
P.80	103,02	400	630
P.489	101,31	160	250
P.501	99,96	100	160
P.131 MD	99,93	160	250
P.8	98,41	400	630
P.386	97,06	100	160
P.99	97,02	400	630
P.447	96,14	160	250
P.298 AZIMO	95,78	160	250
P.107	94,89	400	630
P.129 MX	94,83	160	250
P.523	94,82	100	160
P.79	94,3	160	250
P.343	94,08	100	160
P.486	93,89	160	250
P.603	92,1	160	250

Tableau 33 : Transformateurs à muter 2018

POSTE	Taux de surcharge (%)	Puissance Nominale actuelle (KVA)	Puissance Nominale suggérée (KVA)
P.768	106,27	160	250
P.372	102,4	160	250
P.561	101,31	160	250
P.559	100,78	160	250
P.635	100,23	160	250
P.451	99,84	160	250
P.104 RZ	98,88	160	250
P.521 T1	98,58	160	250
P.450	97,76	160	250
P.728	97,16	100	160

P.11	97,06	100	160
P.706	96,75	160	250
P.132 Ciné	96,55	160	250
P.344	96,4	160	250
P.85 CN	96,4	400	630
P.470 NB	96,39	160	250
P.134 NP	95,55	160	250
P.54 AY	95,52	630	800
P.406	95,22	250	400
P.257	95,21	250	400
P.424	94,03	160	250
P.98	93,7	160	250
P.122	92,97	800	1000
P.550	92,13	160	250
P.221 NA	91,55	400	630
P.91	90,53	160	250
P.526	90,15	400	630
P.247 NC	90,02	250	400

Tableau 34 : Transformateurs à muter en 2018

POSTE	Taux de surcharge (%)	Puissance Nominale actuelle (KVA)	Puissance Nominale sugerée (KVA)
P.768	106,27	160	250
P.372	102,4	160	250
P.561	101,31	160	250
P.559	100,78	160	250
P.635	100,23	160	250
P.451	99,84	160	250
P.104 RZ	98,88	160	250
P.521 T1	98,58	160	250
P.450	97,76	160	250
P.728	97,16	100	160
P.11	97,06	100	160
P.706	96,75	160	250
P.132 Ciné	96,55	160	250
P.344	96,4	160	250
P.85 CN	96,4	400	630
P.470 NB	96,39	160	250
P.134 NP	95,55	160	250
P.54 AY	95,52	630	800
P.406	95,22	250	400
P.257	95,21	250	400
P.424	94,03	160	250
P.98	93,7	160	250
P.122	92,97	800	1000
P.550	92,13	160	250

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P.221 NA	91,55	400	630
P.91	90,53	160	250
P.526	90,15	400	630
P.247 NC	90,02	250	400

Tableau 35 : Transformateurs à muter en 2019

2019			
POSTE	Taux de surcharge (%)	Puissance Nominale actuelle (KVA)	Puissance Nominale sugerée (KVA)
P.384 village Pabre	103,26	100	160
P.125	102,63	250	400
P.445	102,26	400	630
P.121 WB	101,97	630	800
P.128 MI	101,97	160	250
P.168	101,89	250	400
P.135	98,65	630	800
P.22 Chateau	98,52	630	800
P.666	97,81	400	630
P.133 C.AN4	97,74	250	400
P.469	96,94	250	400
P.444	96,3	160	250
P.611	95,42	160	250
P.534	94,96	160	250
P.290 OH	94,79	160	250
P.97 OE	94,77	630	800
P.34	94,4	400	630
P.446	94,3	250	400
P.479 école w	94,21	250	400
P.267	93,55	250	400
P.366	93,2	250	400
P.103 RB	92,88	160	250
P.587	92,45	250	400
P.123 NV-MW	92,44	250	400
P.345	92,11	250	400
P.102	91,78	160	250
P.428	91,77	250	400
P.630	91,03	160	250
P.613	90,7	160	250
P.516	90,42	160	250
P.137 MW	90,33	160	250
P.525	90,05	630	800

Tableau 36: Transformateurs à muter en 2020

2020			
POSTE	Taux de surcharge (%)	Puissance Nominale actuelle (KVA)	Puissance Nominale sugerée (KVA)
P.780	107,39	250	400
P.521 T2	106,54	100	160
P.560	104,36	160	250
P.586	99,26	160	250
P.639 EP	98,26	50	100
P.54 AY	97,45	800	1000
P.501	96,45	160	250
P.126	95,92	160	250
P.220 WR	95,79	160	250
P.FLEX FASO	93,88	160	250
P.256	93,86	250	400
P.122	93,65	1000	1250
P.300	93,56	630	800
P.610	92,53	160	250
P.602	92,22	250	400
P.571	92,02	160	250
P.308	91,57	160	250
P.24 Travaux neuf	91,47	400	630
P.691 MI	91,38	160	250
P.130 école	91,23	630	800
P.472	90,84	400	630
P.425	90,79	160	250

Tableau 37 : Transformateurs à muter en 2025

2025			
POSTE	Taux de surcharge (%)	Puissance Nominale actuelle (KVA)	Puissance Nominale sugerée (KVA)
P.115	116,48	630	800
P.80	111,22	630	1000
P.489	110,07	250	400
P.669	110	50	100
P.121 WB	109,14	800	1000
P.572	107,82	160	250
P.531	106,32	160	250
P.135	106	800	1000
P.609	105,67	250	400
P.367	105,36	160	250
P.93	104,39	630	800
P.447	104,24	250	400

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P.298 AZIMO	104,02	250	400
P.92 WR	103,85	160	250
P.68 CV	103,54	160	250
P.129 MX	102,94	250	400
P.466	102	630	800
P.100 Cté AN4	101,99	100	160
P.131 MD	101,98	250	400
P.486	101,83	250	400
P.784	100,94	160	250
P.793 MK	100,66	100	160
P.360	100,62	630	800
P.474	100,22	400	630
P.77	100,09	160	250
P.603	100,03	250	400
P.343	99,85	160	250
P.309	99,1	250	400
P.325	98,83	160	250
P.324	98,82	160	250
P.423	98,65	250	400
P.240 OC	98	160	250
P.768	97,38	250	400
P.452	97,34	160	250
P.58 SONAR	96,36	250	400
P.413	96,22	250	400
P.536	96,04	100	160
P.132 Ciné	96,02	250	400
P.471	95,51	400	630
P.97 OE	95,28	800	1000
P.134 NP	95,04	250	400
P.105	94,9	400	630
P.523	94,56	250	400
P.707	94,24	100	160
P.372	93,82	250	400
P.44 Chambres	93,57	630	800
P.424	93,51	250	400
P.217	92,89	160	250
P.122	92,84	1250	1600
P.561	92,82	250	400
P.427	92,6	160	250
P.559	92,34	250	400
P.99	92,2	630	800
P.295	91,92	250	400
P.635	91,85	400	630
P.47	91,74	250	400
P.300	91,71	800	1000
P.386	90,6	160	250
P.521 T1	90,32	400	630
P.Parois B	90,16	100	160

P.107	90,11	630	800
-------	-------	-----	-----

Tableau 38 : Transformateurs à muter en 2030

2030			
POSTE	Taux de surcharge (%)	Puissance Nominale actuelle (KVA)	Puissance Nominale sugerée (KVA)
P.113	124,69	250	400
P.343	112,06	160	250
P.296	111,56	160	250
P. 65 Mosquée	111,4	630	800
P.363	110,1	160	250
P.426	109,29	250	800
P.79	108,36	250	400
P.328	108,29	250	400
P.413	107,9	400	630
P.525	107,55	800	1000
P.573	107,45	160	250
P.238	107,27	100	160
P.111	106,14	160	250
P.61 AY	105,51	160	250
P.85 CN	104,82	630	800
P.706	104,73	250	400
P.344	104,33	250	400
P.470 NB	104,31	400	630
P.450	103,91	250	400
P.728	103,83	160	250
P.645	103,45	50	100
P.451	103,33	400	630
P.468	102,95	400	630
P.12	102,89	630	800
P.104 RZ	102,41	250	400
P.120	101,84	250	400
P.83	101,44	800	1000
P.406	101,12	400	630
P.257	101,09	400	630
P.550	100,7	250	400
P.239 RT	99,42	160	250
P.93	99,23	800	1000
P.130 école	98,91	800	1000
P.221 NA	98,44	400	630
P.247 NC	98,11	400	630
P.526	97,96	250	400
P.128 MI	97,4	160	250
P.532	97,21	1000	1250
P.121 WB	97,07	800	1000
P.115	96,95	630	800
P.445	96,94	250	400

**ETUDE DE LA STABILITE STATIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION 15KV DE LA VILLE DE
OUAGADOUGOU AU POSTE SOURCE DE OUAGA 2 : MODELISATION AVEC NEPLAN**

P.98	96,22	160	250
P.384 village Pabre	96	400	630
P.168	95,89	400	630
P.125	95,89	160	250
P.616	95,49	800	1000
P.466	95,03	1000	1250
P.54 AY	94,91	160	250
P.11	94,58	250	400
P.103 RB	94,45	1000	1250
P.135	94,24	250	400
P.611	93,96	400	630
P.469	93,52	400	630
P.211 DGUT	93,44	250	400
P.102	92,48	800	1000
P.99	92,36	250	400
P.613	92,26	400	630
P.475	92,14	400	630
P.133 C.AN4	92,1	250	400
P.290 OH	91,74	250	400
P.444	91,68	400	630
P.428	91,6	160	250
P.480	91,48	1000	1250
P.97 OE	91,2	400	630
P.534	90,77	250	400
P.493	90,56	250	400
P.91	90,55	630	800
P.51	90,53	800	1000

ANNEXE 11 : Réseau OUAGA 2 avec nouveaux départs simulés

Légende	
	Départ 15
	Départ 16
	Départ 13 BIS
	Départ 13
	Départ 12
	Départ 18
	Départ 14
	Départ 20
	Départ 17
	Départ 11
	Départ 19
	Départ 18 BIS NOUVEAU
	Départ 14 BIS NOUVEAU
	Départ 20 BIS NOUVEAU
	Départ 15 BIS NOUVEAU
	Départ 16 BIS NOUVEAU
	Départ 13 BIS 2 NOUVEAU
	Eléments déconnectés

Figure 39 : Légende du réseau de OUAGA 2 simulé avec les nouveaux départs

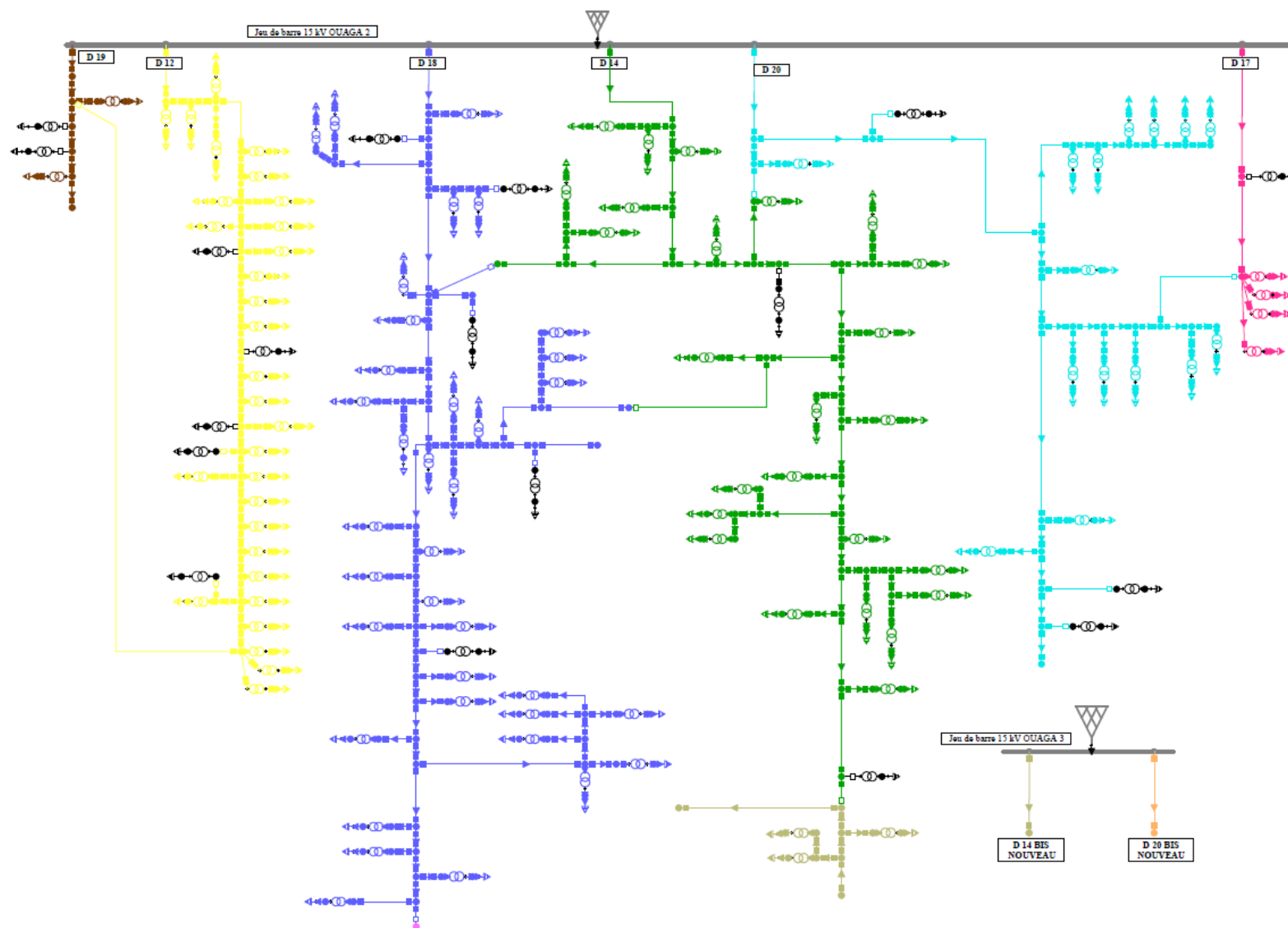


Figure 40 : Départs 19, 12, 18, 14, 20, 17, 14 BIS, 20 BIS

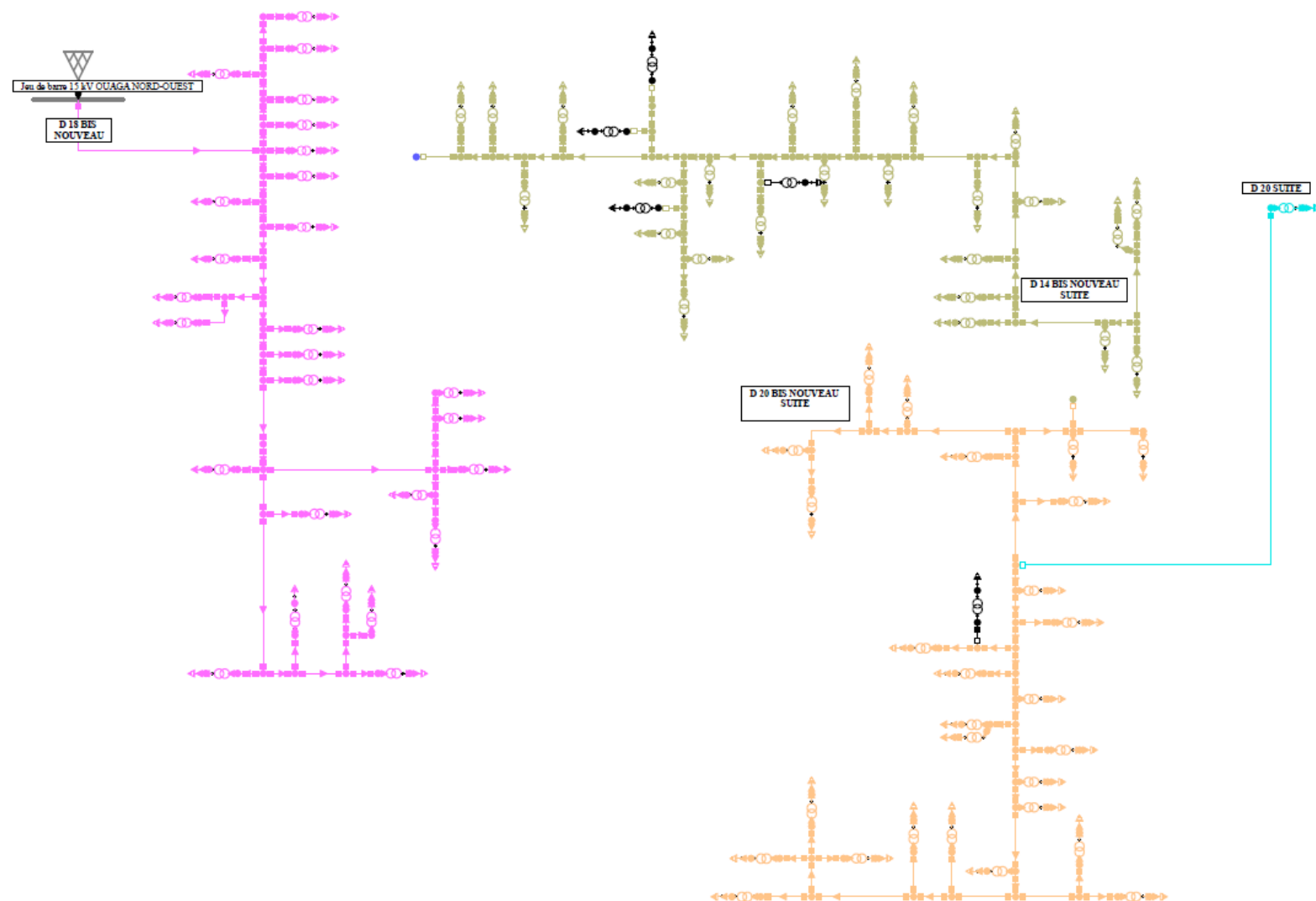


Figure 41 : Départ 18 BIS et suite de départs 20, 14 BIS, 20 BIS

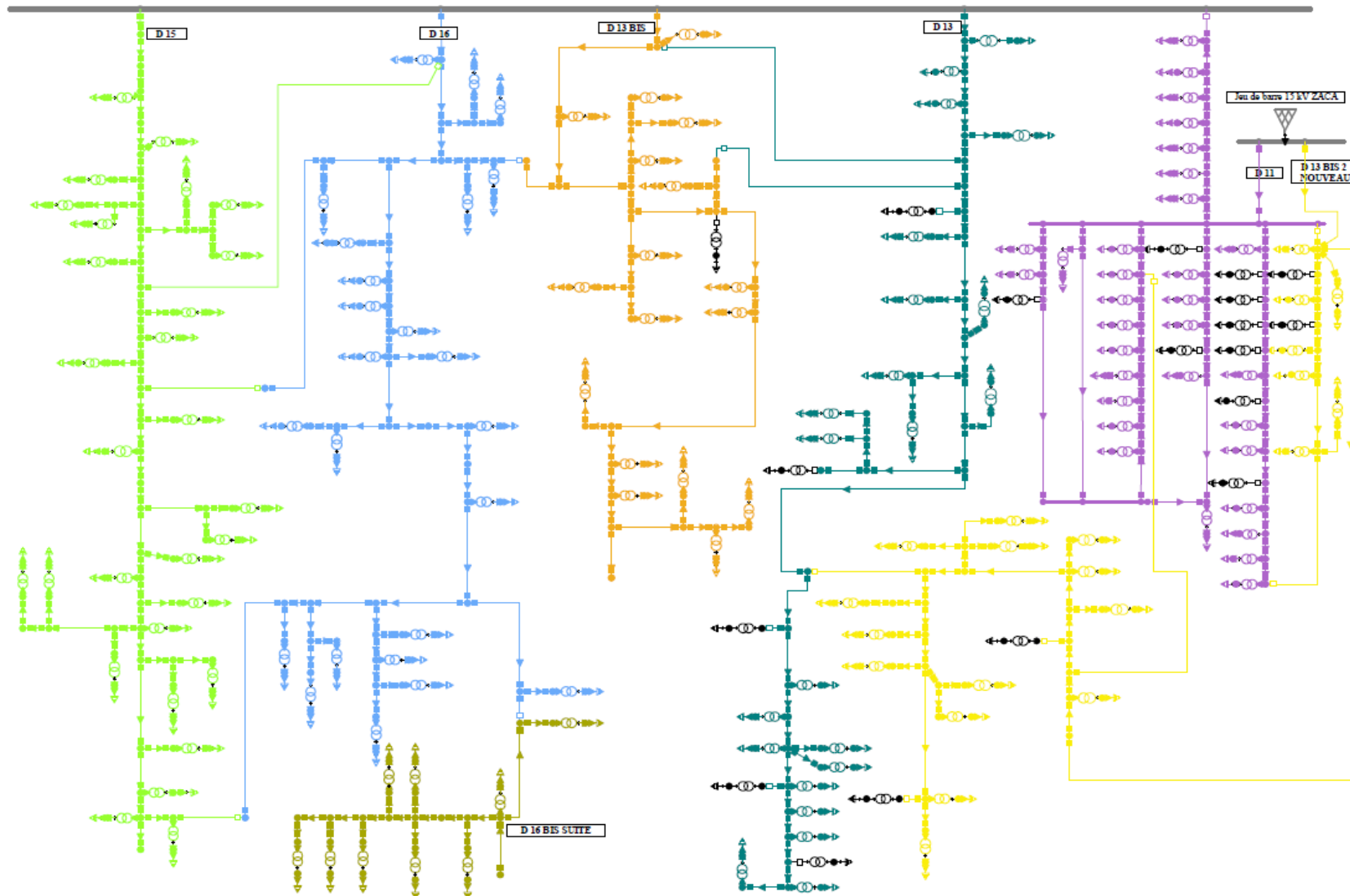


Figure 42 : Départs 15, 16, 13BIS, 13, 11, 16 BIS SUITE, 13 BIS 2

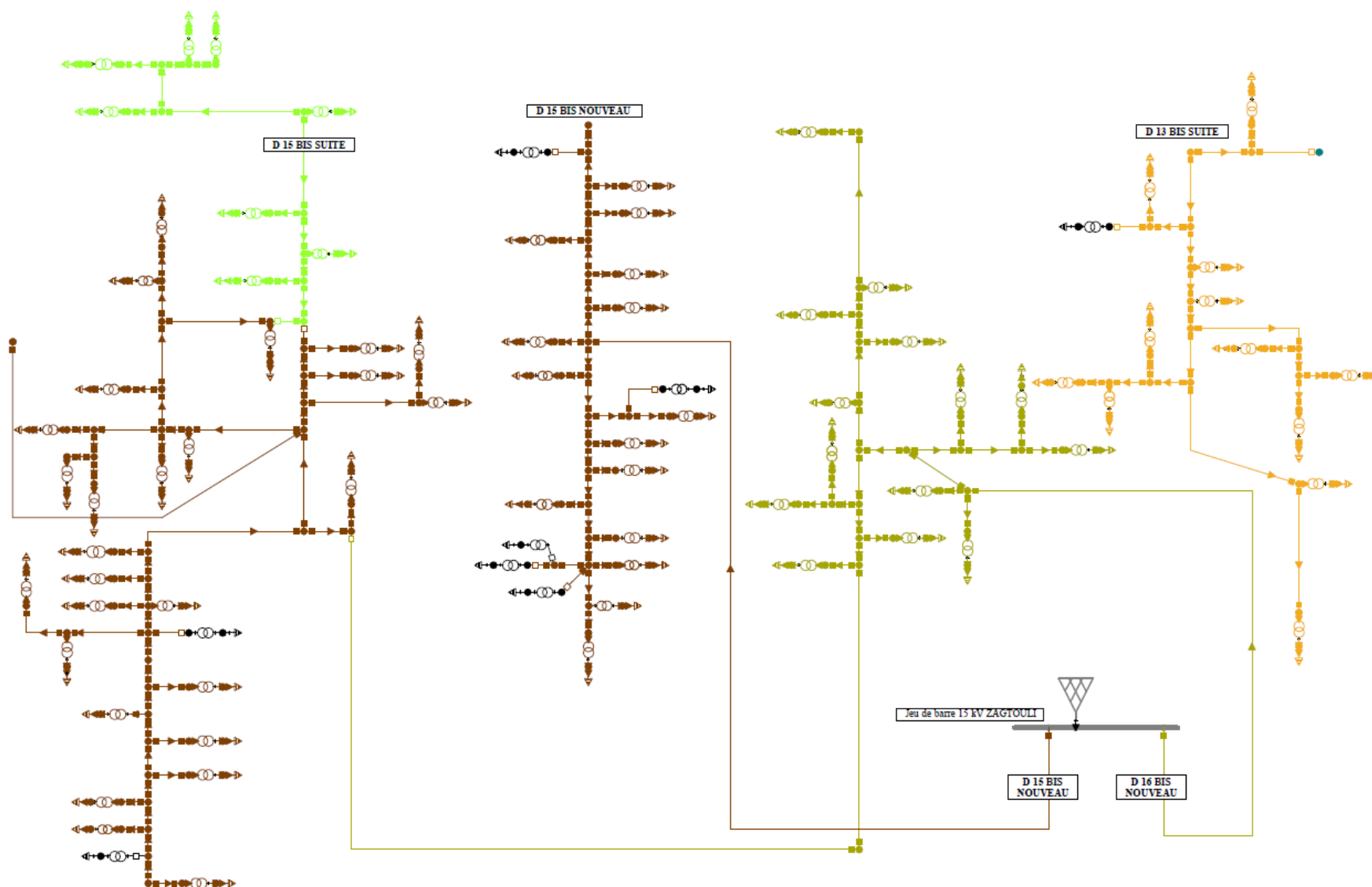


Figure 43 : Départs D 15 BIS, 16 BIS et suite des départs 15, 13 BIS

Tableau 39 : Résultats simulation du réseau de OUAGA 2 avec les nouveaux départs

OUAGA 2	Année	P perte MW	Q perte MVar	P imp MW	Q imp MVar	P gén MW	Q gén MVar	P charge MW	Q charge MVar
	2017	1,746	3,68	54,658	36,862	54,658	36,862	52,912	33,182
	2018	2,124	4,237	61,358	41,36	61,358	41,36	59,234	37,124
	2020	2,921	5,42	73,053	49,338	73,053	49,338	70,132	43,918
	2025	3,769	6,624	83,161	56,311	83,161	56,311	79,392	49,687
	2030	5,196	8,672	96,613	65,85	96,613	65,85	91,418	57,178