UNIVERSITE SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

Etude d'amélioration du réseau HTA issu d'un transformateur T1 (Poste source DAR BOUAZZA départ D10) par la compensation de l'énergie réactive

Réalisé Par :

El Yazghi Oussama

Encadré par :

Pr. El Markhi Hassane **(FST FES)**

Mr. Ougri Khalid **(Entreprise)**

Soutenu le 05 Juin 2018devant le jury :

Pr. El Moussaoui Hassan **(FST FES)**

Pr. Fatima Errahimi **(FST FES)**

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles m'ont fait vivre durant ces deux mois au sein de l'entreprise LYDEC :

- Monsieur Khalid OUGRI, mon encadrant, pour m'avoir intégré rapidement au sein de l'entreprise et m'avoir accordé toute sa confiance ; pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de cette période, sachant répondre à toutes mes interrogations ; sans oublier sa participation au cheminement de ce rapport.
- Monsieur Mehdi KHOURI, chef de service (Direction Exploitation réseaux et Infrastructures)
- Toutes les équipes, pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ce stage.

Je tiens à remercier, le doyen de la Faculté des Sciences et Techniques, toute l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Technique de Fès et les intervenants professionnels responsables de la formation génie électrique pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Je remercie également :

- Monsieur Hassan EL MARKHI pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport, qu'il m'a apporté lors des différents suivis, sans oublier sa participation au cheminement de ce rapport.
- Monsieur Mohammed JORIO coordonnateur de la filière génie électrique pour tous les efforts qu'il déploie pour le bien de la filière.
- Et aussi les membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'évaluer ce travail.

Dédicace

A mes très chers parents

Dont le mérite revient au Bon Dieu et à vous. Afin de pouvoir vivre ce jour .Rien au monde ne pourrait compenser tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bien être afin que je puisse me consacrer à mes études.

A mes chers frères

Vous avez toujours été à mes côtés tout au long de mon éduction par votre incessant soutien et vos encouragements. Que rien au monde ne pourrait compenser votre générosité et aucune dédicace ne saurait exprimer ma gratitude et ma fierté de vous avoir comme frères.

A tous mes amis et collègues

Avec tout mon respect et ma reconnaissance. Je vous dédie ce travail et vous souhaite un avenir à la hauteur de vos ambitions.

A tous ceux que j'ai oublié de citer, pour ceux que j'ai toujours été et non pas pour ce que je suis devenu ou pour ce que je deviendrai .A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce rapport. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon profond respect, ma reconnaissance et mon estime pour l'encouragement et l'aide qu'ils m'ont accordé.

Votre frère et ami EL YAZGHI Oussama

Sommaire

Liste des figures :.....6

Liste des tableaux :.....8

Liste des abréviations :.....9

Introduction générale :.....10

Chapitre N°1 : Présentation du l'organisme d'accueil :.....12

1-1 Naissance de LYDEC : 12

1-2 Fiche technique de l'Entreprise :.....13

1-3 Actionnariat : 13

1-4 Historique de l'entreprise :.....14

1-5 Objectifs de la LYDEC :.....15

1-6 Chiffre d'affaires :.....16

1-7 Organigramme de la LYDEC :.....17

1-8 Les différents Services de LYDEC :.....18

1-9 Structure du réseau de distribution de LYDEC:.....19

*La DEE : 19

*Bureau Centrale de Conduite :.....20

Chapitre N°2 : Généralités sur le réseau de distribution électrique HTA de Lydec : 21

2-1 Transport et distribution de l'énergie électrique :.....21

*Le réseau électrique :.....21

*Les architectures de réseau électrique :.....21

*Structure général de la production, du transport et de la distribution d'énergie :.....22

2-2 Les composants du réseau HTA :.....24

*Les postes sources HTB/HTA :.....24

**Poste source de DAR BOUAZZA 27
**Le transformateur T1 de DAR BOUAZZA :.....28
*Les Poste répartiteurs HTA/HTA :.....29
2-3 Le réseau HTA : 31
*Protection départ HTA :.....31
*Protection terre résistante :.....31
*Les organes de coupure de réseau (OCR) : 32
2-4 Postes de transformation HTA /BT :.....32
*Les Postes client (PCL) :.....34
*Les Postes de distribution publique (PDP) :.....35
2-5 Les branchements :.....36
*Les câbles HTA :.....36
*Les compteurs à mesure d'énergie :.....37

Chapitre N°3 :Le rendement dans le réseau HTA issu du poste source de DAR BOUAZZA :.....39
3-1 Introduction :.....39
3-2 Les pertes non techniques (commerciales):.....40
3-3 Les pertes techniques :.....40
*Pertes du poste source HTB/HTA :.....41
*Pertes dans le réseau HTA :.....42
*Pertes de transformateur HTA/BT: 45
3-4 Calcul du rendement dans le réseau HTA issu du transformateur n°1 du poste source de DAR BOUAZZA :.....46
*L'environnement SIMULINK/MATLAB.....47
*Processus de simulation sous Simulink.....47
*SimPowerSystems :.....49

*Modèle de simulation de réseau HTA issue de transformateur T1 de poste source DAR BOUAZZA.....49

*Résultats de load flow :.....50
*Les pertes et le rendement du réseau :.....50

3-5 La compensation de l'énergie réactive : 52
*L'énergie réactive :.....52
*Les moyens de compensation de l'énergie réactive :.....52
*Simulation du réseau après compensation :.....52
*Résultats de load flowaprès compensation : 54
*Les pertes et le rendement du réseau :.....55

Conclusion Générale :.....56
Bibliographie : 57

Liste des figures

Figure 1 : Actionnaires de LYDEC.....14

Figure 2 : Chiffres d'affaires de la LYDEC.....16

Figure 3 : Organigramme général de LYDEC.....17

Figure 4 : Les quatre services de la LYDEC.....19

Figure 5 : La Direction de l'exploitation électricité.....20

Figure 6 : Structure d'un réseau de distribution.....23

Figure 7 : Poste source O'led Haddou 25

Figure 8 : Schéma d'un poste source en Double antenne – Double Jeu de barre.....26

Figure 9 : Schéma synoptique du poste source de DAR BOUAZZA.....27

Figure 10 : Les départs HTA alimentés par le transformateur T1.....28

Figure 11 : Transformateur T1 DAR BOUAZZA.....29

Figure 12 : Schéma d'un poste répartiteur.....30

Figure 13 : Cellule HTA préfabriqué.....31

Figure 14 : Transformateur HTA/BT.....33

Figure 15 : Poste de distribution préfabriqué.....35

Figure 16 : Schéma d'un PCL.....36

Figure 17 : Schéma d'un PDP.....37

Figure 18 : Schéma d'un câble unipolaire.....37

Figure 19 : Transit de puissance dans un récepteur.....38

Figure 20 : Découpage d'un câble.....43

Figure 21 : Transition de puissance dans un départ.....44

Figure 22 : schéma de modélisation de réseau HTA départ D10 DERB JEDID4 poste source DAR BOUAZZA dans Simulink.....49

Figure 23 : Résultats de Load Flow avant compensation 50

Figure 24 : Rapport de load flow avant compensation 51

Figure 25 : Schéma de modélisation de réseau HTA départ D10 DERB JEDID4 poste source DAR BOUAZZA dans Simulink après compensation.....54

Figure 26:Résultats de Load Flow après la compensation 55

Figure 27 : Load flow après la compensation.....55

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche signalétique de la LYDEC.....13

Tableau 2 : Dates clés de la LYDEC.....15

Tableau 3 : Les différents niveaux de tension.....22

Tableau 4 : Anciennes nominations de niveau de tension.....22

Tableau 5 : Les différents postes source de la LYDEC.....25

Tableau 6 : Les différents postes répartiteur de la LYDEC.....30

Tableau 7 : Caractéristiques des câbles HTA.....37

Tableau 8 : Résistivité de quelques matériaux.....41

Tableau 9 : les caractéristiques des transformateurs HTA/BT.....42

Tableau 10 : Résistances linéiques des 7 départs.....43

Tableau 11 : Résumé des pertes de chaque poste.....45

Tableau 12 : Résumé des capacités et des nouvelles énergies réactive de chaque poste.....53

Liste des abréviations

***LYDEC :** Lyonnaise Des Eaux de Casablanca.

***HTA :** Haute tension de classe A.

***HTB :** Haute tension de classe B.

***BT:** Basse tension.

***PDP:** Postes de distribution publique.

***PC :** Postes clients.

***PS :** Postes source.

***PR :** Postes répartiteur.

***ONEE :** Office national d'électricité et de l'eau potable.

***DEEA :** Exploitation d'Eau et d'Assainissement.

***DEE :** La Direction de l'exploitation d'électricité.

***m :** Mètre.

***MVA :** Méga Voltampère.

***R :** Résistance.

***V :** Volt.

INTRODUCTION GENERALE

Objectif du stage:

Dans le cadre du projet de fin d'études de ma troisième année licence en génie électrique à la faculté de sciences et techniques de Fès, j'ai eu l'opportunité d'effectuer un stage de deux mois qui a débuté le 02/04/2018 au sein de la Lydec (Lyonnaise des eaux de Casablanca).

Cette expérience professionnelle a consisté principalement en exploitation de mes acquis en matière d'électrotechnique, afin d'étudier le rendement du réseau HTA issu d'un poste source appartenant à la Lydec.

Contexte du projet :

Un volume d'électricité produit ne peut être acheminé jusqu'au consommateur final sans pertes. C'est pour ça que les pertes d'énergie dans les réseaux électriques et particulièrement dans les réseaux de distribution, présentent pour les gestionnaires de réseaux un enjeu très important. C'est le cas pour la Lydec qui fait de l'amélioration du rendement des réseaux l'un de ces très grands objectifs.

Le problème causé par les pertes est dans de nombreux cas très important qu'il constitue un enjeu très majeur pour les sociétés impliquées, parce que lorsque les pertes dépassent les niveaux considérés comme admissibles, elles peuvent exposer en danger la santé financière des sociétés. C'est pour ça que ces pertes doivent être identifiées afin d'être combattues.

Ce stage a pour mission le calcul des pertes dans le réseau moyenne tension (HTA) venu du poste source dar Bouazza, afin d'étudier le rendement de ce dernier, ce rapport décrit les différentes étapes de mon projet de fin d'étude, il est divisé en trois chapitres avec une introduction générale et une conclusion générale.

***Introduction générale** qui présentera le travail global du rapport.

***Le premier chapitre** sera consacré à la présentation de l'organisme d'accueil, notamment les informations d'ordre général relatives à la société, sa structure, son implantation et son organisation.

***Le deuxième chapitre** donnera un aperçu général sur le réseau HTA de la LYDEC.

***Le troisième chapitre** abordera le problème de l'écoulement de puissance et comment-on peut le résoudre puis la simulation de réseau HTA issue de poste source DAR BOUAZZA transformateur T1 sur MATLAB.

Chapitre I :

Présentation de l'organisme d'accueil

1.1 Naissance de LYDEC

LYDEC (acronyme de Lyonnaise des eaux de Casablanca) est une filiale marocaine du groupe Suez Environnement.

Créé le 15 Avril 1997, LYDEC a été la première expérience marocaine en matière de gestion déléguée des services de distribution d'électricité, d'eau et d'assainissement liquide. Depuis le début, elle a mobilisé tous ses moyens pour offrir un service de qualité aux habitants de la région de Casablanca et de Mohammedia. Les actions et les investissements se sont multipliés pour doter la ville d'infrastructures à la mesure de son développement, moderniser les services à la clientèle à travers une meilleure qualité d'accueil et une facturation modernisée et fiable.

Avec la signature de l'avenant au contrat de gestion déléguée, le 11 mai 2009, l'éclairage public est devenu le quatrième métier de LYDEC sur tout le territoire de la gestion déléguée à l'exception des zones alimentées par l'ONEE.

Pour l'avenir, LYDEC œuvre pour le renforcement de son engagement à Casablanca et à Mohammedia pour faire face à l'accroissement de la demande induit par une démographie galopante, l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation et la desserte en eau et en assainissement des quartiers défavorisés.

1.2 Fiche technique de l'Entreprise :

Le tableau suivant représente la fiche technique de la société LYDEC :

Siège social	48 rue Mohammed DIOURI Casablanca
Forme juridique	Société anonyme
Capital	5.200.000.000 DH
Effectifs à LYDEC	3500 personnes
Effectifs à la DEE	199 personnes
Registre de commerce	80617
Identité fiscal	01085706
Patente	32 400 265
Directeur Général	Jean PASCAL DARRIET
Directeur de la DEE et EP	Christophe ROSSO
Tel service	0523 31 13 00
Tel service dépannage	0523 31 20 20
Fax	05 22 54 98 07
Adresse site web	www.lydec.ma
Activités	Electricité 73%, Eau 21%, Assainissement 7%

Tableau 1 : Fiche signalétique de la LYDEC

1.3 Actionnariat :

La LYDEC est détenue par trois actionnaires principaux, le reste est flottant sur la bourse. En effet, elle est détenue en pourcentage par :

*SUEZ ENVIRONNEMENT (51%) : a centré son développement prioritairement autour de métiers de l'eau et la propreté.

*FIPAR HOLDING (19.75%) : est une filiale du premier investisseur institutionnel du royaume

*RMA WATANIYA (15%) : première compagnie d'assurance du Maroc, née de la fusion des deux compagnies RMA et Al Watanya, occupant la première place sur le marché marocain avec plus de 23% des parts.

*Actions en bourse (14.25%) : LYDEC a été introduite avec succès à la Bourse de Casablanca le 18 juillet 2005. 1919 collaborateurs de l'entreprise ont participé à cette introduction en bourse.

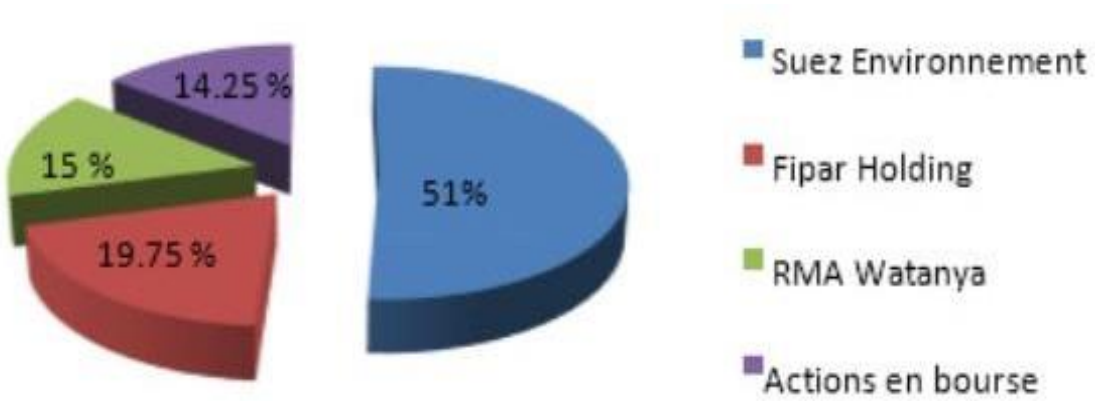


Figure 1 : Actionnaires de LYDEC

1.4 Historique de l'entreprise :

La LYDEC assure ses activités au sein du périmètre délégué depuis le 1er Août 1997. Le tableau suivant récapitule les principales étapes de développement de la Lyonnaise des Eaux de Casablanca depuis sa création.

1995	- Création de Lydec, filiale du groupe Suez.
1997	- Signature en avril du contrat de gestion déléguée par l'Autorité Délégante, l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et Lydec (le Délégataire). Début des activités en août.
2003	- Le périmètre de la gestion déléguée inclut les Communes urbaines de Casablanca, Mohammedia et Aïn Harrouda, ainsi que 12 communes périphériques
2005	- Introduction en bourse.
2009	- Signature d'un avenant au contrat de gestion déléguée par l'Autorité Délégante, l'Autorité de Tutelle (Ministère de l'Intérieur) et Lydec (le Délégataire), qui concrétise et finalise la première révision du contrat (2006 2009). Intégration de la gestion de l'éclairage public, qui devient le 4e métier de Lydec.
2010	- Emprunt obligataire d'un montant de 1,2 milliard de dirhams pour le financement du programme d'investissement.
2013	- Mise en place des engagements de service grand public

Tableau 2 : Dates clés de la Lydec

1.5 Objectifs de la LYDEC :

Objectif 1 : Améliorer la Visibilité et l'image de LYDEC

* Améliorer la relation clients, basée sur des engagements de services actualisés et partagés.

* Améliorer la qualité des travaux et des interventions.

* Augmenter la présence des managers sur le terrain, et leur efficacité.

Objectif 2 : Améliorer la performance et l'efficacité

* Adapter l'organisation pour améliorer les services, le mode de management et l'efficacité opérationnelle.

* Augmenter le rendement des réseaux.

Objectif 3 : Réussir la montée en puissance du quatrième métier de LYDEC : l'éclairage public

* Réussir la décentralisation pour plus d'efficacité et de proximité.

* Obtenir la certification ISO 9001 pour l'éclairage public.

* Réaliser des investissements visibles (points noirs, sécurité…).

Objectif 4 : Développer et promouvoir la politique du développement durable

* Mettre en œuvre les éco gestes : maîtrise des autoconsommations et préservation de la ressource, réduction des déchets (carburant, papier…).

* Respect du budget (maîtrise des charges d'exploitation y compris masse salariale).

1.6 Chiffre d'affaires :

Le tableau suivant montre le chiffre d'affaires en MDh à fin Décembre 2014 et 2015 pour les trois secteurs : l'assainissement, l'eau potable et l'électricité :

			Variation	
	2014	2015	%	MDH
Chiffre d'affaires Electricité	4 088	4 383	7,2%	295
Chiffre d'affaires Eau	1 172	1 253	6,9%	81
Chiffre d'affaires Assainissement	345	352	2,2%	8
Chiffre d'affaires fluides	**5 605**	**5 988**	**6,8%**	**383**
Chiffre d'affaires travaux & autres recettes	**1 222**	**946**	**-22,6%**	**-276**
Chiffre d'affaires global	**6 827**	**6 934**	**1,6%**	**107**

Figure 2 :Chiffres d'affaires de la LYDEC

1.7 Organigramme de la LYDEC :

L'organigramme ci-dessous illustre la hiérarchie des responsabilités aussi que les différentes directions de l'entreprise :

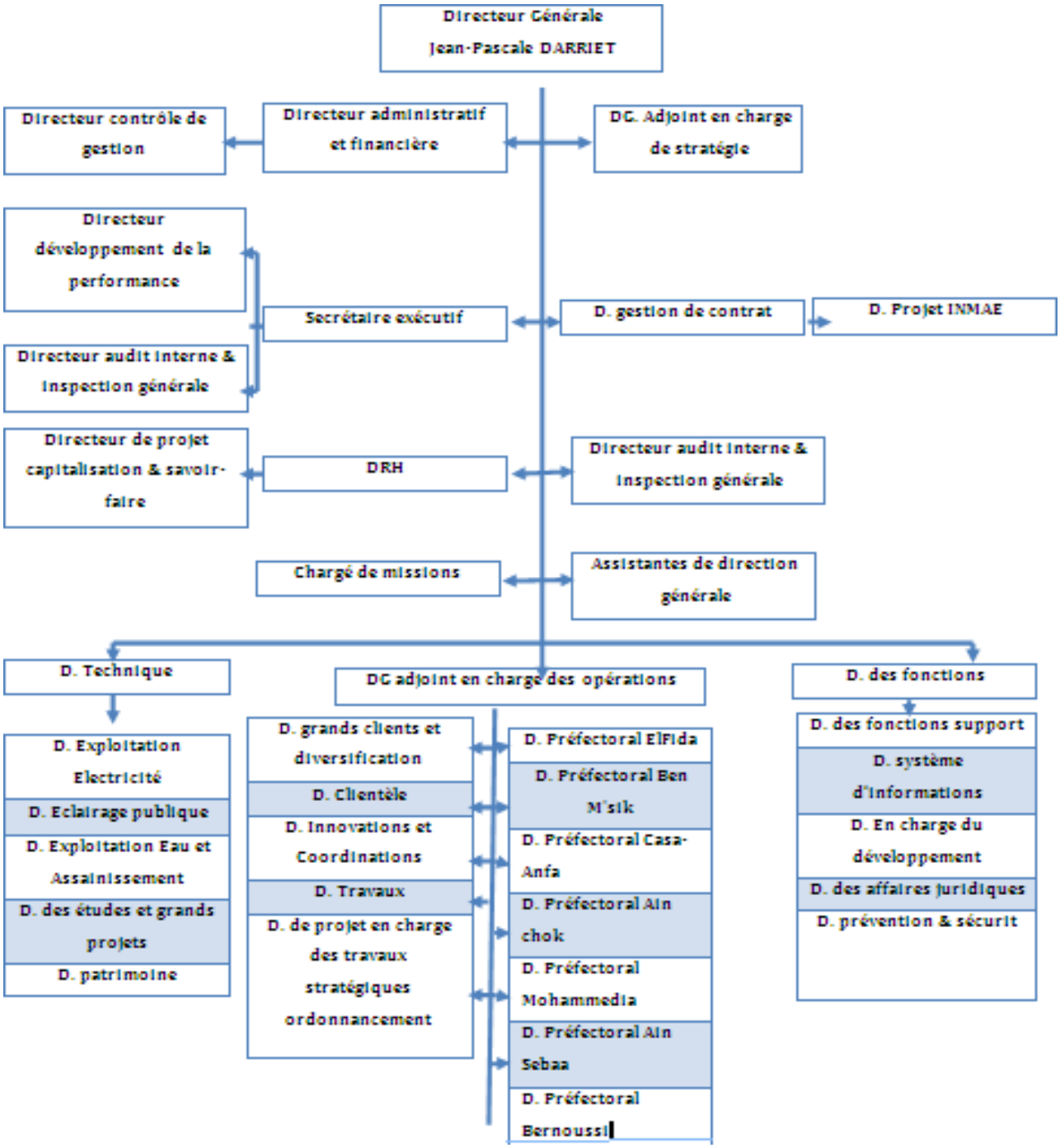


Figure 3 : Organigramme général de LYDEC

1.8 Les différents Services de LYDEC :

1-Service Clientèle :

Ce service est composé de :

*Chef de service

*Chef de section : Encaissement Recouvrement Contentieux.

-2 chefs de zone et agents (encaisseurs et coupeurs).

*Chef de section : Relève facturation.

-2 chefs de zone et agents (releveurs).

*Chef de section : Accueil Contrat Clientèle.

2-Service Exploitation d'Eau et d'Assainissement :

Le service DEEA composé d'un chef de service et des chefs de section (assainissement, eau et support, travaux eau et assainissement).C'est un service des interventions :

*Intervention urgence.

*Intervention travaux.

*Intervention maintenance et Entretien.

3-Service Exploitation Electricité :

Ce service Composé d'un chef de service, d'un agent support, de deux chefs de section (maintenance électricité et travaux électricité) et des opérateurs électricité.
Il a des objectifs à réaliser :

*Développement de l'infrastructure du réseau.

*Amélioration de la qualité de service.

*Augmentation du ratio de rendement électrique.

*Eclairage public

4-Cellule Ordonnancement :

Cette cellule composée d'un chef de la cellule et des agents ordonnanceurs, la mission principale de cette cellule qui traitent le dispatching des réclamations clients (fuite, coupure d'eau/d'électricité, inondation...).

Figure 4 : les quatre services de la LYDEC

1.9 Structure du réseau de distribution de LYDEC:

1-La DEE :

La Direction de l'exploitation d'électricité (D.E.E) se charge des tâches ayant des enjeux pesants économiquement et techniquement. Les missions de cette direction commencent par le transport de l'énergie en HTB, achetée à l'office national de l'électricité, ensuite la transformation et l'adaptation aux besoins, enfin la livraison aux différents abonnés.

La direction déploie des efforts afin de :

- Anticiper les besoins en puissance de la région de Casablanca et Mohammedia
- Améliorer la qualité du service auprès de ses clients
- Accroitre le rendement du réseau.

Elle est dotée de la structure suivante :

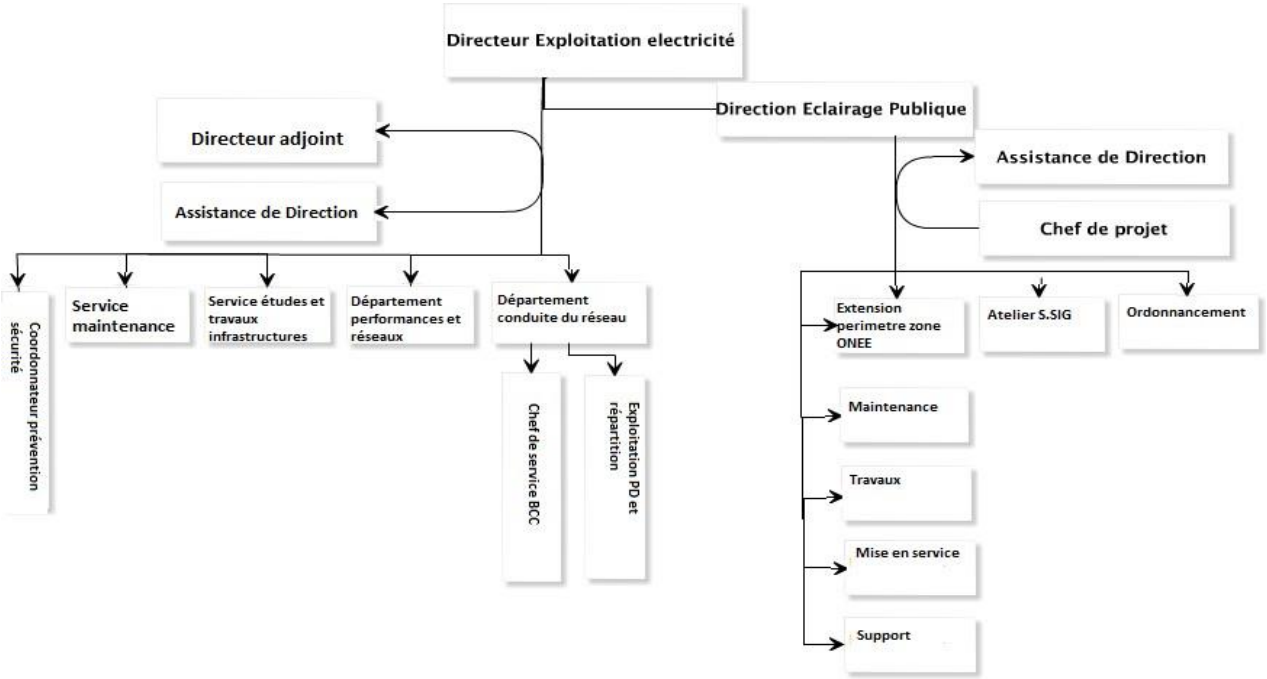


Figure 5 : La Direction de l'exploitation d'électricité

D'après l'organigramme de la DEE, j'ai effectué mon stage au sein du bureau central de conduite faisant partie du département Conduite Réseaux de la DEE.

2-Bureau Centrale de Conduite :

Le département Conduite Réseaux est constitué aussi d'un autre service c'est le BCC ayant comme fonction générale de gérer la supervision et le contrôle de tous le réseau de distribution.

Ses activités principales sont :

*La supervision des réseaux HTA.

* Suivi des puissances appelées.

* Commande à distance des postes HTA/BT.

Ainsi toutes les manœuvres et travaux effectuées au niveau des postes électriques sont informés au BCC afin de donner l'autorisation d'intervention dans les postes électriques.

Chapitre II :

Généralités sur le réseau de distribution électrique HTA de Lydec

2.1 Transport et distribution de l'énergie électrique :

1-Le réseau électrique :

Le réseau électrique est l'ensemble des équipements utilisés pour le transport de l'électricité entre les sources de production et les lieux d'utilisation. Le transport utilise une tension alternative suivant une fréquence de 50Hz. Les centrales de production comportent les centrales thermiques (pétrole, gaz, charbon, ...), nucléaires, éoliennes, énergie solaire et panneau photovoltaïques ou barrages hydroélectriques ou centrales marémotrices (se servant de la force des marées), plus quelques petites productions marginales comme la bioélectricité.

2-Les architectures de réseau électrique :

L'architecture d'un réseau de distribution électrique industriel est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise.

La nouvelle norme en vigueur en France UTE C 18-510 définit les niveaux de tension alternative comme suit :

HTB	Pour une tension composée supérieure à 50 kV.
HTA	Pour une tension composée comprise entre 1 kV et 50 kV.
BTB	Pour une tension composée comprise entre 500 V et 1 kV.
BTA	Pour une tension composée comprise entre 50 V et 500 V.
TBT	Pour une tension composée inférieure ou égale à 50 V.

Tableau 3:Les différents niveaux de tension

D'autres notations de la norme CEI 38 peuvent être utilisées, elles sont définies selon le tableau suivant :

HT	Pour une tension composée supérieure à 35 kV. Les valeurs normalisées sont : 45 kV - 66 kV - 110 kV - 132 kV - 150 kV - 220 kV.
MT	Pour une tension composée comprise entre 1000 V et 35 kV. Les valeurs normalisées sont : 3,3 kV - 6,6 kV - 11 kV - 22 kV - 33 kV.
BT	Pour une tension composée comprise entre 100 V et 1000. V. Les valeurs normalisées sont : 400 V - 690 V - 1000 V (à 50 Hz).

Tableau 4: anciennes nominations de niveau de tension

3-Structure général de la production, du transport et de la distribution d'énergie :

La fonction principale des réseaux de distribution et de transport est d'assurer la mise en commun de tous les moyens de production pour fournir l'énergie électrique aux différents utilisateurs.

Les points de production sont des centrales qui produisent l'énergie électrique provenant de diverses sources d'énergie primaire (nucléaire, hydroélectrique, charbon. . .) et naturellement les énergies renouvelables (éolienne, PV. . .).

Le réseau électrique est hiérarchisé en trois parties dont les fonctions actuelles sont très différentes. Tout d'abord, le réseau de transport a pour rôle de transporter l'énergie en très haute tension depuis les centres de productions jusqu'au premières zones de consommation. Le réseau de répartition alimente directement les gros consommateurs industriels puis achemine l'énergie jusqu'aux réseaux de distribution chargés d'approvisionner les consommateurs moyenne et basse tension.

Dans le cas général avec une alimentation en HTB, un réseau de distribution comporte Un poste de livraison HTB alimenté par une ou plusieurs sources, il est composée de :

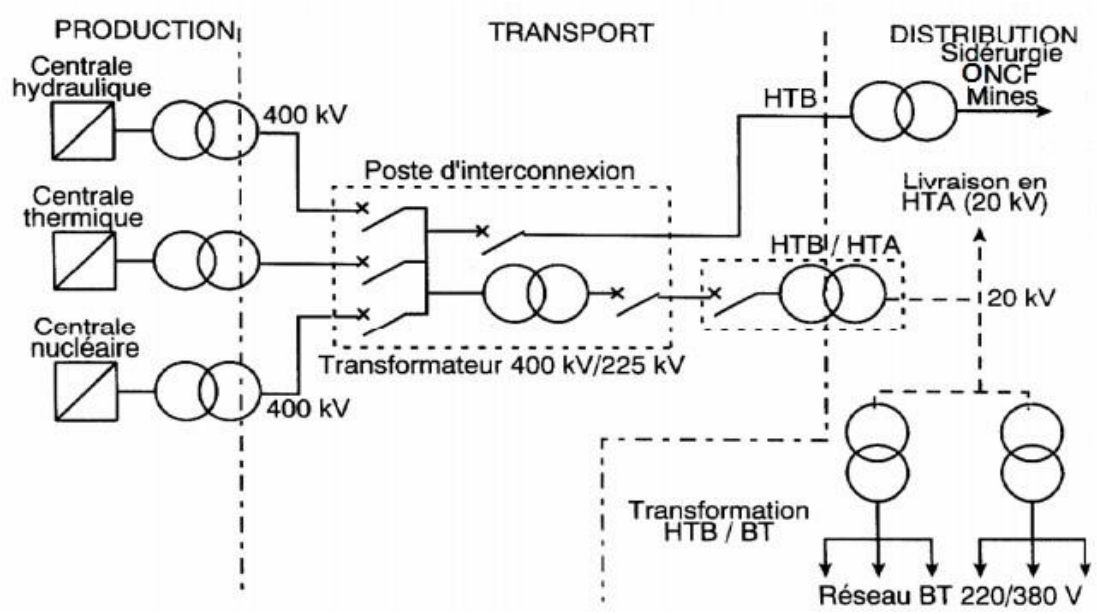


Figure 6 : Structure d'un réseau de distribution

Le réseau de transport, par son interconnexion, assure en permanence une liaison entre les centrales de production et les lieux de consommation.

Toutes les lignes à haute tension (HT) sont interconnectées, c'est-à-dire qu'elles sont reliées par des postes d'interconnexion assurant une continuité de service entre les lignes de même niveau de tension. Cela permet également:

* Ces échanges d'énergie entre les régions.

* Des échanges vers les pays voisins (exportation d'énergie).

* Lors d'un défaut sur une ligne, dans une centrale, l'alimentation par une autre ligne.

2.2 Les composants du réseau HTA :

Le réseau de distribution est constitué des niveaux techniques suivants, qui dépendent de la tension et du type d'ouvrage :

- **Les Postes sources :** Transformateurs HTB/HTA
- **Le Réseau HTA :** constitué de départs HTA
- **Les Postes DP :** Transformateurs HTA/BT
- **Le Réseau BT :** constitué de départ BT (idem HTA)
- **Les Branchements :** constitués de câble et de compteurs (pertes fixes)

A partir du poste MT (appelé poste source HTA) la distribution d'énergie électrique se fait en général en 20KV jusqu'à la sous-station MT (appelée poste HTA), qui peut être un poste HTA/BT du réseau public ou un poste client HTA. Les postes clients HTA sont appelés postes de livraison à comptage BT ou à comptage HTA.

➔ La puissance utilisée pour le calcul à chaque niveau est actualisée en fonction des pertes du niveau précédent et des éventuels soutirages ou injections.

1-Les postes sources HTB/HTA :

Un poste source est le point d'alimentation des lignes de distribution 20kV. Il est constitué de 2 transformateurs (ou plus) HTB/HTA qui peuvent être alimentés par 2 sources différentes. Il sert à :

- transformer une haute tension en moyenne tension
- diriger l'énergie électrique vers plusieurs canalisations haute tension, appelées **départs**

Un poste source comprend des transformateurs, des équipements de surveillance, de protection et de télécommande, des équipements de comptage d'énergie, voire des systèmes automatiques de délestage pour contribuer à la sûreté du système électrique

En fonctionnement normal, chaque transformateur alimente un jeu de barre. La continuité de service est optimisée par l'association de disjoncteurs qui permettent d'alimenter les 2 jeux de barres dans de nombreux cas de figures y compris en cas de panne d'un transformateur et comme en HTA d'autres schémas de distribution HTB sont possibles.

Le réseau de distribution de la LYDEC contient 10 postes source HTB/HTA **(60kV/ 20kV)** pour les PS situés dans la ville, et **(225kV/20kV)** ailleurs :

Numéro de poste source	Nom du Poste
1	CAMIRAN
2	CHAVIGNE
3	MOHAMMEDIA
4	ZENATA
5	SIDI OTHMANE
6	DAR BOUAZZA
7	LAAYOUNE
8	OULED HADDOU
9	AIN HARROUDA
10	ADE

Tableau 5 : Les différents postes source de la LYDEC

Figure 7 : Poste source O'led Haddou

Les postes source HTB/HTA sont parfois alimentés en antenne mais, le plus souvent, ils sont alimentés avec un jeu de barre recevant plusieurs arrivées (ou lignes) HTB.

Un ou plusieurs transformateurs HTB/HTA sont raccordés sur ces jeux de barre HTB simples ou multiples. A l'aval de ces transformateurs, des départs moyens tension partent d'un ou plusieurs jeux de barres HTA.

La Figure suivante illustre les différents postes source HTB/HTA usuels. Un départ est la portion du réseau dont l'extrémité amont est un poste source HTB/HTA et l'extrémité aval un organe de coupure normalement ouvert (si c'est un départ bouclé à un autre) et le dernier poste de distribution publique HTA/BT le cas échéant.

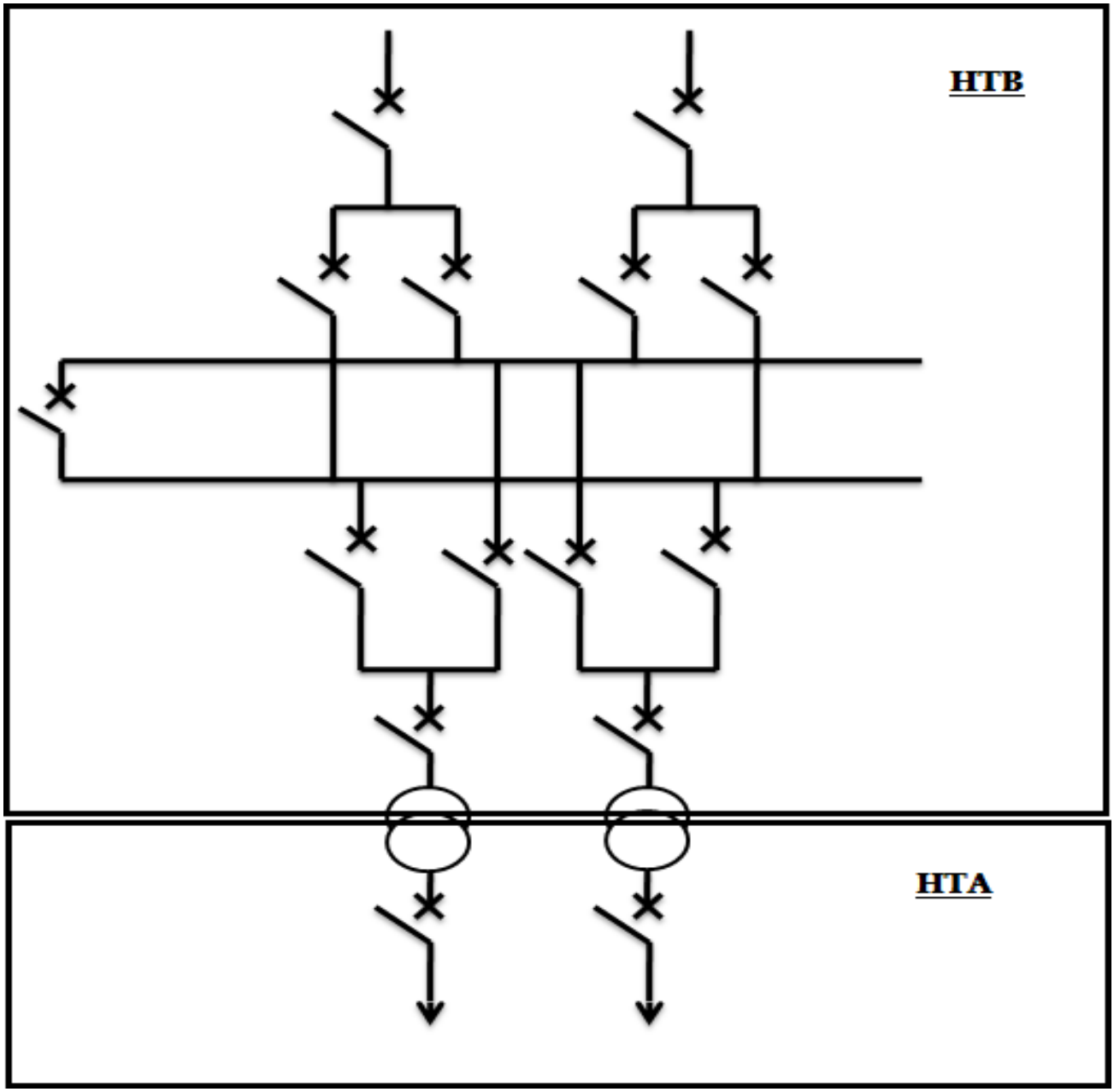


Figure 8 : Schéma d'un poste source en Double antenne – Double Jeu de barre

➔Dans notre stage on s'intéresse seulement à l'étude du transformateur T1 du poste source de DAR BOUAZZA départ D10 (DERB JEDID 4).

1-1 Poste source de DAR BOUAZZA :

Installé à Dar Bouazza ; à l'ouest de la ville Casablancaise. Il est alimenté par des arrivées de 225kV.

Équipé de trois transformateurs ayant en tension primaire 225kV et délivrant une tension secondaire 20kV avec une puissance apparente de 70 MVA.

Ce poste source achemine de l'énergie à près de 160.000 clients et 200 entreprises de la zone ouest de la métropole.

La figure suivante représente le schéma synoptique du poste source de DAR BOUAZZA :

Figure 9 : Schéma synoptique du poste source de DAR BOUAZZA

1-2 Le transformateur T1 de DAR BOUAZZA :

C'est un transformateur HTB/HTA, avec les caractéristiques suivantes :

- Une tension primaire de 225 kV
- Une tension secondaire de 20 kV
- Un couplage étoile-étoile, avec un indice horaire qui est égal à 0
- Un isolement diélectrique (Huile), avec un mode de refroidissement ODAF

Ce dernier alimente 173 postes (42 PCL et 131 PDP), qui sont distribués sur 7 départs :

- **FERRARA** (23postes)
- **SINDIPARC** (3postes)
- **AUX2** (12postes)
- **DERB DEJDID** (38postes)
- **HASSANI 3** (51postes)
- **HOPITAL CHEIKH KHALIFA** (1poste)
- **MLY THAMI 3** (45postes)

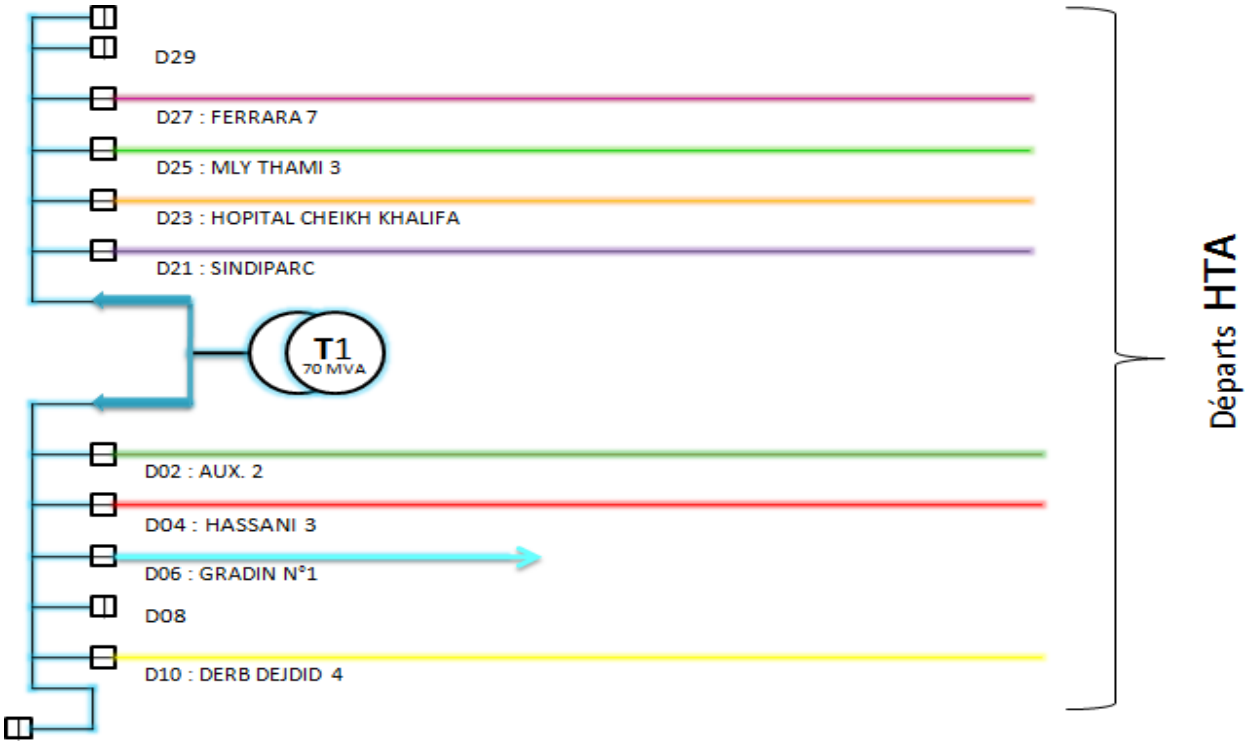


Figure 10 : Les départs HTA alimentés par le transformateur T1

Figure 11 : Transformateur T1 DAR BOUAZZA

2- Les Poste répartiteurs HTA/HTA :

Ces postes assurent la répartition de l'énergie électrique au sein du réseau urbain de la région CASABLANCA MOHAMMEDIA de telle sorte qu'il n'y est ni problèmes de surcharge sur le réseau HTA ni interruption de courant sans secours immédiat.

Ils sont composés de plusieurs cellules HTA de type ouvert, contenant des disjoncteurs de protection. Ils sont alimentés par des départs issus des postes sources appelés FEEDERS en anglais c'est alimentateurs ou nourrisseurs, (ce sont des postes liant le premier répartiteur au deuxième).

L'intérêt de ce poste consiste à:

- Diminuer les chutes de tension
- Réduire l'encombrement au niveau des postes sources

La figure suivante montre le couplage entre deux arrivées :

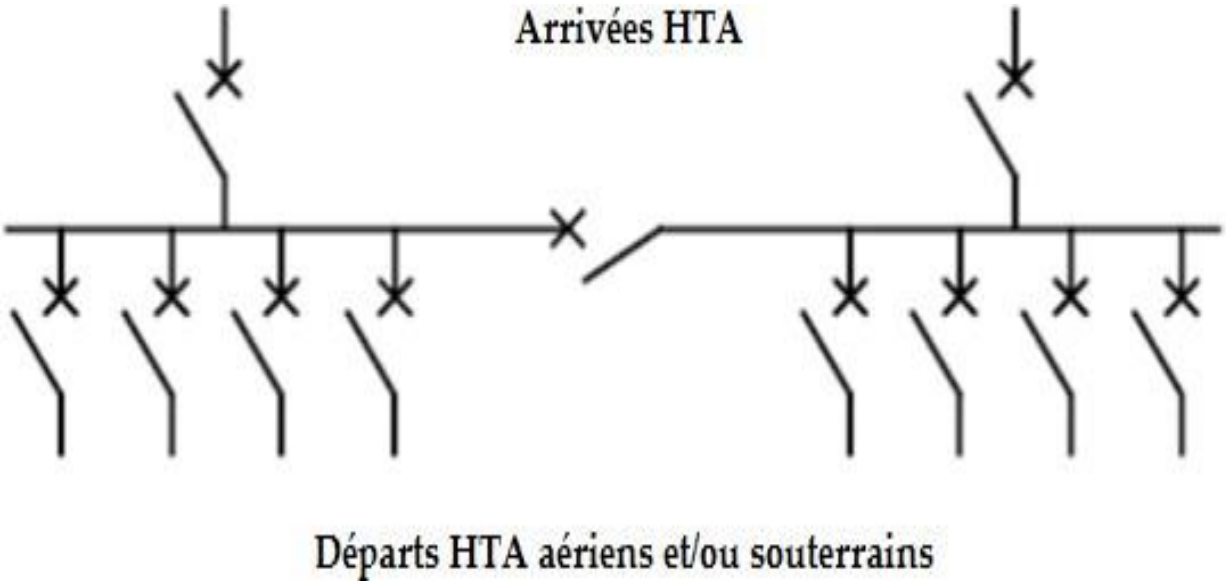


Figure 12 : Schéma d'un poste répartiteur

Le réseau de distribution de la LYDEC contient 5 postes répartiteurs HTA/HTA :

Numéro de poste répartiteur	Nom du Poste
1	BEAULIEU
2	MARINA 1
3	MARINA 2
4	QUISOM
5	SIDI OTHMANE

Tableau 6: Les différents postes répartiteur de la LYDEC

Ces derniers sont équipés par :

- Salle de batteries
- Un transformateur auxiliaire pour l'éclairage du poste
- Deux tableaux des cellules HTA

- Deux salles de transformateurs
- Un redresseur dont le rôle est d'alimenter les batteries ainsi que les appareils de protection.

2-3 Le réseau HTA :

Le réseau HTA est constitué par l'ensemble des départs issus des postes-sources. Le nombre de départs par poste-source varie de quelques unités à plusieurs dizaines.

Les départs HTA alimentent les postes des clients raccordés en HTA et les postes HTA/BT dits postes de distribution publique servant à l'alimentation des clients basse tension.

En règle générale et par construction, l'ossature d'un départ HTA est bouclée pour permettre de réalimenter rapidement la clientèle suite à coupure due à un incident. Ce bouclage est également utilisé pour assurer le secours des postes sources

Le niveau de la tension en HTA est 20 kV entre phases. Les lignes à 22 kV de distribution sont prépondérantes, elles s'étendent sur des dizaines, voire des centaines de kilomètres, et elles sont à structure arborescente radiale.

Les réseaux HTA aériens sont majoritaires en zone rurale, où la structure arborescente prédomine largement. Par contre en zone urbaine les contraintes d'encombrement, d'esthétique et de sécurité conduisent à une utilisation massive des câbles souterrains. Ces lignes sont protégées par des disjoncteurs HTA au niveau des postes sources et des organes de coupure de réseau.

➔Pour assurer la sécurité des équipements et du personnel qui exploite le réseau HTA, des protections suivantes ont était mise en place :

1- Protection départ HTA :

Qui est assurée par :

- Deux relais de phase qui permettent de protéger la ligne contre les défauts polyphasés et les surcharges qui peuvent l'affecter. Ils sont réglés en fonction de la charge maximale transitée et de la tenue du conducteur de la ligne.

- Un relais homopolaire alimenté par le courant résiduel résultant de la somme des trois courants qui transitent sur les trois phases.

2- Protection terre résistante :

Ces protections permettent de traiter les défauts à la terre qui ne sont pas détectés par les protections à maximum de courant. Il est assuré par un relai alimenté par le courant résiduel résultant de la somme des trois courants qui transitent sur les trois phases en utilisent un TC tore.

3- Des organes de coupure de réseau (OCR) sont installés, on site :

• **Disjoncteur réenclencher au Réseau :** Le DRR est un appareil qui assure les fonctionnalités classiques d'un disjoncteur, il est aussi manœuvrable à distanceavec un coffret de communication et contrôle

• **Interrupteur Aérien Télécommandé à creux de tension (IAT-CT) :** est un interrupteur aérien HTA automatique télécommandé qui permet d'isoler les zones défectueuses du réseau sans nuire à la continuité du service des autres zones saines.

2-4 Postes de transformation HTA /BT :

Il y a plusieurs postes HTA/BT de distribution publique (PDP) et clients (PC), il est intéressant de différencier entre ces deux types de postes. D'une part les postes de distribution publique sont des postes HTA/BT qui permettent la distribution de la basse tension (220/380V) à plusieurs clients voire un lotissement. D'autre part, on parle de postes clients qui sont des postes HTA/BT privés et qui ne servent qu'à l'alimentation d'un seul client par exemple une usine ou un supermarché.

Les postes de transformation comportent généralement :

Un bloc de cellules: qui alimentent le transformateur par une tension de 20KV.

***Cellule Arrivée**: Qui assure la liaison entre le transformateur local et le jeu de barres HTA.

***Cellule Départ :** Le rôle de cette cellule est d'alimenter, à partir d'un jeu de barres HTA le réseau HTA qui peut être souterrain, aérien ou mixte.

***Cellule de protection Transformateur :** Comme son nom l'indique, elle sert à protéger le transformateur local du poste. Elle comporte aussi trois fusibles de protection qui sont reliés au transformateur à l'aide d'un câble unipolaire PRC en cuivre.

Figure 13 : Cellule HTA préfabriqué

On peut trouver aussi des cellules motorisées qui peuvent être contrôlées à distance par le Bureau Central de Conduite (BCC). Les agents de ce bureau sont capables d'ouvrir ou de fermer les interrupteurs de ces cellules à distance. De plus, grâce à une antenne, le bureau récupère toutes les informations possibles concernant le poste (la charge, la tension, la puissance, la température des transformateurs).

Un transformateur: appelé transformateur local HTA/BT du poste. Il permet de transformer la moyenne tension 20KV en une basse tension 220/380 (tension simple

= 220V, tension composée = 380V).

La puissance installée: 100 KVA, 160 KVA, 250KVA, 400KVA, 630KVA, 1000KVA.

Figure 14 : Transformateur HTA/BT

Une aération basse et haute : En effet, il est fort possible que la température du transformateur augmente lors de son fonctionnement. C'est pour cette raison qu'il est primordial d'avoir un système de refroidissement. Plusieurs technologies sont utilisées pour le refroidissement d'un transformateur local tel que les ailettes ou les aérogénérateurs. En ce qui concerne la ventilation, l'air pénètre dans le poste grâce à l'aération basse et est ensuite absorbée par l'aération haute ce qui crée un courant d'air permettant de refroidir le transformateur.

Un relai BARDIN : permet la détection des défauts au niveau des câbles électriques souterrains. En effet, si entre deux postes voisins, le relai du premier poste clignote, cela signifie que ce poste a détecté le défaut. Par conséquent, il est primordial de vérifier le relai du deuxième poste. Si celui-ci ne clignote pas, cela veut dire que le deuxième poste n'a pas détecté le défaut. Ce dernier est donc localisé entre les deux postes. Ainsi, le relai facilite les manœuvres en cas de défaut dans une liaison souterraine.

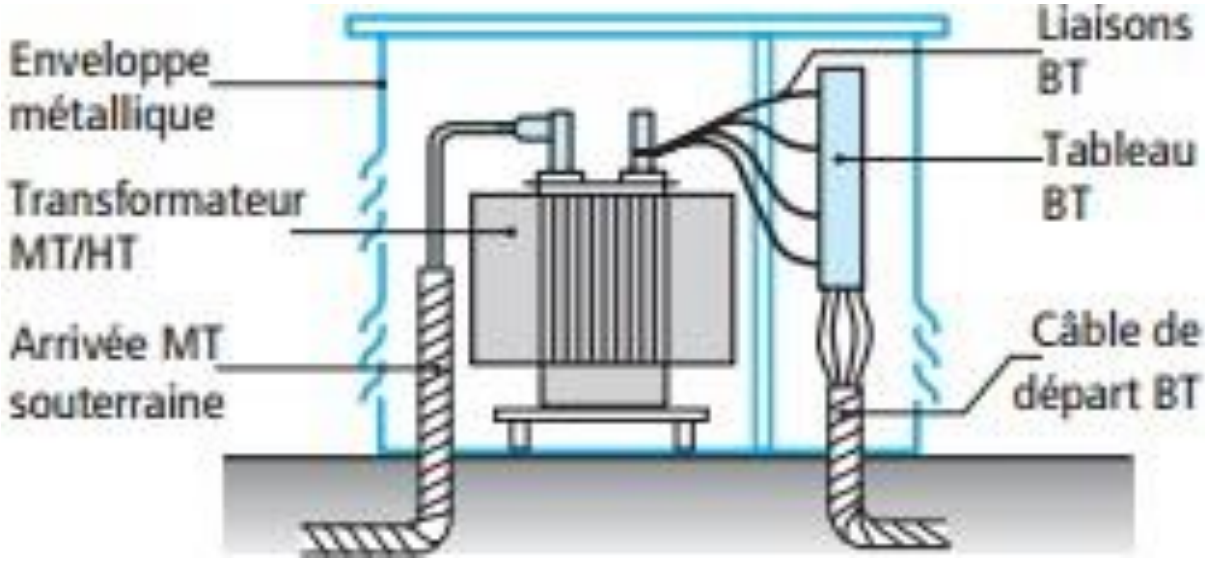


Figure 15 : Poste de distribution préfabriqué

1- Les Postes client (PCL):

Le réseau de Lydec contient plus de 529 postes client. La figure suivante présente le schéma d'un poste client :

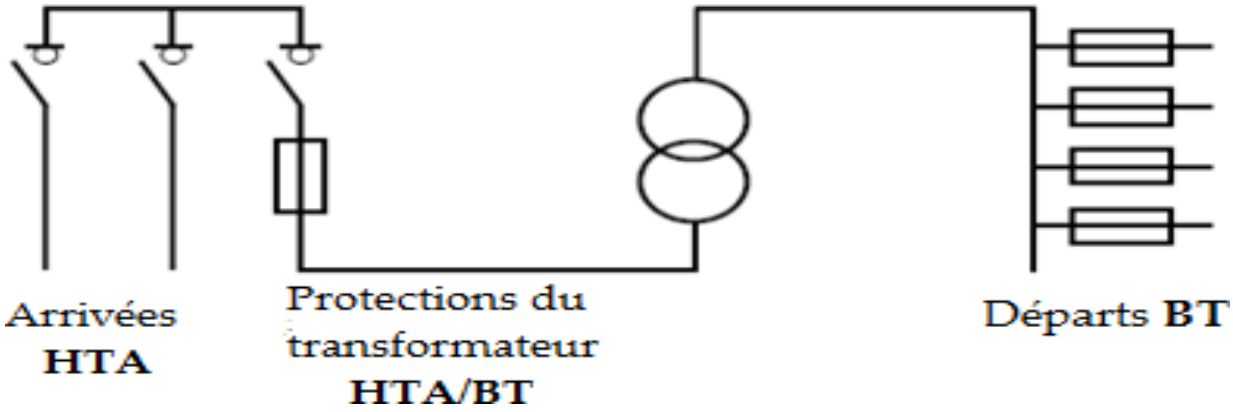


Figure 16 : Schéma d'un PCL

2- Les Postes de distribution publique (PDP) :

Le réseau de LYDEC contient plus de 3000 postes de distribution publique. Ces derniers sont constitués en générale :

- D'une ou plusieurs cellules arrivées et départs HTA pour assurer sa mise en boucle dans le réseau.
- D'une ou plusieurs cellules de protection de transformateur HTA/BT.
- D'un ou plusieurs transformateur HTA/BT.
- D'un détecteur de défaut.
- D'un automate de télégestion de postes télécommandés.
- D'un tableau urbain réduit.
- D'un tableau d'éclairage public.

➔ La figure suivante présente le schéma d'un PDP:

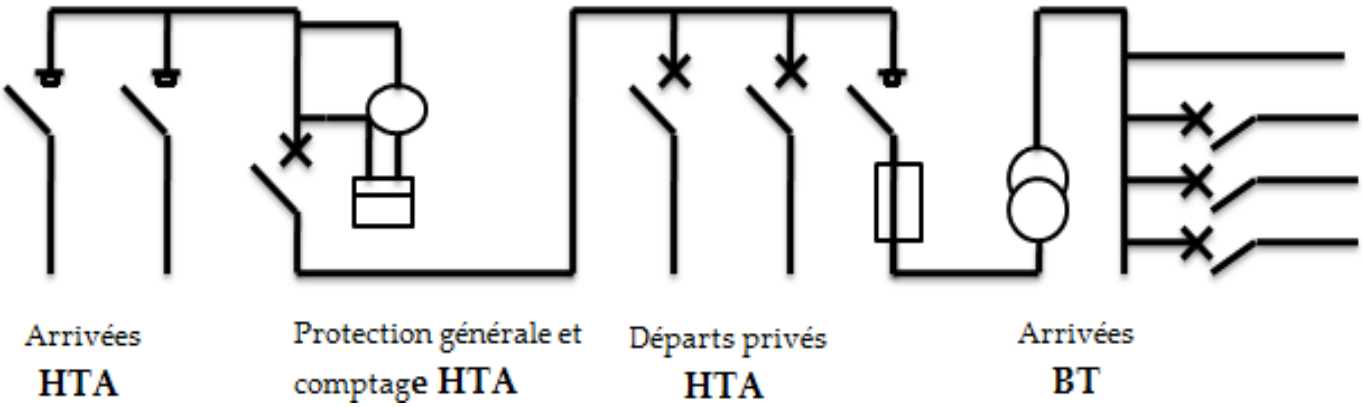


Figure 17 : Schéma d'un PDP

2-5 Les branchements :

1- Les câbles HTA:

Les câbles sont des conducteurs isolés, permettant le transport de l'énergie électrique. Les conducteurs d'un câble sont formés d'un ou de plusieurs fils torsadés ensemble dans les fortes sections. Le matériau généralement utilisé est le cuivre ou occasionnellement l'aluminium

Les câbles souterrains sont principalement employés, au moins jusqu'à présent, pour le transport et la distribution de l'énergie électrique dans les zones fortement urbanisées aux abords ou à l'intérieur des grandes villes, parfois pour résoudre des problèmes locaux particuliers, techniques ou d'environnement, pour lesquels la mise en œuvre de lignes aériennes est difficile ou impossible .

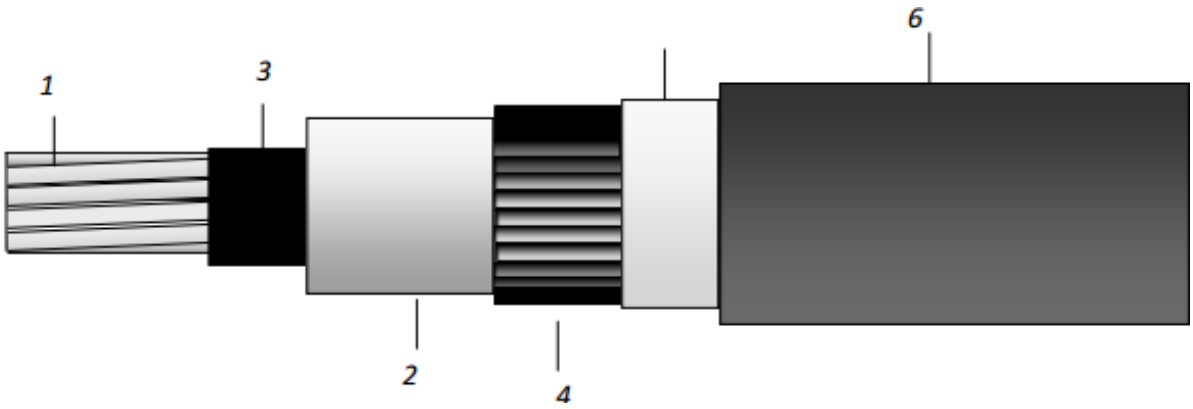


Figure 18 : Schéma d'un câble unipolaire

Avec :

1-Ame: rigide câblée en alu ou en cuivre de classe2

2- Ecran semi-conducteur extrudé

3- Isolant PR

4- Ecran semi-conducteur extrudé cannelé et pelable + poudre gonflante

5- Ruban alu adhérent à la gaine (posé en long)

6- Gaine en PVC de haute résistance mécanique

➔Les câbles utilisés dans le réseau HTA issu du poste source de DAR BOUAZZA sont des câbles en Aluminium, dont les sections 240mm² et 95mm² sont majoritaires. Ces derniers sont caractérisés par :

Caractéristiques	Section, mm²							
	50	95	150	240	240 CU.	400	630	1200
Résistance maximale d'un conducteur en courant continu à 20 °C, Ω / km	0,641	0,320	0,206	0,125	0,075	0,078	0,047	0,025
Résistance apparente d'un conducteur en courant alternatif 50 Hz et à 90 °C, Ω / km	0,820	0,410	0,265	0,160	0,088	0,102	0,063	0,038
Coefficient de self induction apparente d'un conducteur, mH / km (2)	0,440	0,400	0,350	0,330	0,330	0,320	0,295	0,280
Capacité apparente d'un conducteur, µF / km	0,180	0,220	0,300	0,360	0,360	0,400	0,470	0,620

Tableau 7 : Caractéristiques des câbles HTA

2- Les compteurs à mesure d'énergie :

Le compteur d'énergie effectue le comptage à partir du mesurage direct du produit U× $\boldsymbol{I}$ × $\boldsymbol{t}$ qui est l'énergie consommée par l'installation. Les compteurs électriques mesurent l'énergie électrique consommée. À partir de cette valeur, on peut aussi évaluer la puissance moyenne sur une période de temps donnée. La puissance est simplement donnée en divisant l'énergie comptabilisée par la période de temps.

Les compteurs utilisés par Lydec sont des compteurs MT880 (marque ISKRA). Ces derniers sont de classe de précision 0,5 et destinés à des mesures d'énergie plus précises.

Ils mesurent l'énergie active, réactive et apparente dans les deux sens et par quadrants ainsi que l'énergie consommée en triphasée trois fils ou triphasé quatre fils et peut être connecté directement ou indirectement par un transformateur.

Chapitre III :

Le rendement dans le réseau HTA issu du poste source de DAR BOUAZZA

3.1 Introduction :

Le rendement électrique est défini par le rapport entre la puissance entrante et la puissance fournie .Un rendement de 100 % signifierait que tout ce qu'on tire de la prise de courant est intégralement converti en puissance utile.

Malheureusement rien n'est parfait, les composants ne sont pas idéaux et ils ont tendance à chauffer sous le passage d'un courant car leur résistance électrique n'est jamais nulle. Tout engendre des pertes électriques ou magnétiques à des niveaux plus ou moins élevés.

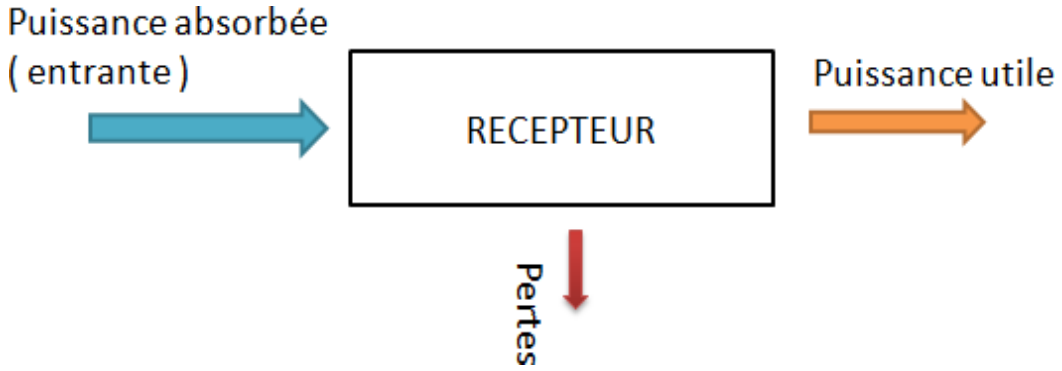


Figure 19 : Transit de la puissance dans un récepteur électrique

Energies non-vendues par les gestionnaires de réseau, les pertes sont engendrées par le passage de l'électricité sur le réseau de transport , d'ailleurs tous les gestionnaires insistent sur l'importance de l'identification des taux de pertes afin de les combattre avec un objectif d'optimisation et de réduction , ce qui peut permettre de réduire les coûts liés au rachat de l'énergie pour compenser celle qui a été perdues lors du transit de l 'énergie .

Il existe plusieurs types de perte suivant leurs provenances, parmi ces pertes on trouve les pertes au niveau du réseau HTA, et elles sont de deux types :

- **Les pertes non techniques(Commerciales).**
- **Les pertes techniques**

3.2 Les pertes non techniques (commerciales):

Elles résultent des dysfonctionnements de processus de mesure, de relève, de comptabilisation, de facturation et de recouvrement de l'énergie consommée par la clientèle. Leur importance dépend directement de la qualité de gestion de la clientèle.

Les origines de ces pertes ne sont pas toujours évidentes et ne peuvent être mesurées, parmi c'est origines on trouve :

- **Vol d'électricité :** des clients soutirent l'énergie électrique du réseau de distribution d'une manier illégale.
- **Anomalie de compteur :** il est dû au mauvais fonctionnement du compteur à cause du vieillissement, ou un trafic au niveau de son réglage.
- **Erreur de relevé et/ou de saisie :** le relevé se fait manuellement par des agents parfois non qualifiés, ce qui provoque des erreurs de relevé, ainsi que des erreurs de saisie au niveau de l'agence commerciale peuvent se produire.

3.3 Les pertes techniques :

Les pertes techniques sont celles qui résultent du transit d'énergie active et réactive dans le réseau au cours de processus de transport. Leur volume (ou quantité) dépend directement des caractéristiques des ouvrages existants et de leurs modes d'exploitation. Ces pertes proviennent à partir des éléments constitutifs du réseau. Par exemple, des joints mal ajustés au niveau des conducteurs, des isolateurs cassés, mais aussi les pertes par effet joule dans les lignes.

Le réseau de distribution HTA est constitué des niveaux techniques suivants :

- **Poste source HTB/HTA**
- **Réseau de distribution HTA**
- **Postes MT/BT**
- **Réseau de distribution BT**

Chacun de ces niveaux génèrent une proportion des pertes techniques qu'il faut déterminer.

1- Pertes du poste source HTB/HTA:

Dans un poste source on constate des pertes au niveau du transformateur HTB/HTA, comme les câbles et les jeux de barres ont des faibles longueurs on les néglige, donc le calcul des pertes dans le poste source ce résume au calcul des pertes au niveau de transformateurs. Les pertes de transformateur sont les pertes fer et les pertes à effet joule :

- **Pertes fer :** sont les pertes à vide.
- **Pertes à effet joule :** sont les pertes en charge.

➔On plus des pertes du transformateur, une partie de l'énergie est utilisée pour alimenter les parties auxiliaires du poste source (éclairage, protections, disjoncteurs, …)

2- Pertes dans le réseau HTA :

L'un de très grands intérêts de l'énergie électrique est de se distribuer seule et sans bruit, toute fois une partie de l'énergie distribuée se dissipe en chaleur, par effet joule dans la résistance des câbles de la ligne.

⌗ **L'effet joule :** correspond à l'énergie dissipée sous forme de chaleur lorsqu'un courant circule dans un conducteur.

Si trop d'électrons circulent (intensité) et se bousculent, ou si le conducteur n'est pas suffisamment conducteur (résistance), il y a échauffement : l'électricité transformée en chaleur n'est plus utilisable en tant que telle, on parle de pertes par effet Joule.

Les pertes en ligne sont donc dues principalement à l'effet Joule, qui dépend essentiellement de l'intensité et de la résistance : plus celles-ci sont élevées, plus l'effet Joule, et les pertes qui en découlent, sont importants.

⇨ Dans une ligne triphasé les pertes à effet joules sont données par :

$$Pertes = 3 \times R \times I^2$$

Avec :

- P : pertes par effet Joule en W
- R : résistance en Ω
- I : intensité du courant en A

Pour calculer les pertes du réseau HTA, il faut déterminer le courant qui transite chaque tronçon de la ligne HTA, et sa résistance qui est déterminée par le type de câble utilisé et sa longueur. Plus celles-ci sont élevées, plus l'effet Joule, et les pertes qui en découlent, sont importants.

- **Résistance d'un fil conducteur :** La résistance d'un conducteur électrique se détermine à partir de la relation suivante :

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

Avec :

- ρ : résistivité du câble en Ω.mm²/m
- l : longueur du câble en m
- S : section du câble en mm²
- R : résistance en Ω

Résistivité ρ à 27 °C(Ω.m)	
Argent	$1{,}6 \times 10^{-8}$
Cuivre	$1{,}7 \times 10^{-8}$
Or	$2{,}2 \times 10^{-8}$
Aluminum	$2{,}7 \times 10^{-8}$
Fer	$10{,}4 \times 10^{-8}$
Carbone	$3\,500 \times 10^{-8}$

Tableau 8 : Résistivité de quelques matériaux

- **Le courant du transit :** le courant transporté, dépend de la puissance distribuée et de la tension de distribution, soit :

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

D'où :

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

3- Pertes de transformateur HTA/BT: C'est la somme des pertes au niveau des transformateur HTA/BT qui existe dans le réseau de distribution il se calcule par la relation suivante :

$$W = W_{fe} + W_{cu} \times (S/S_n)^2$$

où :

- W = pertes totales du transformateur en charge réelle [W]
- W_{fe} = pertes fer (constantes) [W]
- W_{cu} = pertes en court-circuit à la charge nominale [W]
- S_n = puissance nominale du transformateur [VA]
- S = charge appliquée aux bornes [VA]

Puissance apparente (KVA)	160	250	400	630
Tension primaire (KV)	20	20	20	20
Tension secondaire (V)	400	400	400	400
Pertes à vides (W)	460	650	930	1300
Pertes en charge (W)	2350	3250	4600	9500
Tension de court de circuit (%)	0.04	0.04	0.04	0.04
Courant à vide (%)	0.022	0.021	0.019	0.018
ΔU à cos φ =1	0.0144	0.0137	0.0122	0.0111
Rendement à cos φ =1	0.9837	0.9847	0.9867	0.9878
Résistance primaire (mΩ)	0	0	0	0
Inductance Primaire (mH)	0	0	0	0
Résistance fer (KΩ)	230.67	205.13	143.37	102.56
Inductance de magnétisation (H)	302.58	242.52	167.53	112.28
Résistance secondaire (mΩ)	10.21	8.77	4.88	2.82
Inductance secondaire (mH)	0.0857	0.0778	0.0494	0.0316

Tableau 9 : les caractéristiques des transformateurs HTA/BT

3-4 Calcul du rendement dans le réseau HTA issu du transformateur n°1 du poste source de DAR BOUAZZA :

Comme je l'ai indiqué dans ce qui précède, les pertes dans le réseau sur lequel on fait notre étude sont les pertes dans les lignes, qui sont la somme des pertes par effet joule entre chaque couple de nœuds calculées par la relation simple de (Pertes=3×R×I^2).

Avant de tout faire, il fallait tout d'abord déterminer :

La résistance pour chaque tronçon :

La résistance d'un câble comme je l'ai déjà dit, se détermine d'après la relation de :

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

Ou par la relation de R= Rlin ×L, avec :

- R : la résistance du câble en Ω
- Rlin : la résistance linéique du câble en Ω/km
- L : longueur du câble en km

Dans notre cas on savait le type des câbles utilisés, ils sont des câbles en aluminium avec deux types de section ; 240 mm² (HTA s23) et 95 mm² (HTA s22), cela nous a permet de connaitre la résistance linéique de ses câbles d'après leurs caractéristiques.
D'où nous avons :

Section de câbles (mm²)	Résistance linéique (Ω/km)
240	0,160
95	0,410

Tableau 10 : Résistances linéiques des 7 départs

D'après ces données et vu qu'on nous avons la longueur entre chaque couple de nœuds, j'ai pu calculer les résistances dans chaque tronçon, en utilisant la deuxième relation de calcul de résistance que j'ai cité précédemment.

La figure suivante montre le découpage du départ en plusieurs tronçons de longueurs différentes (exemple : départs D10 Derb Jedid 4)

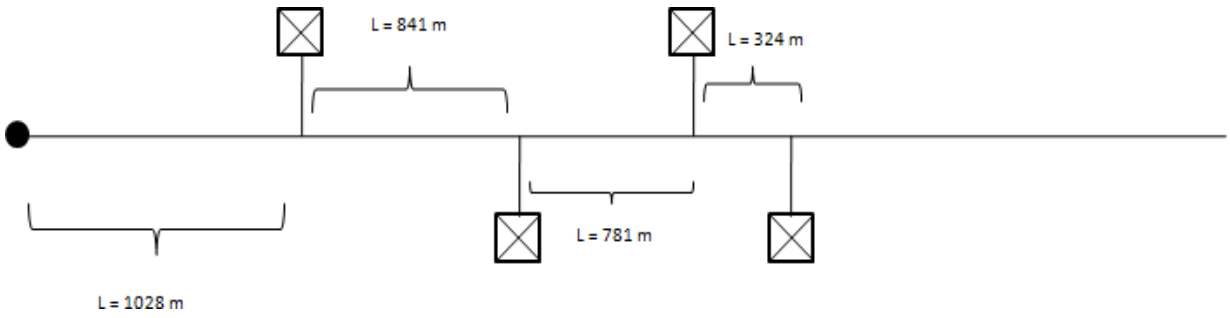


Figure 20 : Découpage d'un câble en plusieurs tronçons

Apres avoir déterminé les résistances de chaque tronçon on devait déterminer :

Le courant qui circule dans chaque segment :

Comme je l'ai déjà cité, le courant transporté, dépend de la puissance distribuée et de la tension de distribution, On suppose que la tension de distribution en moyenne tension étant fixe à 20Kv.

Grace à des compteurs de mesure installés sur chaque poste de distribution, nous

avons les puissances appelées aux moments de pointe maximale pour chaque poste. De plus nous avons le courant de pointe maximale de chaque départ, d'où on a pu calculer la puissance apparente absorbée par chaque départ au moment de pointe maximale,

D'après la relation :

$$Pa = \sqrt{3} \times U \times I$$

La figure suivante illustre le transport de la puissance du départ (exemple : le départ D10 Derb Jedid4) :

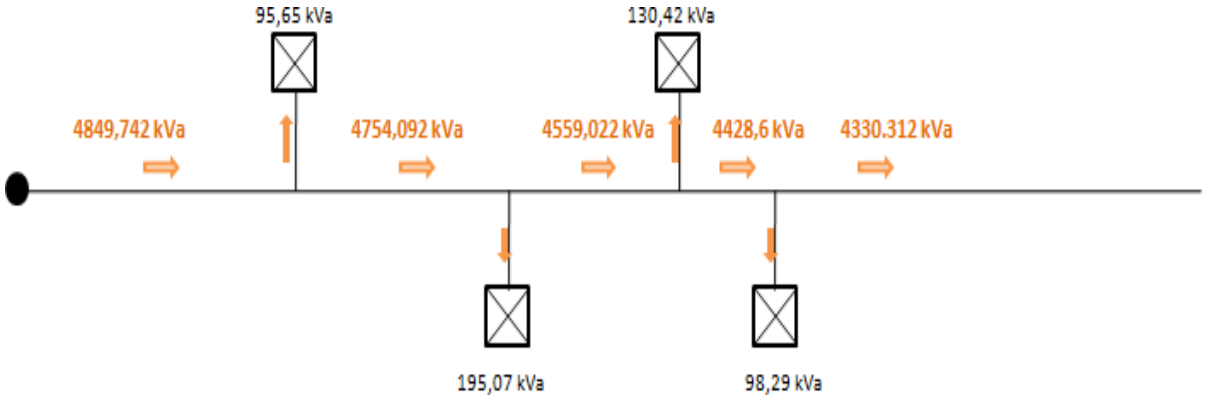


Figure 21 : Transition de la puissance dans un départ

D'après ces puissances j'ai pu calculer le courant circulant dans chaque tronçon, en appliquant la relation simple de :

$$I = \frac{Pa}{\sqrt{3} \times U}$$

Et après avoir calculé la résistance et le courant de chaque tronçon de ligne, j'ai calculé les pertes engendrées sur chaque tronçon, puis sur tout le réseau étudié grâce à la relation :

$$\text{Pertes}_{\text{tot}} = \sum_{k=0}^{n} \text{Pertes} = \sum_{k=0}^{n} 3R \times I^2$$

➔Et on a trouvé que ces pertes sont égales à **104170,062 W**.

Et après avoir calculé les pertes de chaque tronçon de ligne, il nous reste qu'à calculer les pertes au niveau du transformateur HTA/BT et cela avec la relation suivante :

$$W = W_{fe} + W_{cu} \times (S/S_n)^2$$

Le tableau si dessous illustre et résume tous les transformateurs et leurs caractéristiques de chaque poste du départ D10 Derb Jedid4 :

Poste	Puissance installée (Kva)	Taux de charge des transfos	Smax(Kva)	Pmax(Kw)	Qmax(Kvar)	Facteur de puissance	Pertes à vides (W)	Pertes en charge (W)	Pertes transfo (W)
AL KASBAH 2	400	50,5%	202,16	186,7	77,54	0,92	930	4600	2104,97
IBNOU SINA 4	400	67,1%	268,49	237,7	124,84	0,89	930	4600	3002,50
DERB JDID 2	400	77,3%	309,32	290,18	107,12	0,94	930	4600	3680,77
HASSANI 8	630	44,3%	278,85	260,44	99,64	0,93	1300	9500	3161,16
DERB WIDAD	630	35,6%	224,32	214,71	64,95	0,96	1300	9500	2504,42
SIDI ABDERAHMAN 8	400	37,0%	148,06	142,69	39,51	0,96	930	4600	1560,25
ESHAMSS 1	400	60,9%	243,53	233,37	69,61	0,96	930	4600	2635,07
BRAHIM	250	63,8%	159,57	158,52	18,28	0,99	650	3250	1974,05
SAINT GAUDIENS	630	59,9%	377,61	373,27	57,09	0,99	1300	9500	4712,95
PAVILLON	250	40,7%	101,66	101,13	10,37	0,99	650	3250	1187,41
FATMA 2	250	46,2%	115,53	114,37	16,33	0,99	650	3250	1344,05
AMINA	250	84,6%	211,58	208,43	36,37	0,99	650	3250	2977,84
YAACOUB MANSOUR 11	250	81,0%	308,61	304,93	47,52	0,99	650	3250	5602,49
YAACOUB MANSOUR 10	400	85,9%	343,79	330,77	93,72	0,96	930	4600	4328,01
YAACOUB MANSOUR 9	400	43,9%	175,49	173,47	26,55	0,99	930	4600	1815,41
YAACOUB MANSOUR 7	250	34,6%	86,46	85,91	9,74	0,99	650	3250	1038,72
YAACOUB MANSOUR 2	250	79,0%	197,55	193,77	38,46	0,98	650	3250	2679,35
YAACOUB MANSOUR	250	58,3%	145,76	140,34	39,38	0,96	650	3250	1754,79
FOUZIA 2	250	44,5%	111,25	109,26	20,95	0,98	650	3250	1293,58
SIDI ABDERAHMAN 7	250	28,8%	72,1	68,2	23,39	0,95	650	3250	920,32
CITE DE L'AIR 3	160	1,7%	2,73	2,63	0,73	0,96	460	2350	460,68
FATMA	400	62,6%	250,47	247,54	38,20	0,99	930	4600	2733,64
GRAND CEINTURE 7	250	20,9%	52,17	51,81	6,12	0,99	650	3250	791,53
ACIMA 2	250	32,0%	79,99	73,6	31,33	0,92	650	3250	982,72
GRILLAGES MAROCAINS	160	3,1%	4,99	4,6	1,93	0,92	460	2350	462,29
NOUR 2	250	85,2%	213,07	200,74	71,43	0,94	650	3250	3010,74
AVIATIONS	630	24,6%	155,27	151,1	35,74	0,97	1300	9500	1877,06
ARRAYHANE	400	7,6%	30,48	30,25	3,74	0,99	930	4600	956,71
SARCELLES 2	400	39,9%	159,75	157,52	26,60	0,99	930	4600	1663,70
SARCELLES 1	630	29,1%	183,62	166,04	78,40	0,90	1300	9500	2107,02
YAACOUB MANSOUR 12	630	40,0%	251,7	235,44	89,00	0,94	1300	9500	2816,38
IRIS	400	56,6%	226,44	218,66	58,85	0,97	930	4600	2404,16
ROSES 1	630	36,6%	230,74	224,89	51,63	0,97	1300	9500	2574,35
ROSES 3	400	56,7%	226,96	207,1	92,85	0,91	930	4600	2410,94
									75530,00

Tableau 11: Résumé des pertes de chaque poste

Notre but maintenant c'est de vérifier le résultat étudié sur les perteset Pourcela on va procéder par une simulation du réseau.

La simulation de notre départ sera effectuée dans l'environnement SIMULINK/MATLAB.

1- L'environnement SIMULINK/MATLAB

L'environnement SIMULINK/MATLAB a retenu notre intérêt de part la maturité et la richesse de ses outils de développement et de vérification. L'approche de modélisation et de simulation adoptée est réalisée sous cet environnement en exploitant les différents outils existants, notamment SimPowerSystems.

SIMULINK/MATLAB sont des produits de Maths WorksInc., et sont utilisés pour le développement des techniques de calcul et de la conception basée sur les

modèles.

Matlab est destiné essentiellement à réaliser des calculs mathématiques, la visualisation, Simulink est l'extension graphique de Matlab et sert à la modélisation et la simulation des systèmes, cet environnement graphique est une plateforme de simulation multi domaines basée sur les flots de signaux d'entrée de sortie. Il contient un ensemble de librairies qui peuvent être adaptées et/ou enrichies aux besoins du concepteur.

Les modèles basés sur des diagrammes bloc se composent de blocs et de connexions (signaux), la relation entre les éléments de diagramme bloc et les signaux qui les connectent décrit le système dynamique. Cependant, dans la bibliothèque de Simulink on retrouve deux classes de blocs. La première classe représente les éléments constituants le système (blocs non virtuels) et la deuxième classe concerne les blocs qui n'ont pas de rôle dans le système (bloc virtuels : grain, multiplexeur..). Les blocs de Simulink sont constitués de : des générateurs de signaux, des observations des signaux, des systèmes continus et des éléments de gestions des signaux.

2- Processus de simulation sous Simulink

Dans cette section, nous donnons une brève description sur le fonctionnement de la simulation sous Simulink et aussi SimPowerSystems. La simulation consiste à calculer les états du système et les sorties pour une plage de temps. Simulink fait appel au compilateur qui convertit le modèle dans une forme exécutable et procède comme suit :

*Evaluation des expressions des modèles des blocs pour déterminer leurs valeurs.

*Détermination des attributs des signaux et test si chaque bloc peut accepter les signaux qui lui sont connectés.

*Réalisation des optimisations spécifiées dans le panneau pour la configuration des paramètres.

*Mettre è plat le modèle hiérarchique en remplaçant les sous-systèmes virtuels qui les composent.

*Détermination de l'ordre d'exécution des méthodes des modèles des blocs.

*Détermination des temps d'échantillonnage qui ne sont spécifiés explicitement de tous les blocs dans le modèle.

*Après cette phase, Simulink alloue la mémoire nécessaire à l'exécution du modèle.

3- SimPowerSystems :

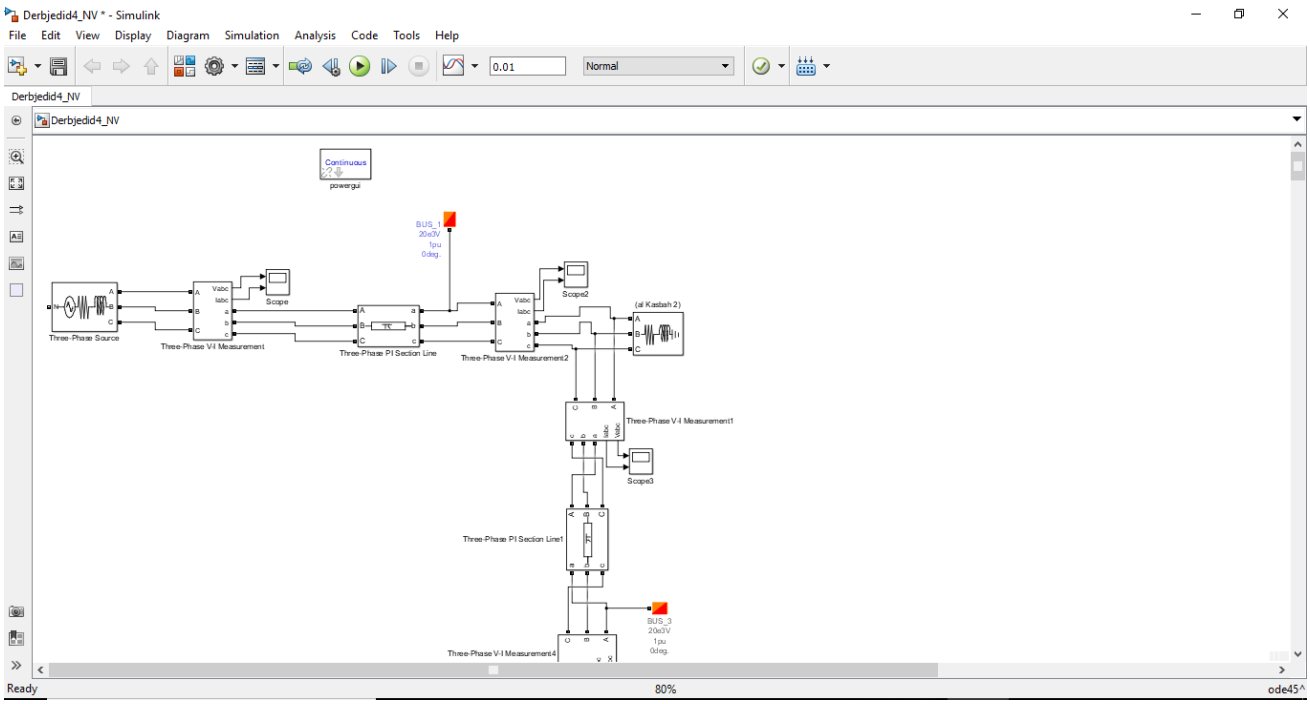
SimPowerSystems est un ensemble de composants électriques et mécaniques. Les composants sont à la base des éléments destinés à des simulations de l'électronique de puissance. SimPowerSystems repose sur l'utilisation des ports électriques au lieu des signaux. Les ports électriques traitent des courants et des tensions, et le schéma obtenu est celui d'un circuit électrique. Le compilateur de SimPowerSystems génère le modèle de l'espace d'état du circuit pendant la phase d'initialisation.

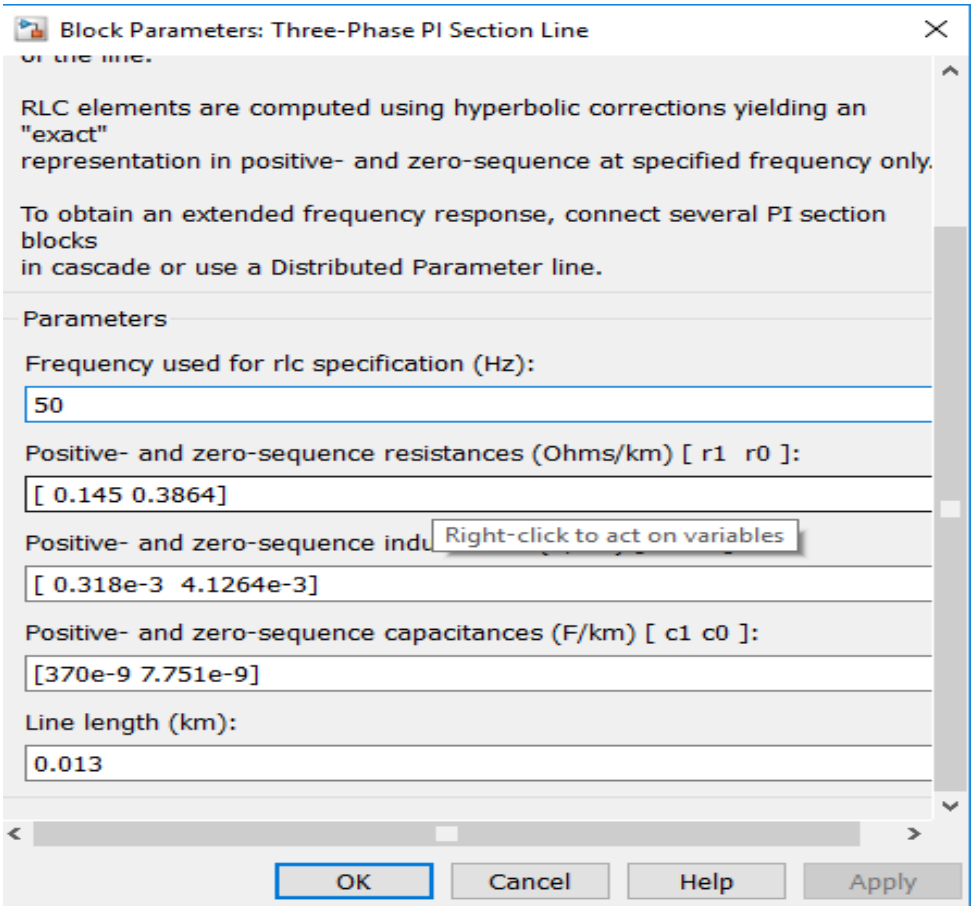
4- Modèle de simulation de réseau HTA issue de transformateur T1 de poste source DAR BOUAZZA

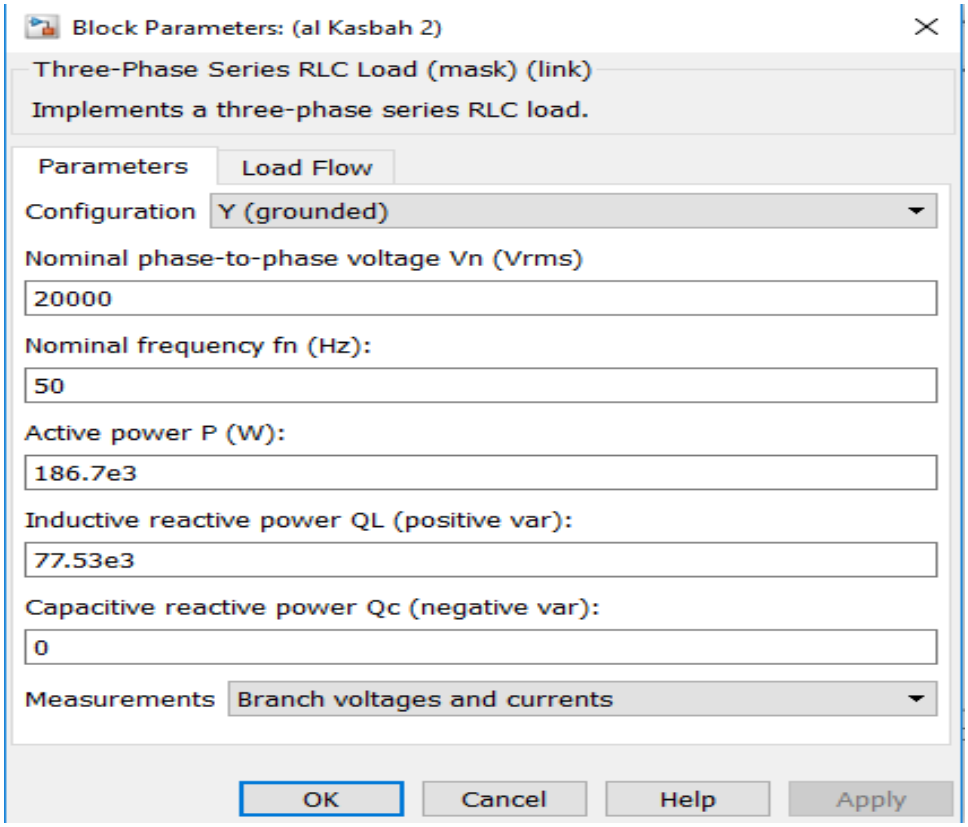
Dans ce modèle le poste source est modélisé par une source de tension triphasé de 20KV puisque les transformateurs du poste source sont tous équipés du régleur en charge de 21ème positions ce qui assure une tension de 20kv a la sortie du transformateur.

La librairie SimPowerSystems contient un bloc Powergui qui fait le calcul d'écoulement de puissance (Load Flow).

Le modèle de simulation est le suivant :




Block Parameters: Three-Phase PI Section Line
RLC elements are computed using hyperbolic corrections yielding an "exact"
representation in positive- and zero-sequence at specified frequency only.
To obtain an extended frequency response, connect several PI section blocks
in cascade or use a Distributed Parameter line.
Parameters
Frequency used for rlc specification (Hz):
50
Positive- and zero-sequence resistances (Ohms/km) [r1 r0]:
[0.145 0.3864]
Positive- and zero-sequence indu
Right-click to act on variables
[0.318e-3 4.1264e-3]
Positive- and zero-sequence capacitances (F/km) [c1 c0]:
[370e-9 7.751e-9]
Line length (km):
0.013
OK
Cancel
Help
Apply


Block Parameters: (al Kasbah 2)
Three-Phase Series RLC Load (mask) (link)
Implements a three-phase series RLC load.
Parameters
Load Flow
Configuration
Y (grounded)
Nominal phase-to-phase voltage Vn (Vrms)
20000
Nominal frequency fn (Hz):
50
Active power P (W):
186.7e3
Inductive reactive power QL (positive var):
77.53e3
Capacitive reactive power Qc (negative var):
0
Measurements
Branch voltages and currents
OK
Cancel
Help
Apply

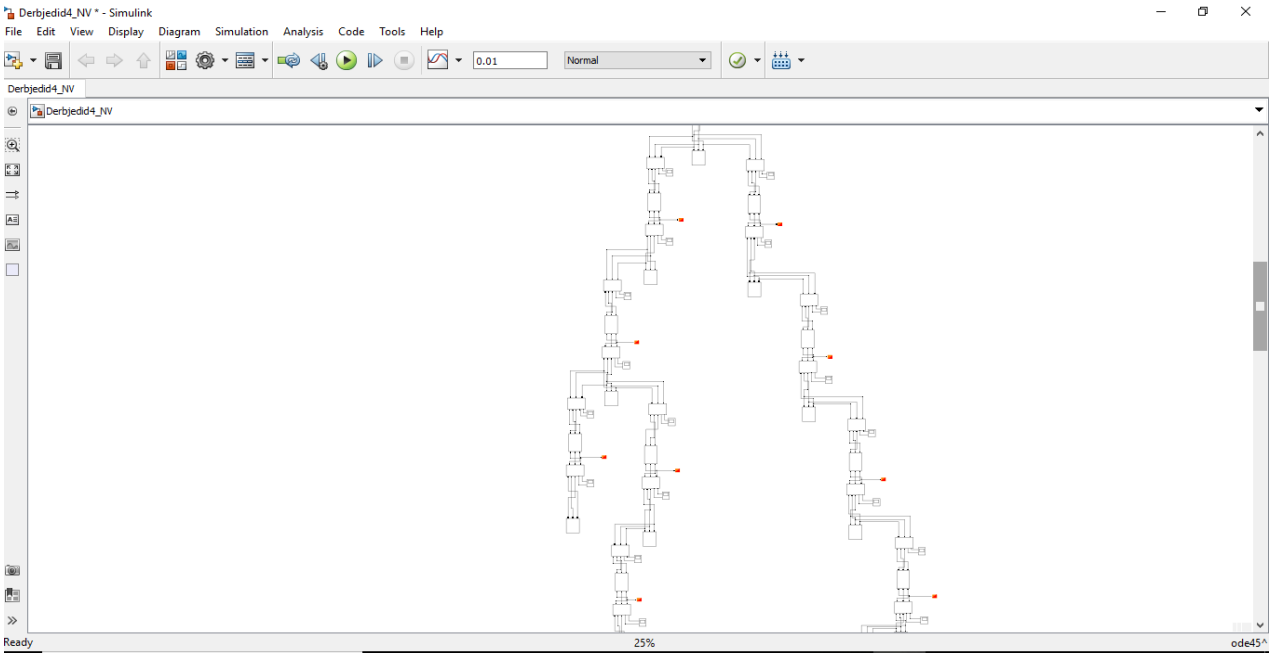


Figure 22 : schéma de modélisation de réseau HTA départ D10 DERB JEDID4 poste source DAR BOUAZZA dans Simulink

Ce modèle offre la possibilité de visualiser les courbes de tension et de courant de chaque poste et dans chaque point de réseau, on peut accéder aux valeurs des puissances dispersées dans chaque nœud, ainsi que la puissance globale appelée par le départ à travers le calcul de l'écoulement de puissance exercé par le bloc Power gui.

Le but de cette simulation est de visualiser les courbes de courants et de tensions et de faire un calcule de répartition de charges (load flow) pour pouvoir estimer les pertes dans les liaisons moyennes tension.

5- Résultats de load flow :

Le résultat de load flow pour la simulation du réseau HTA issu de poste source DAR BOUAZZA :

*P_LF : puissance active total appelé. (Absorbé)

* Q_LF : puissance réactive total appelé.

*V_LF : chute de tension.

Powergui Load Flow Tool. model: Derbjedid4_NV

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

Frequency (Hz): 50.0 Base power (VA): 7e+07 Max iterations: 50 PQ tolerance (pu): 0.0001

	Block type	Bus type	Bus ID	Vbase (kV)	Vref (pu)	Vangle (deg)	P (MW)	Q (Mv...	Qmin (Mvar)	Qmax (Mvar)	V_LF (pu)	Vangle_LF (deg)	P_LF (MW)	Q_LF (Mvar)	Block Nan
1	RLC load Z		BUS_1	20.00	1	0.00	0.19	0.08	-Inf	Inf	1.0000	-0.00	0.19	0.08	(al Kasbah 2)
2	RLC load Z		BUS_11	20.00	1	0.00	0.14	0.04	-Inf	Inf	0.9996	-0.02	0.14	0.04	(SIDI ABDERRAHMAN
3	RLC load Z		BUS_13	20.00	1	0.00	0.23	0.07	-Inf	Inf	0.9992	-0.03	0.23	0.07	(ESCAHMS 1)
4	RLC load Z		BUS_15	20.00	1	0.00	0.16	0.02	-Inf	Inf	0.9982	-0.05	0.16	0.02	(Brahim)
5	RLC load Z		BUS_17	20.00	1	0.00	0.11	0.02	-Inf	Inf	0.9979	-0.06	0.11	0.02	(Fouzia 2)
6	RLC load Z		BUS_19	20.00	1	0.00	0.37	0.06	-Inf	Inf	0.9977	-0.08	0.37	0.06	(saint gaudiens)
7	RLC load Z		BUS_3	20.00	1	0.00	0.24	0.12	-Inf	Inf	0.9998	-0.00	0.24	0.12	(ibnou sina 4)
8	RLC load Z		BUS_21	20.00	1	0.00	0.07	0.02	-Inf	Inf	0.9975	-0.07	0.07	0.02	(sidi abderrahman 7
9	RLC load Z		BUS_23	20.00	1	0.00	0.10	0.01	-Inf	Inf	0.9975	-0.10	0.10	0.01	(pavillon)
10	RLC load Z		BUS_25	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	0.9975	-0.07	0.00	0.00	(CITE DE L AIR 3)
11	RLC load Z		BUS_27	20.00	1	0.00	0.25	0.04	-Inf	Inf	0.9973	-0.08	0.25	0.04	(Fatma)
12	RLC load Z		BUS_29	20.00	1	0.00	0.11	0.02	-Inf	Inf	0.9973	-0.11	0.11	0.02	(fatma 2)
13	RLC load Z		BUS_31	20.00	1	0.00	0.05	0.01	-Inf	Inf	0.9971	-0.08	0.05	0.01	(GRAND CENITURE 7)
14	RLC load Z		BUS_33	20.00	1	0.00	0.21	0.04	-Inf	Inf	0.9971	-0.12	0.21	0.04	(Amina)
15	RLC load Z		BUS_35	20.00	1	0.00	0.07	0.03	-Inf	Inf	0.9971	-0.08	0.07	0.03	(ACIMA 2)
16	RLC load Z		BUS_37	20.00	1	0.00	0.30	0.05	-Inf	Inf	0.9969	-0.13	0.30	0.05	(yacoub manssour 11
17	RLC load Z		BUS_39	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	0.9970	-0.08	0.00	0.00	(Grillages Marocair
18	RLC load Z		BUS_5	20.00	1	0.00	0.21	0.06	-Inf	Inf	0.9997	-0.01	0.21	0.06	(Derb Widad)
19	RLC load Z		BUS_41	20.00	1	0.00	0.33	0.09	-Inf	Inf	0.9968	-0.14	0.33	0.09	(Yaacoub manssour 1
20	RLC load Z		BUS_43	20.00	1	0.00	0.20	0.07	-Inf	Inf	0.9968	-0.09	0.20	0.07	(NOUR 2)
21	RLC load Z		BUS_45	20.00	1	0.00	0.17	0.03	-Inf	Inf	0.9967	-0.14	0.17	0.03	(Yaacoub manssour 9
22	RLC load Z		BUS_47	20.00	1	0.00	0.15	0.04	-Inf	Inf	0.9967	-0.10	0.15	0.04	(AVITATION)
23	RLC load Z		BUS_49	20.00	1	0.00	0.09	0.01	-Inf	Inf	0.9967	-0.14	0.09	0.01	(Yaacoub manssour 7

Update Add bus blocks Compute Load Flow converged! Apply to Model Report Help Close

Powergui Load Flow Tool. model: Derbjedid4_NV

File Edit View Insert Tools Desktop Window Help

Frequency (Hz): 50.0 Base power (VA): 7e+07 Max iterations: 50 PQ tolerance (pu): 0.0001

	Block type	Bus type	Bus ID	Vbase (kV)	Vref (pu)	Vangle (deg)	P (MW)	Q (Mv...	Qmin (Mvar)	Qmax (Mvar)	V_LF (pu)	Vangle_LF (deg)	P_LF (MW)	Q_LF (Mvar)	Block Nan
13	RLC load Z		BUS_31	20.00	1	0.00	0.05	0.01	-Inf	Inf	0.9971	-0.08	0.05	0.01	(GRAND CENITURE 7)
14	RLC load Z		BUS_33	20.00	1	0.00	0.21	0.04	-Inf	Inf	0.9971	-0.12	0.21	0.04	(Amina)
15	RLC load Z		BUS_35	20.00	1	0.00	0.07	0.03	-Inf	Inf	0.9971	-0.08	0.07	0.03	(ACIMA 2)
16	RLC load Z		BUS_37	20.00	1	0.00	0.30	0.05	-Inf	Inf	0.9969	-0.13	0.30	0.05	(yacoub manssour 11
17	RLC load Z		BUS_39	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	0.9970	-0.08	0.00	0.00	(Grillages Marocair
18	RLC load Z		BUS_5	20.00	1	0.00	0.21	0.06	-Inf	Inf	0.9997	-0.01	0.21	0.06	(Derb Widad)
19	RLC load Z		BUS_41	20.00	1	0.00	0.33	0.09	-Inf	Inf	0.9968	-0.14	0.33	0.09	(Yaacoub manssour 1
20	RLC load Z		BUS_43	20.00	1	0.00	0.20	0.07	-Inf	Inf	0.9968	-0.09	0.20	0.07	(NOUR 2)
21	RLC load Z		BUS_45	20.00	1	0.00	0.17	0.03	-Inf	Inf	0.9967	-0.14	0.17	0.03	(Yaacoub manssour 9
22	RLC load Z		BUS_47	20.00	1	0.00	0.15	0.04	-Inf	Inf	0.9967	-0.10	0.15	0.04	(AVITATION)
23	RLC load Z		BUS_49	20.00	1	0.00	0.09	0.01	-Inf	Inf	0.9967	-0.14	0.09	0.01	(Yaacoub manssour 7
24	RLC load Z		BUS_51	20.00	1	0.00	0.03	0.00	-Inf	Inf	0.9966	-0.10	0.03	0.00	(ARRAYHANE)
25	RLC load Z		BUS_53	20.00	1	0.00	0.19	0.04	-Inf	Inf	0.9966	-0.15	0.19	0.04	(Yaacoub manssour 2
26	RLC load Z		BUS_57	20.00	1	0.00	0.14	0.04	-Inf	Inf	0.9966	-0.15	0.14	0.04	(Yaacoub manssour)
27	RLC load Z		BUS_55	20.00	1	0.00	0.16	0.03	-Inf	Inf	0.9964	-0.11	0.16	0.03	(SARCELLES 2)
28	RLC load Z		BUS_59	20.00	1	0.00	0.17	0.08	-Inf	Inf	0.9963	-0.11	0.16	0.08	(SARCELLES1)
29	RLC load Z		BUS_61	20.00	1	0.00	0.24	0.09	-Inf	Inf	0.9962	-0.12	0.23	0.09	(yaacoub MANSOUR 12
30	RLC load Z		BUS_7	20.00	1	0.00	0.29	0.11	-Inf	Inf	0.9998	-0.01	0.29	0.11	(Derb Jedid 2)
31	RLC load Z		BUS_63	20.00	1	0.00	0.22	0.06	-Inf	Inf	0.9961	-0.12	0.22	0.06	(IRIS)
32	RLC load Z		BUS_65	20.00	1	0.00	0.22	0.05	-Inf	Inf	0.9961	-0.12	0.22	0.05	(ROSES 1)
33	RLC load Z		BUS_67	20.00	1	0.00	0.21	0.09	-Inf	Inf	0.9960	-0.12	0.21	0.09	(ROSES3)
34	RLC load Z		BUS_9	20.00	1	0.00	0.26	0.10	-Inf	Inf	0.9998	-0.01	0.26	0.10	(Hassani 8)
35	Vsrc	swing	*1*	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	1	0.00	5.88	1.22	Three-Phase Source

Update Add bus blocks Compute Load Flow converged! Apply to Model Report Help Close

Figure 23 : Résultats de Load Flow avant la compensation

* La puissance active appelée est de 5.88 MW.

*La puissance réactive appelée est de 1.22 MW.

7- Les pertes et le rendement du réseau :

Le rapport de simulation obtenue par l'écoulement d'énergie nous a donné les pertes totales dissipées par le réseau HTA. La figure suivante présente le rapport de

load flow :

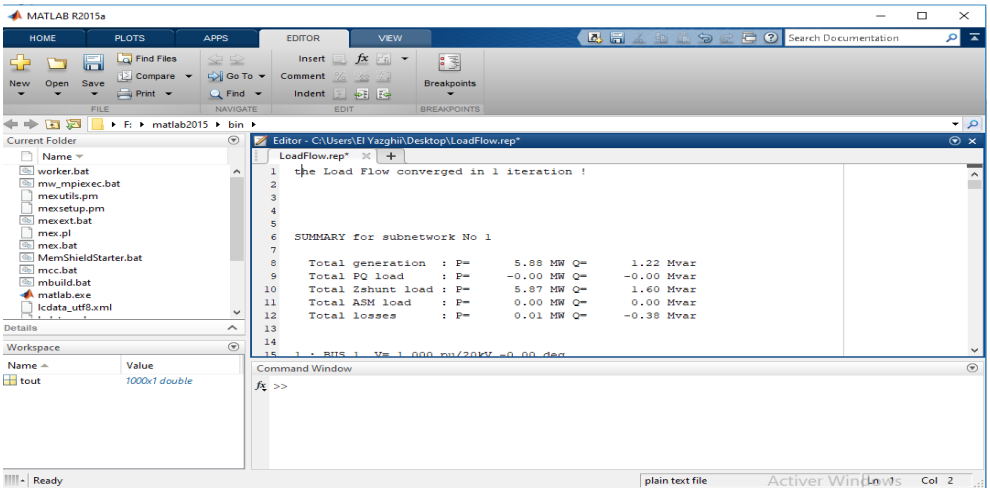


Figure 24 : Rapport de load flow avant la compensation

On remarque que la somme des pertes totales des lignes est 0.01 MW et on a les pertes des transformateurs qui est égal à 0.0755 MW. Donc pour calculer le rendement il suffit de faire le rapport entre la puissance générée sans pertes et la puissance totale.

$$rendement = \frac{P_2}{P_1} = \frac{p_{tot} - pertes}{p_{tot}}$$

➔Apres tout le calcul, j'ai trouvé que le rendement dans le réseau étudié est égal à: **98,55%**

C'est vrai que 98.55 % est conforme avec les normes mais la LYDEC cherche toujours a amélioré ce rendement pour cela on propose des solutions :

Action 1 : Remplacer certains transformateurs de mauvais rendement (à cause du vieillissement) par des transformateurs à haut rendement.

Action 2 : Assurer l'aération des postes car la température du transformateur augmente lors de son fonctionnement.

Action 3 : optimiser le réseau: c'est la seule solution pour les ouvrages existants; elle consiste à équilibrer les volumes de charge dans les transformateurs ou à "court-circuit " certains transformateurs inutiles l'été tout en préservant la sécurité du réseau.

Action 4 : Installer des batteries de compensation pour diminuer les pertes

réactives.

➔Et c'est la solution que j'ai choisi pour améliorer le rendement.

3-4 La compensation de l'énergie réactive :

1-L'énergie réactive :

Elle sert à la magnétisation des moteurs et des transformateurs. Elle correspond à la puissance réactive Q (kVa) des récepteurs. Elle se traduit par le déphasage (ϕ) entre la tension et le courant. C'est une énergie "nécessaire" mais ne produisant pas de travail.

L'énergie réactive est un facteur très important qui influe sur la stabilité et l'équilibre du réseau électrique, ainsi que son fonctionnement. Les effets secondaires de ce facteur ce résume dans les points suivants:

*La chute de tension dans les lignes et les postes de transformation.

*Les pertes supplémentaires actives dans les lignes, les transformateurs et les générateurs.

*Les variations de tension du réseau sont étroitement liées à la fluctuation de la puissance réactive dons le système de production.

2-Les moyens de compensation de l'énergie réactive :

Les condensateurs :

Le condensateur est le moyen le plus utilisé pour la compensation de l'énergie réactive du fait de sa simplicité et son autonomie.

Les inductances :

Elles sont utilisées pour compenser l'énergie réactive fournie en heures creuses par les lignes à très haute tension ou par les câbles. Elles sont soit directement raccordées au réseau, soit branchées sur les tertiaires des transformateurs. Par conséquent, elles permettent une limitation des surtensions dans le réseau.

Les compensateurs synchrones :

Les compensateurs synchrones sont des machines tournantes qui ne fournissent aucune puissance active, mais qui peuvent suivant qu'elles soient sous ou surexcités, fournir ou absorber de la puissance réactive.

➔Le moyen de compensation que j'ai choisi c'est d'installer des batteries de compensation en parallèle avec les charges.

3-Modélisation et simulation du réseau après compensation :

L'objective de Lydec et de rendre le $\cos\varphi = 0.99 \Rightarrow \tan\varphi = 0.14$

A l'aide de ses relations :

*$\cos\varphi = \frac{P}{S}$ *$\tan\varphi = \frac{Q}{P}$

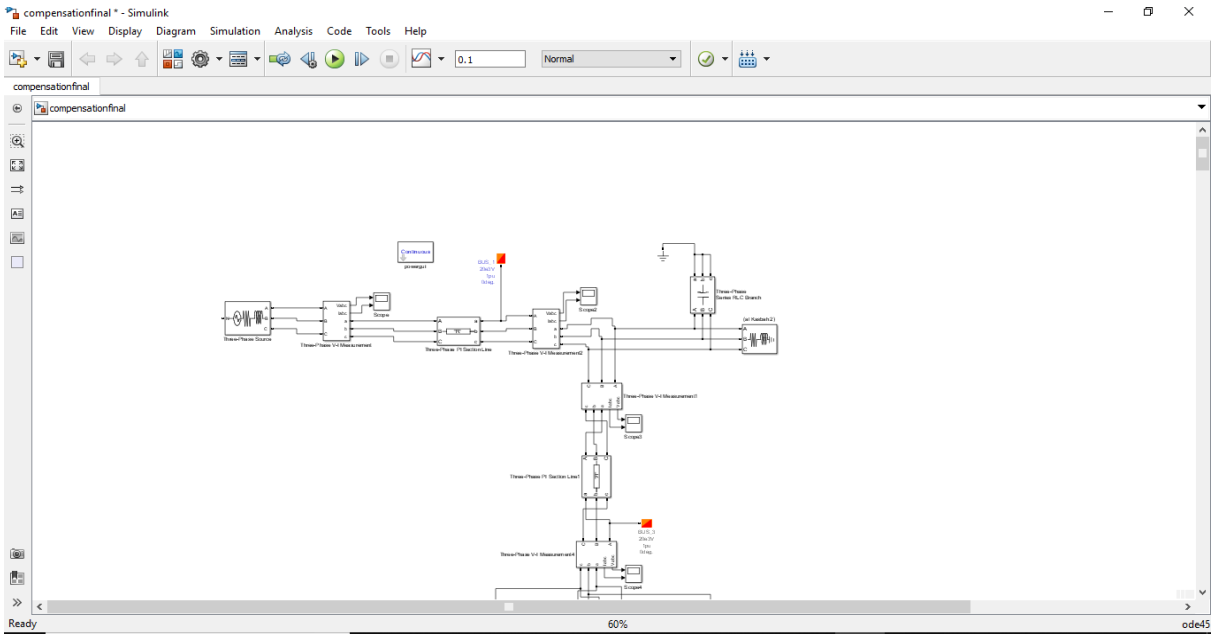
Q = P$\tan\varphi$ *Q'= Q + Qc => P*$\tan\varphi' = P*\tan\varphi - cwv^2$

J'ai pu calculer la capacité de chaque condensateur installé, le tableau ci-dessous résume les résultats :

1	Poste suivant	Smax(Kva)	Pmax(Kw)	Qmax(Kvar)	Facteur de puissance	tan phi	Qmax'(Kvar)	Qc(Kvar)	C (F)
2	AL KASBAH 2	202,16	186,7	77,54	0,92	0,42	26,14	-51,40	4,09E-07
3	IBNOU SINA 4	268,49	237,7	124,84	0,89	0,53	33,28	-91,56	7,29E-07
4	DERB JDID 2	309,32	290,18	107,12	0,94	0,37	40,63	-66,49	5,29E-07
5	HASSANI 8	278,85	260,44	99,64	0,93	0,38	36,46	-63,18	5,03E-07
6	DERB WIDAD	224,32	214,71	64,95	0,96	0,30	30,06	-34,90	2,78E-07
7	SIDI ABDERAHMAN 8	148,06	142,69	39,51	0,96	0,28	19,98	-19,54	1,55E-07
8	ESHAMSS 1	243,53	233,37	69,61	0,96	0,30	32,67	-36,94	2,94E-07
9	BRAHIM	159,57	158,52	18,28	0,99	0,12	22,19	3,92	-3,12E-08
10	SAINT GAUDIENS	377,61	373,27	57,09	0,99	0,15	52,26	-4,83	3,84E-08
11	PAVILLON	101,66	101,13	10,37	0,99	0,10	14,16	3,79	-3,02E-08
12	FATMA 2	115,53	114,37	16,33	0,99	0,14	16,01	-0,32	2,54E-09
13	AMINA	211,58	208,43	36,37	0,99	0,17	29,18	-7,19	5,72E-08
14	YAACOUB MENSSOUR 11	308,61	304,93	47,52	0,99	0,16	42,69	-4,83	3,84E-08
15	YAACOUB MANSSOUR 10	343,79	330,77	93,72	0,96	0,28	46,31	-47,41	3,77E-07
16	YAACOUB MANSOUR 9	175,49	173,47	26,55	0,99	0,15	24,29	-2,26	1,80E-08
17	YAACOUB MANSOUR 7	86,46	85,91	9,74	0,99	0,11	12,03	2,29	-1,82E-08
18	YAACOUB MANSOUR 2	197,55	193,77	38,46	0,98	0,20	27,13	-11,33	9,02E-08
19	YAACOUB MANSOUR	145,76	140,34	39,38	0,96	0,28	19,65	-19,73	1,57E-07
20	FOUZIA 2	111,25	109,26	20,95	0,98	0,19	15,30	-5,65	4,50E-08
21	SIDI ABDERAHMAN 7	72,1	68,2	23,39	0,95	0,34	9,55	-13,84	1,10E-07
22	CITE DE L'AIR 3	2,73	2,63	0,73	0,96	0,28	0,37	-0,36	2,90E-09
23	FATMA	250,47	247,54	38,20	0,99	0,15	34,66	-3,54	2,82E-08
24	GRAND CEINTURE 7	52,17	51,81	6,12	0,99	0,12	7,25	1,14	-9,03E-09
25	ACIMA 2	79,99	73,6	31,33	0,92	0,43	10,30	-21,02	1,67E-07
26	GRILLAGES MAROCAINS	4,99	4,6	1,93	0,92	0,42	0,64	-1,29	1,03E-08
27	NOUR 2	213,07	200,74	71,43	0,94	0,36	28,10	-43,33	3,45E-07
29	AVIATIONS	155,27	151,1	35,74	0,97	0,24	21,15	-14,59	1,16E-07
30	ARRAYHANE	30,48	30,25	3,74	0,99	0,12	4,24	0,50	-3,96E-09
31	SARCELLES 2	159,75	157,52	26,60	0,99	0,17	22,05	-4,55	3,62E-08
32	SARCELLES 1	183,62	166,04	78,40	0,90	0,47	23,25	-55,16	4,39E-07
33	YAACOUB MANSOUR 12	251,7	235,44	89,00	0,94	0,38	32,96	-56,04	4,46E-07
34	IRIS	226,44	218,66	58,85	0,97	0,27	30,61	-28,23	2,25E-07
35	ROSES 1	230,74	224,89	51,63	0,97	0,23	31,48	-20,14	1,60E-07
36	ROSES 3	226,96	207,1	92,85	0,91	0,45	28,99	-63,85	5,08E-07

Tableau 12: Résumé des capacités et des nouvelles énergies réactive de chaque poste

La novelle simulation est devenu comme suit :



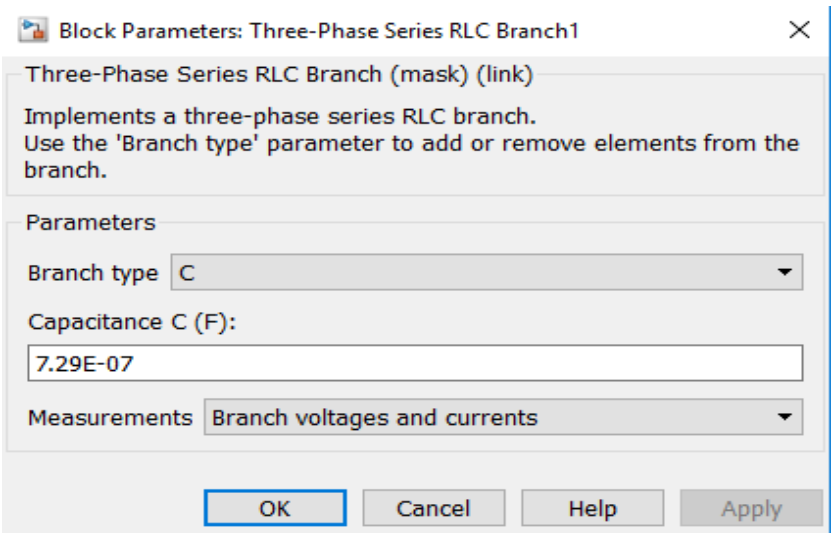


Figure 25:schéma de modélisation de réseau HTA départ D10 DERB JEDID4 poste source DAR BOUAZZA dans Simulink après compensation

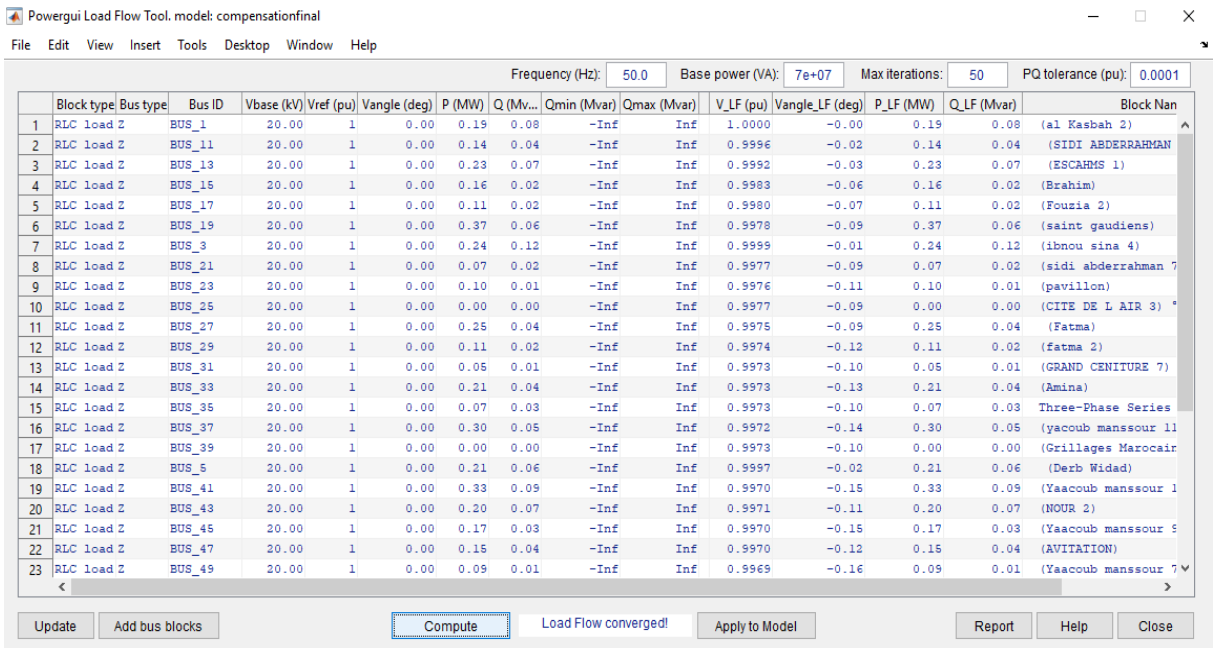
4-Résultats de load flow :

Le résultat de load flow après la compensation pour la simulation du réseau HTA issu de poste source DAR BOUAZZA :

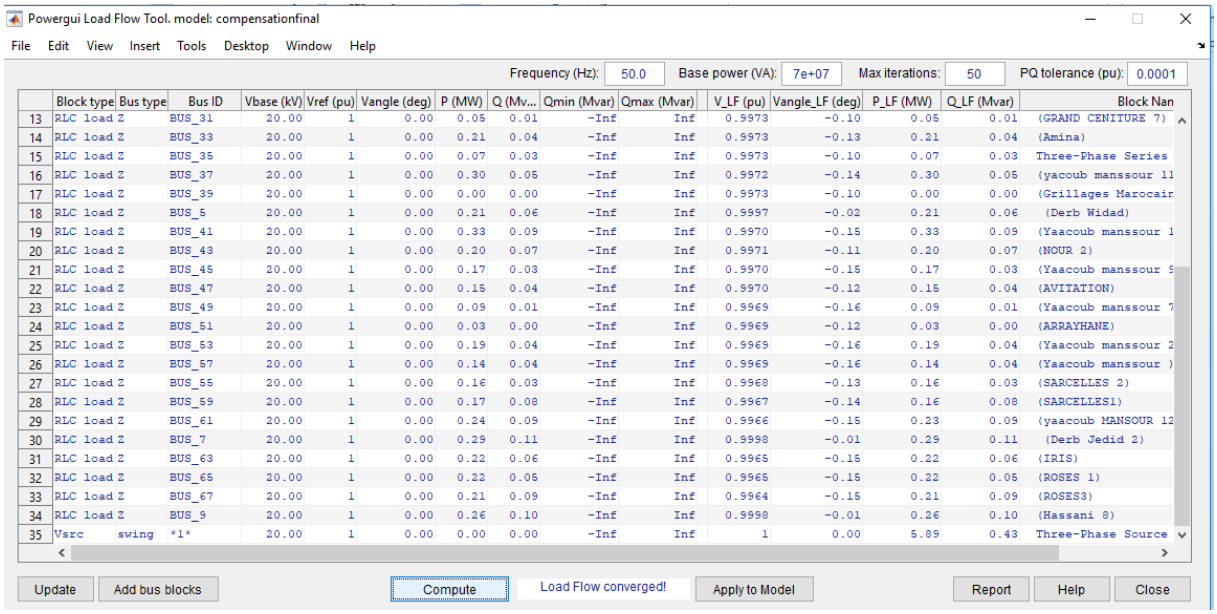
*P_LF : puissance active total appelé. (Absorbé)

* Q_LF : puissance réactive total appelé.

*V_LF : chute de tension.



	Block type	Bus type	Bus ID	Vbase (kV)	Vref (pu)	Vangle (deg)	P (MW)	Q (Mv...	Qmin (Mvar)	Qmax (Mvar)	V_LF (pu)	Vangle_LF (deg)	P_LF (MW)	Q_LF (Mvar)	Block Nan
1	RLC load	Z	BUS_1	20.00	1	0.00	0.19	0.08	-Inf	Inf	1.0000	-0.00	0.19	0.08	(al Kasbah 2)
2	RLC load	Z	BUS_11	20.00	1	0.00	0.14	0.04	-Inf	Inf	0.9996	-0.02	0.14	0.04	(SIDI ABDERRAHMAN
3	RLC load	Z	BUS_13	20.00	1	0.00	0.23	0.07	-Inf	Inf	0.9992	-0.03	0.23	0.07	(ESCAHMS 1)
4	RLC load	Z	BUS_15	20.00	1	0.00	0.16	0.02	-Inf	Inf	0.9983	-0.06	0.16	0.02	(Brahim)
5	RLC load	Z	BUS_17	20.00	1	0.00	0.11	0.02	-Inf	Inf	0.9980	-0.07	0.11	0.02	(Fouzia 2)
6	RLC load	Z	BUS_19	20.00	1	0.00	0.37	0.06	-Inf	Inf	0.9978	-0.09	0.37	0.06	(saint gaudiens)
7	RLC load	Z	BUS_3	20.00	1	0.00	0.24	0.12	-Inf	Inf	0.9999	-0.01	0.24	0.12	(ibnou sina 4)
8	RLC load	Z	BUS_21	20.00	1	0.00	0.07	0.02	-Inf	Inf	0.9977	-0.09	0.07	0.02	(sidi abderrahman 7
9	RLC load	Z	BUS_23	20.00	1	0.00	0.10	0.01	-Inf	Inf	0.9976	-0.11	0.10	0.01	(pavillon)
10	RLC load	Z	BUS_25	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	0.9977	-0.09	0.00	0.00	(CITE DE L AIR 3)
11	RLC load	Z	BUS_27	20.00	1	0.00	0.25	0.04	-Inf	Inf	0.9975	-0.09	0.25	0.04	(Fatma)
12	RLC load	Z	BUS_29	20.00	1	0.00	0.11	0.02	-Inf	Inf	0.9974	-0.12	0.11	0.02	(fatma 2)
13	RLC load	Z	BUS_31	20.00	1	0.00	0.05	0.01	-Inf	Inf	0.9973	-0.10	0.05	0.01	(GRAND CENITURE 7)
14	RLC load	Z	BUS_33	20.00	1	0.00	0.21	0.04	-Inf	Inf	0.9973	-0.13	0.21	0.04	(Amina)
15	RLC load	Z	BUS_35	20.00	1	0.00	0.07	0.03	-Inf	Inf	0.9973	-0.10	0.07	0.03	Three-Phase Series
16	RLC load	Z	BUS_37	20.00	1	0.00	0.30	0.05	-Inf	Inf	0.9972	-0.14	0.30	0.05	(yacoub manssour 11
17	RLC load	Z	BUS_39	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	0.9973	-0.10	0.00	0.00	(Grillages Marocair
18	RLC load	Z	BUS_5	20.00	1	0.00	0.21	0.06	-Inf	Inf	0.9997	-0.02	0.21	0.06	(Derb Widad)
19	RLC load	Z	BUS_41	20.00	1	0.00	0.33	0.09	-Inf	Inf	0.9970	-0.15	0.33	0.09	(Yaacoub manssour 1
20	RLC load	Z	BUS_43	20.00	1	0.00	0.20	0.07	-Inf	Inf	0.9971	-0.11	0.20	0.07	(NOUR 2)
21	RLC load	Z	BUS_45	20.00	1	0.00	0.17	0.03	-Inf	Inf	0.9970	-0.15	0.17	0.03	(Yaacoub manssour 5
22	RLC load	Z	BUS_47	20.00	1	0.00	0.15	0.04	-Inf	Inf	0.9970	-0.12	0.15	0.04	(AVITATION)
23	RLC load	Z	BUS_49	20.00	1	0.00	0.09	0.01	-Inf	Inf	0.9969	-0.16	0.09	0.01	(Yaacoub manssour 7



	Block type	Bus type	Bus ID	Vbase (kV)	Vref (pu)	Vangle (deg)	P (MW)	Q (Mv...	Qmin (Mvar)	Qmax (Mvar)	V_LF (pu)	Vangle_LF (deg)	P_LF (MW)	Q_LF (Mvar)	Block Nan
13	RLC load	Z	BUS_31	20.00	1	0.00	0.05	0.01	-Inf	Inf	0.9973	-0.10	0.05	0.01	(GRAND CENITURE 7)
14	RLC load	Z	BUS_33	20.00	1	0.00	0.21	0.04	-Inf	Inf	0.9973	-0.13	0.21	0.04	(Amina)
15	RLC load	Z	BUS_35	20.00	1	0.00	0.07	0.03	-Inf	Inf	0.9973	-0.10	0.07	0.03	Three-Phase Series
16	RLC load	Z	BUS_37	20.00	1	0.00	0.30	0.05	-Inf	Inf	0.9972	-0.14	0.30	0.05	(yacoub manssour 11
17	RLC load	Z	BUS_39	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	0.9973	-0.10	0.00	0.00	(Grillages Marocair
18	RLC load	Z	BUS_5	20.00	1	0.00	0.21	0.06	-Inf	Inf	0.9997	-0.02	0.21	0.06	(Derb Widad)
19	RLC load	Z	BUS_41	20.00	1	0.00	0.33	0.09	-Inf	Inf	0.9970	-0.15	0.33	0.09	(Yaacoub manssour 1
20	RLC load	Z	BUS_43	20.00	1	0.00	0.20	0.07	-Inf	Inf	0.9971	-0.11	0.20	0.07	(NOUR 2)
21	RLC load	Z	BUS_45	20.00	1	0.00	0.17	0.03	-Inf	Inf	0.9970	-0.15	0.17	0.03	(Yaacoub manssour 5
22	RLC load	Z	BUS_47	20.00	1	0.00	0.15	0.04	-Inf	Inf	0.9970	-0.12	0.15	0.04	(AVITATION)
23	RLC load	Z	BUS_49	20.00	1	0.00	0.09	0.01	-Inf	Inf	0.9969	-0.16	0.09	0.01	(Yaacoub manssour 7
24	RLC load	Z	BUS_51	20.00	1	0.00	0.03	0.00	-Inf	Inf	0.9969	-0.12	0.03	0.00	(ARRAYHANE)
25	RLC load	Z	BUS_53	20.00	1	0.00	0.19	0.04	-Inf	Inf	0.9969	-0.16	0.19	0.04	(Yaacoub manssour 2
26	RLC load	Z	BUS_57	20.00	1	0.00	0.14	0.04	-Inf	Inf	0.9969	-0.16	0.14	0.04	(Yaacoub manssour)
27	RLC load	Z	BUS_55	20.00	1	0.00	0.16	0.03	-Inf	Inf	0.9968	-0.13	0.16	0.03	(SARCELLES 2)
28	RLC load	Z	BUS_59	20.00	1	0.00	0.17	0.08	-Inf	Inf	0.9967	-0.14	0.16	0.08	(SARCELLES1)
29	RLC load	Z	BUS_61	20.00	1	0.00	0.24	0.09	-Inf	Inf	0.9966	-0.15	0.23	0.09	(yaacoub MANSOUR 12
30	RLC load	Z	BUS_7	20.00	1	0.00	0.29	0.11	-Inf	Inf	0.9998	-0.01	0.29	0.11	(Derb Jedid 2)
31	RLC load	Z	BUS_63	20.00	1	0.00	0.22	0.06	-Inf	Inf	0.9965	-0.15	0.22	0.06	(IRIS)
32	RLC load	Z	BUS_65	20.00	1	0.00	0.22	0.05	-Inf	Inf	0.9965	-0.15	0.22	0.05	(ROSES 1)
33	RLC load	Z	BUS_67	20.00	1	0.00	0.21	0.09	-Inf	Inf	0.9964	-0.15	0.21	0.09	(ROSES3)
34	RLC load	Z	BUS_9	20.00	1	0.00	0.26	0.10	-Inf	Inf	0.9998	-0.01	0.26	0.10	(Hassani 8)
35	Vsrc	swing	*1*	20.00	1	0.00	0.00	0.00	-Inf	Inf	1	0.00	5.89	0.43	Three-Phase Source

Figure 26 : Résultats de Load Flow après la compensation

* La puissance active appelée est de 5.88 MW.
*La puissance réactive appelée est de 0.49 MW.

5- Les pertes et le rendement du réseau :

Le rapport de simulation obtenue par l'écoulement d'énergie nous a donné les pertes totales dissipées par le réseau HTA. La figure suivante présente le rapport de load flow :

Editor - C:\Users\El Yazghii\Desktop\LoadFlow.rep

LoadFlow.rep

```
The Load Flow converged in 1 iteration !



SUMMARY for subnetwork No 1

  Total generation   : P=      5.89 MW Q=      0.43 Mvar
  Total PQ load      : P=     -0.00 MW Q=     -0.00 Mvar
  Total Zshunt load  : P=      5.87 MW Q=      0.81 Mvar
  Total ASM load     : P=      0.00 MW Q=      0.00 Mvar
  Total losses       : P=      0.01 MW Q=     -0.38 Mvar
```

Figure 27 : Rapport de load flow après la compensation

➔Apres tout le calcul, j'ai trouvé que le rendement dans le réseau étudié est égal à: **98,89%**

Conclusion Générale

Ce travail qui s'inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'étude répond à un objectif principal : d'étudier le rendement de réseau HTA, pour ce faire on a fait une étude détaillée sur le réseau HTA issu de transformateur T1 de poste source DAR BOUAZZA qui est un bon exemple puisqu'il alimente plusieurs postes client et quelques zones résidentielles.

Ainsi, ce projet a de simuler à l'aide de l'outil Simulink/Matlab le réseau HTA pour attendre des résultats plus précis.

Ce stage de fin d'étude effectué à la LYDEC m'a été bénéfique sur tous les plans à savoir: technique et relationnel. En effet, il m'a permis d'acquérir et d'approfondir mes connaissances en électrotechnique et aussi c'était une occasion d'approcher le monde socio- économique et d'apprendre à travailler en équipe.

Bibliographie

* http://fr.wikipedia.org

*http://www.schneiderelectric.com

* http://www.materiel-informatique.be

* Rapport LYDEC, Amélioration des performances du réseau électrique, juin2016.

* Rapport LYDEC, Etude de la mise en place de la compensation de l'énergie réactive dans les postes HTA/BT, 2014.

* Rapport STEG : Le réseau de distribution de l'électricité en Tunisie.