

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université A.MIRA de Bejaia



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique

Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique

Option : Réseaux électrique

Thème

Restructuration du réseau MT de la ville d'Akbou



Réalisé par :

- **AMER Azwaw**
- **AMZAL Bachir**

Encadré par :

- **Mr. BOUZIDI Athmane**
- **Mr. KHIARI Mohamed**

Promotion 2017

Remercîments

En guise de reconnaissance, on tient à témoigner nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

NOS sincères gratitudes à Monsieur BOUZIDI pour la qualité de son encadrement, ses judicieux conseils et son encouragement. Les plus grandes leçons ne sont pas tirées d'un livre mais de la sagesse d'un enseignant de sa générosité. Merci d'avoir pris le temps de nous aider au cours de cette année et de nous avoir accompagné dans notre travail de recherche.

Nous adressons nos chaleureux remerciements aux membres de jury, Mr MEZIANI Smail et Madame CHEKKAL Samira qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Nous remercions aussi tout le personnel de SONELGAZ et plus particulièrement notre co-encadreur Mr KHIARI Mohamed et Mr SEBAHI Omar qui nous ont aidé et orienté pendant toute la période du stage.

Nous remercions également tous les enseignants ayant assurés les cours pendant les années d'études.

Enfin, nous remercions tous nos Amis qu'on aime tant à qui on doit notre reconnaissance et notre attachement : pour leur sincère amitié et confiance.

À tous ces intervenants, nous présentant nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

AMZAL et AMER

Dédicaces

Je dédie ce travail avec grand amour, sincérité et fierté à :

Mes chers parents, source de tendresse, de noblesse et d'affection.

Tous les membres de ma famille et spécialement mes sœurs, mon frère et mon très cher oncle Allaoua qui est comme un deuxième père pour moi.

Aux familles AMZAL et TOUATI

A tous mes ami(e)s et ceux qui me connaissent de près ou de loin.

A mon cher binôme 'AZWAW' qui m'a accompagné tout au long de ce travail.

BACHIR

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma très chère Mère et mon très chère Père

A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes études

A ceux qui ont veillé pour mon bien être

A ceux que j'aime et je respect infiniment

Le jour est venu pour les remercier

Ainsi qu'à mes chers frères et mes chères sœurs

A toute la famille AMER

A mon binôme 'BACHIR'

A tous mes ami(e)s qui ont toujours été présents pour moi, et à tous la

promotion Réseau électrique

AZWAW

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Présentation de l'entreprise SONELGAZ

Introduction générale 1

Chapitre I: Généralité sur les réseaux électrique

I-1 Introduction	1
I-2 Différents types de réseaux électriques	1
I-2-1 Le réseau de transport et d'interconnexion.....	2
I-2-2 Réseau de répartition.....	2
I-2-3 Réseau de distribution	3
I-2-3-1 Réseaux de distribution à moyenne tension.....	3
I-2-3-2 Réseaux de distribution à basse tension.....	3
I-3 Les différentes structures topologiques des réseaux électriques	4
I-3-1 Réseau radial ou en étoile.....	4
I-3-2 Réseau en boucle.....	4
I-3-3 Réseau maillé ou connecté.....	5
I-4 Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ	5
I-5 Architecture des postes de livraison	6
I-5-1 Les postes de livraison HTB.....	6
a- Simple antenne	6
b- Double antenne.....	7
c- Double antenne - double jeu de barres.....	8
I-5-2 Les postes de livraison HTA.....	9
a- 1 jeu de barres, 1 source d'alimentation	9
b- 1 jeu de barres sans couplage, 2 sources d'alimentation	9
c- 2 demi jeux de barres avec couplage, 2 sources d'alimentations.....	10
d- 1 jeu de barres sans couplage, 3 sources d'alimentation	11
e- 3 sections de barres avec couplages, 3 sources d'alimentation.....	12
I-5-3 Architecture des postes HTA/BT	12

SOMMAIRE

a- En simple dérivation (en antenne)	12
b- En coupure d'artère.....	13
c- En double dérivation.....	14
I-6 Les composantes électrique d'un poste HTB/HTA	14
I-7 Conclusion.....	15

Chapitre II: Recueil des données sur le réseau de la ville d'Akbou

II-1 Introduction	16
II-2 Présentation du réseau MT globale de la ville d'Akbou.....	16
II-2-1 Postes de transformation MT/BT.....	17
II-2-2 présentation des deux postes de transformation et d'interconnexion (HTB/HTA) qui alimentent la ville d'Akbou.....	18
a- Poste de TAHARACHT 220/60/30KV.....	18
b- Poste source AKBOU 60/30KVA	18
II-2-3 Présentation des réseaux des trois régions (Akbou1, Akbou2, Chellata)	21
a- Partie 1 (AKBOU1)	21
b- Partie 2 (AKBOU 2)	23
c- Partie 3 (CHELLATA).....	26
II -3 Protection du réseau de la ville d'Akbou.....	29
II-3-1 Régime du neutre adopté par SONEGAS.....	29
a- Critère de choix	29
b- La valeur de la résistance de limitation.....	30
II-3-2 Protection des Départs HTA	31
a- Protection à maximum de courant de phase.....	31
b- Protection de maximum de courant homopolaire.....	32
c- Protection de terre résistante	33
d- Automate de réenclencheur	33
II-3-3 Protection de transformateur MT/BT.....	35
a- Protection contre les surtensions	35
b- Protection contre les surintensités	35
c- Protection contre les surcharges	36

SOMMAIRE

II-4 Conclusion.....	37
----------------------	----

Chapitre III: Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou

III-1 Introduction.....	38
III-2 Problèmes rencontrés dans le réseau (MT) de la ville d'Akbou	38
III-2-1 Réseau aérien.....	38
III-2-2 Réseau souterrain.....	38
III-3 Restructuration des réseaux moyenne tension	39
III-3-1 Restructuration des réseaux aériens.....	39
III-3-2 Restructuration des réseaux souterrains.....	41
III-3-3 Proposition d'une structure pour chaque départ et calcul des charges	43
a- Départ Akbou 1	44
b- Départ Akbou 2	46
c- Départ Chellata	49
III-4 Structures globale pour le bouclage des réseaux de distribution MT souterrains.....	53
a- Structure type artère source à source	53
b- Structure type en épi	53
c- Structure type fuseau.....	54
d- Choix d'une structure.....	55
e- Schéma unifilaire de la nouvelle structure	56
III-5 Conclusion	57

Chapitre IV: Calcul et dimensionnement du réseau restructuré

IV-1 Introduction.....	58
IV-2 Présentation de l'outil de informatique (CARA).....	58
IV-2-1 Description du programme	58
IV-2-2 Capacité du modèle	59
IV-2-3 Calcul des transits et des tensions	59

SOMMAIRE

IV-3 Mise en oeuvre du programme CARA	60
IV-3-1 Carte titre (code 0).....	60
IV-3-2 Carte paramètre (code 1).....	60
IV-3-3 carte branche (code 2).....	60
IV-3-4 carte charge (code 3)	61
IV-3-5 carte charge (code 4)	61
IV-3-6 calcul de chute de tension	62
a- Chute de tension absolue.....	62
b- Chute de tension relative.....	62
c- Ecart de tension en MT.....	62
IV-3-7 Calcul des pertes par effet joule	63
IV-4 calcul de la puissance consommée après n années.....	63
IV-4-1 Estimation du taux d'évolution	63
IV-4-2 Calcul des charges des trois départs pour les 10 ans à venir	64
a- Départ Akbou 1	64
b- Départ Akbou 2	64
c- Départ Chellata	65
IV-5 Détermination des sections de conducteurs souterrains.....	65
IV-5-1 Principe de la méthode.....	65
IV-5-2 Détermination de la section S_1	66
a- Détermination du courant maximal d'emploi I_B	66
b- Détermination du courant admissible I_z	66
c- Choix de la section S_1	68
IV-5-3 Contraintes thermiques des conducteurs en cas de court-circuit et détermination de la section S_2	68
a- Méthode de calcul.....	68
b- Calcul du courant I_{cc} triphasé	69
c- Calcul de la section S_2	71
IV-6 Simulation avec le CARA	71
IV-6-1 Introduction des données	71
IV-6-2 Résultats des simulations.....	75
a- Départ Akbou1	78
b- Départ Akbou2	78

SOMMAIRE

c- Départ Chellata	79
IV-7 Interprétation des résultats.....	80
IV-8 Conclusion	81
Conclusion générale	82
Bibliographie	

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques.

Fig. I-1 : constitution du réseau électrique	2
Fig. I-2 : le schéma illustré d'un réseau électrique montrant que l'électricité est produite, transformée, et distribuée à des niveaux de tension différents.	3
Fig. I-3 : Alimentation simple antenne d'un Poste de livraison HTB	7
Fig. I-4 : Alimentation double antenne d'un poste de livraison HTB	8
Fig. I-5 : Double antenne - double jeu de barres	9
Fig. I-6 : 1 jeu de barres, 1 source d'alimentation.....	10
Fig. I-7 : 1 jeu de barres sans couplage, 2 sources d'alimentation.....	11
Fig. I-8 : 2 demi jeux de barres avec couplage, 2 sources d'alimentations.....	12
Fig. I-9 : 1 jeu de barres sans couplage, 3 sources d'alimentation.....	12
Fig. I-10 : 3 sections de barres avec couplages, 3 sources d'alimentation.....	13
Fig. I-11 : Alimentation en simple dérivation (en antenne).....	14
Fig. I-12 : Alimentation En coupure d'artère.....	14
Fig. I-13 : Alimentation en double dérivation.....	15

Chapitre II : Recueil des données sur le réseau actuel de la ville d'Akbou.

Fig. II-1 : Schéma unifilaire du réseau globale MT de la ville Akbou.	
Fig .II-2 : Schéma unifilaire du poste Taharacht (220/60/30KV).....	20
Fig .II-3 : Schéma unifilaire du poste source Akbou (60/30KV).....	21
Fig. II-4 : Neutre mise à la terre à travers une résistants.....	31
Fig. II-5 : Protection à maximum de courant à temps Indépendant.....	32
Fig. II-6 : Protection à maximum de courant à temps dépendant.....	33
Fig. II-7 : Diagramme des cycles de réenclencheur.....	35

Chapitre III : Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou.

Fig.III-1 : Structure arborescente du réseau aérien.....	41
Fig. III-2 : Interrupteur aérien a commande mécanique (IACM).....	41
Fig. III-3 : Interrupteur aérien dans le creux de tension (IACT).....	42
Fig. III-4 : Structure du réseau souterrain.....	43
Fig. III-5 : Structure type artère source à source.....	54
Fig. III-6 : Structure type en épi.....	55
Fig. III-7 : Structure type fuseau.....	56
Fig. III-8 : Structure source à source développée en fuseau.....	57
Fig. III-9 : Schéma unifilaire de la nouvelle structure	

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques.

Tableau I-1 : Définition des niveaux de tension.....	6
---	---

Chapitre II : Recueil des données sur le réseau actuel de la ville d'Akbou.

Tableau II-1 : Caractéristiques des câbles MT.....	17
---	----

Tableau II-2 : Postes installé au niveau de la région Akbou1.....	22
--	----

Tableau II-3 : Longueur développée du départ d'AKBOU 1.....	24
--	----

Tableau II-4 : La charge du départ d'akbou1 à la pointe été 2016.....	24
--	----

Tableau II-5 : Postes installés au niveau de la région Akbou2.....	24
---	----

Tableau II-6 : Longueur développée du départ d'AKBOU 2.....	26
--	----

Tableau II-7 : La charge du départ d'Akbou 2 à la pointe été 2016.....	26
---	----

Tableau II-8 : Postes installés au niveau de la région Chellata.	27
--	----

Tableau II-9 : Longueur développée du départ de Chellata.....	30
--	----

Tableau II-10 : La charge du départ de CHELLATA à la pointe été 2016.....	30
--	----

Tableau II-11 : Caractéristiques des disjoncteurs magnétothermique pour les postes sur poteaux.	36
---	----

Tableau II-12 : Calibre des fusibles MT.....	37
---	----

Tableau II-13 : Caractéristiques des disjoncteurs magnétothermiques pour les postes cabines.	37
---	----

Chapitre III : Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou.

Tableau III-1 : tableau de charge Akbou 1.....	45
---	----

Tableau III-2 : tableau de charge Akbou 2.....	48
---	----

Tableau III-3 : tableau de charge Chellata.....	50
--	----

Chapitre IV : Calcul et dimensionnement du réseau restructuré.

Tableau VI-1 : Valeur de coefficient K.....	70
--	----

Tableau IV-2 : Résultats du départ Akbou1 pour l'année 2017.	79
--	----

Tableau IV-3 : Résultats du départ Akbou1 pour l'année 2027.	79
Tableau IV-4 : Résultats du départ Akbou2 pour l'année 2017.	79
Tableau IV-5 : Résultats du départ Akbou2 pour l'année 2027	78
Tableau IV-6 : Résultats du départ Chellata pour l'année 2017.....	78
Tableau IV-7 : Résultats du départ Chellata pour l'année 2027.....	78

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE SONELGAZ



La société nationale de l'électricité et du gaz (Sonelgaz), est une compagnie publique à caractère industriel et commerciale qui exerce pour son compte les activités suivantes :

- Production, transport et distribution.
- Transport et distribution du gaz.

Elle a pour obligations :

De satisfaire dans les conditions requises de qualité, de continuité de service, toute demande d'alimentation en électricité et en gaz, là où des réseaux existent.

D'assurer la maîtrise d'œuvre des programmes de développement de l'infrastructure électrique et gazière en particulier des programmes et une distribution public de gaz.

D'appliquer, à condition identique, une stricte égalité de traitement à tout les clients, notamment par :

Une tarification faisant l'objet d'un décret

Un cahier des clauses générales définissant la condition de raccordement et de fourniture d'énergie.

Elle a été crée en 1969, sous le nom d'Electricité et gaz (EGA), devenu un établissement public en 1991. Puis elle fut convertit en une société par action (SPA) en 2002 et en 2010, on parle de groupe Sonelgaz.

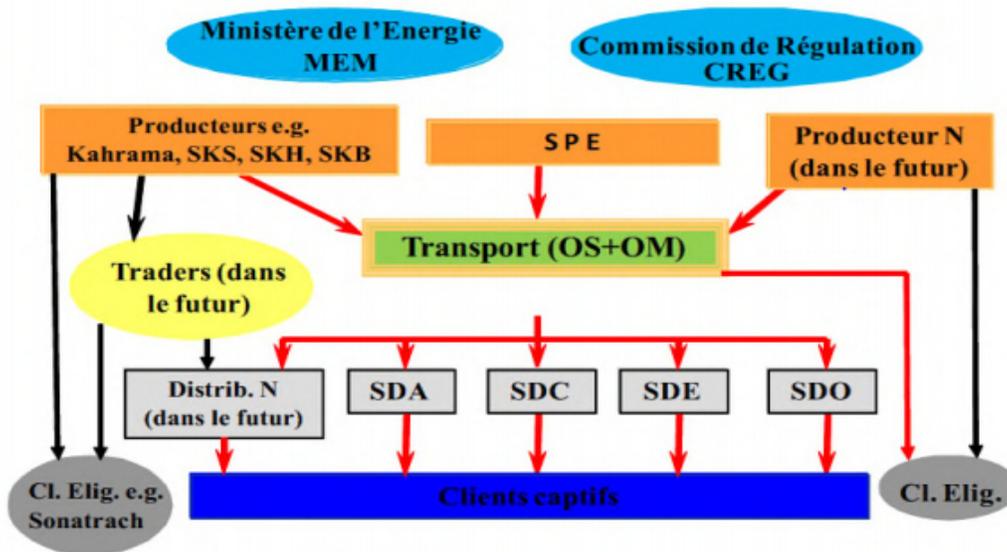
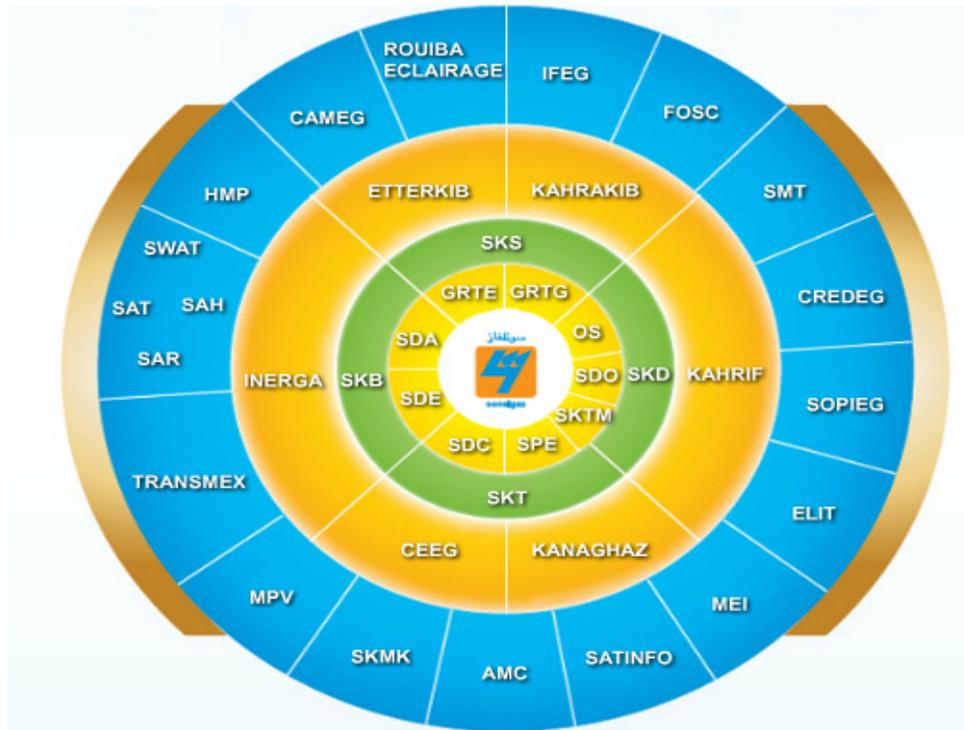


Schéma secteur électrique algérien (2009)

Présentation de l'entreprise SONELGAZ



Organigramme de l'entreprise Sonelgaz

Et parmi ces filiales :

- *La société de production de l'électricité (SPE).
- *Sharikat kahraba wa takat moutajadida (SKTM).
- *La société de l'Engineering de l'électricité et du gaz.
- *La société du réseau de transport de l'électricité (GRTE).
- *La société du réseau de transport gaz (GRTG).
- *L'opérateur système électrique (OS), chargée de la conduite du système production/transport de l'électricité.
- *La société de distribution de l'électricité et du gaz d'Alger (SDA).
- *La société de distribution de l'électricité et du gaz du Centre (SDC).
- *La société de distribution de l'électricité et du gaz de l'Est (SDE).
- *La société de distribution de l'électricité et du gaz de l'Ouest(SDO).

Il y'a aussi «Kahrif », « Kahrakib », « Etterkib », « Inerga » et « Kanaghaz », qui son spécialisées dans le domaine de la réalisation des infrastructures énergétiques (engineering, montage industriel, réalisation de réseaux....).

Présentation de l'entreprise SONELGAZ

Présentation de la société de distribution de l'électricité et du gaz de l'Est (SDE)

La société par action SDE (SPE) a été créée en 2006, son siège se situe au 2 rue Raymonde Peschard à Constantine, elle réunit 16 wilayas de l'Est avec ses dix-neuf directions de distribution. Elle compte 95 agences commerciales, 60 districts électricité et 30 districts gaz.

Les missions de la SDE sont :

- Distribution de l'Electricité et du Gaz par canalisation;
- Exploitation, entretien et développement des réseaux de distribution de l'électricité et du gaz selon les normes requises en matière de sécurité;
- Raccordement et gestion de la nouvelle clientèle dans les délais requis
 - Assurance de la continuité et de la qualité de service;
 - Respect de la loi sur la protection de l'environnement.
 - Prendre en compte les orientations stratégiques et s'inscrire dans les politiques définies par Sonelgaz,
- S'assurer que les missions de service public exercées par les concessions, répond à la satisfaction de la clientèle et au respect de l'environnement et sont conformes aux engagements pris dans ce domaine avec les pouvoirs publics (CREG et Tutelle),
- Commercialiser les énergies électrique et gazière dans les meilleures conditions de qualité, de sécurité et au moindre coût,
- Développer et proposer des services énergétiques en électricité et en gaz,
- Réaliser les objectifs économiques par l'amélioration de la gestion, en recherchant une plus grande synergie et une maîtrise des coûts.

Présentation de la direction de distribution de l'électricité et du gaz de Béjaïa

La Direction de Distribution de Béjaïa alimente en énergie électrique et gazière les clients résidant sur le territoire de la wilaya.

Siège social: cité Tobbal - Béjaïa

Couverture territoriale : Wilaya de Béjaïa

Nombre de communes : 56

Nombre de clients Electricité (BT/MT/HT) : 264 163

Nombre de clients Gaz (BP/MP/HP) : 77 446

Les agences commerciales :

Présentation de l'entreprise SONELGAZ

Béjaïa (Communes rattachées : BEJAIA, TICHI, AOKAS, TALA HAMZA, BOUKHLIFA, TIZI N BERBER et OUED GHIR)

Seddouk (Communes rattachées : SIDI SAID, AMALOU, SEDDOUK, BOUHAMZA et BENI MAUCHE)

Kharrata (Communes rattachées : SOUK EL TENINE, DARGUINA, TASKRIOUT, MELBOU, KHERRATA, DRAA EL GAID, TAMRIDJET et AIT SMAIL)

Amizour (Communes rattachées : AMIZOUR, FERRAOUN, SEMAOUN, KENDIRA, TOUDJA, BENI DJELLIL, BARBACHA et EL KSEUR.

Sidi Aich (Communes rattachées : TAOURIRT IGHIL, TIFRA, ADEKAR, BENI KSILA, AKFADOU, TIMZIRT, THINABDHER, FENAIA EL, MATHE, SIDI AYED, CHEMINI, SOUK OUFELLA, TIBANE, SIDI AICH et ELFLAYE).

Akbou (Communes rattachées : CHELATA, TAMOKRA, IGHREM, IGHIL ALI, AKBOU, TAZMALT, AIT RZINE, OUZELLAGUEN, BENI MELIKECHE et BOUDJELLIL).

Longueur du réseau Electricité : 6266,823 KM

Longueur du réseau Gaz : 1437,415 KM

Adresses des agences commerciales:

Agence Béjaïa: 11 CITE TOBBAL

Agence Seddouk: 50 LOGT SEDDOUK

Agence Akbou: CITE DE LA CASERNE

Agence Kharrata: Centre économique rural

Agence Amizour : ROUTE DE BEJAIA

Agence Sidi Aich: 14CITE BEL - AIR

Introduction générale

Introduction générale

L'utilisation et la consommation de l'énergie électrique est indispensable dans la vie quotidienne de chaque citoyen, la demande de celle-ci augmente de plus en plus à cause du développement économique, social et industriel.

Cette énergie est fournie par le réseau électrique qui est constitué de l'ensemble des informations et équipements destinés à la production, le transport, la distribution. L'électricité est acheminée depuis la centrale de génération jusqu'aux différents consommateurs (industries, hôpitaux, maisons...) en passant par les étapes d'élévation et de baisse de tension par l'intermédiaire des postes de transformation.

Le rôle du réseau électrique est de garantir un service d'électricité sûr, fiable, durable et concurrentiel sur le plan des tarifs. En effet, beaucoup d'efforts sont développés pour assurer le besoin en électricité et la qualité de service aux consommateurs.

La conception d'un réseau électrique doit donc procurer au système une continuité d'alimentation compatible avec les contraintes de production. Elle doit impérativement assurer la sécurité du personnel de l'unité industrielle et de son environnement. Elle doit aussi prendre en compte la préservation de l'outil de travail, et pour les équipements vitaux, il convient de pouvoir intervenir sans interrompre la production. On prévoit donc une conception permettant d'agir en toute sécurité dans un temps déterminé.

Le réseau électrique doit répondre aux évolutions de consommation, sa conception est la démarche consistant à obtenir un coût optimal, ainsi que les besoins pour la production en matière de: Sécurité des personnes et des biens, continuité de fonctionnement, maintenabilité des installations, possibilité d'évolution du schéma. [1]

Cette conception doit respecter les normes et les règles internationales, ainsi que les standards de fabrication. Et si cette conception n'arrive pas à satisfaire les besoins des consommateurs, il y a lieu de faire une restructuration du réseau existant, dans le but ultime d'améliorer la continuité de service, et le fonctionnement du réseau. C'est dans ce contexte que notre étude portera sur la restructuration du réseau de distribution MT de la ville d'Akbou (Béjaia) en vue d'assurer la continuité et la qualité de service et de satisfaire la demande en énergie électrique. La croissance de cette dernière est due au développement démographique et industriel.

Ce présent travail commence par une introduction suivi de quatre chapitres.

Le premier est consacré aux généralités sur les réseaux électriques, le deuxième chapitre réservé au recueil des données sur le réseau actuel de la ville d'Akbou, le troisième chapitre traite la proposition d'une restructuration pour la ville d'Akbou, et le quatrième chapitre est consacré au calcul et dimensionnement du réseau restructuré, et nous finirons par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les réseaux
électriques

I-1 Introduction

Le réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles par des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs. Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production-transport-consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

L'énergie électrique est consommée à l'instant de sa production, donc la production doit s'adapter en permanence à la consommation. De ce fait, l'ensemble production, consommation, appelé réseau électrique constituant un système complexe doit être stable.

Un réseau électrique peut être de petite puissance ou très grande puissance. Ses caractéristiques s'expriment en termes de [2]:

- Grandeurs électriques
- Disposition spatial
- Données temporelles

I-2 Différents types de réseaux électriques

Un réseau électrique est un ensemble d'outils destiné à produire, transporter, distribuer l'énergie électrique et les figure I-1 et I-2 illustrent une vue globale du réseau.

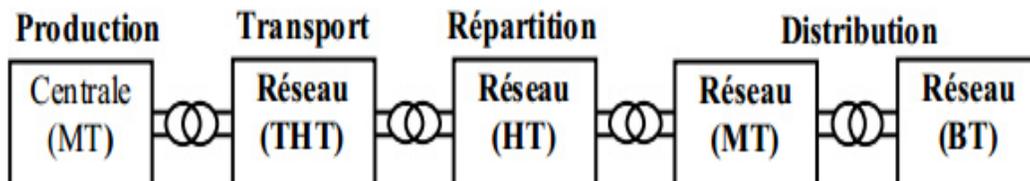


Fig. I-1 : constitution du réseau électrique

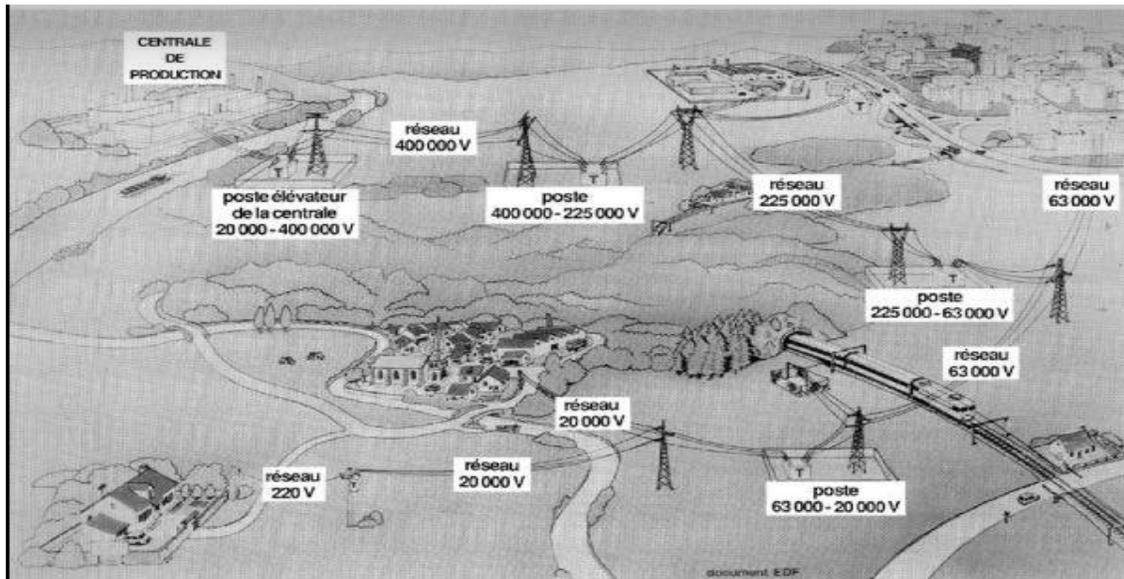


Fig. I-2 : Schéma illustré d'un réseau électrique montrant que l'électricité est produite, transformée, et distribuée à des niveaux de tension différents. [3]

I-2-1 Réseau de transport et d'interconnexion [4] [5]

Les réseaux de transport et d'interconnexion ont principalement pour mission :

- De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport)
- De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion)
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV
- Neutre directement mis à la terre
- Réseau maillé

I-2-2 Réseau de répartition

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions.

Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur

structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation [4]:

En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure à 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension.

- La tension est 90 kV ou 63 kV
- Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre
- Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV
- Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV
- Réseaux en boucle ouverte ou fermée

I-2-3 Réseau de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique [6],[7].

I-2-3-1 Réseaux de distribution à moyenne tension

- HTA (30 et 10 kV le plus répandu)
- Neutre à la terre par une résistance
- Limitation à 300 A pour les réseaux aériens
- Limitation à 1000 A pour les réseaux souterrains
- Réseaux souterrains en boucle ouverte

I-2-3-2 Réseaux de distribution à basse tension

- BTA (230 / 400 V).
- Neutre directement à la terre.
- Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

I-3 Les différentes structures topologiques des réseaux électriques

Le concept de réseau englobe la totalité des installations, notamment les lignes aériennes, les câbles, les transformateurs et les appareils avec leurs moyens de contrôle et de sécurité, les interrupteurs, etc., nécessaires au transport et à la distribution de l'énergie électrique. On distingue trois types de réseau radial, bouclé, maillé [8].

I-3-1 Réseau radial ou en étoile

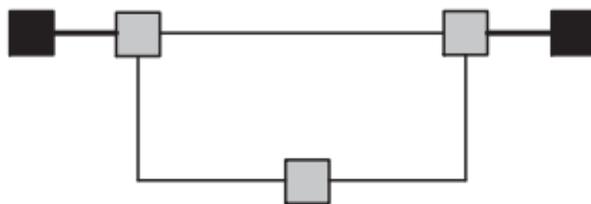
Il représente le réseau sous sa forme la plus simple. Les lignes partent d'un point central, par exemple une station de transformation locale, et rayonnent depuis celui-ci. Si une perturbation se produit sur ce type de réseau, l'alimentation électrique de tous les clients rattachés à ce rayon défectueux est interrompue, jusqu'à ce que la panne soit réparée. La panne d'une station de transformation peut paralyser tout un quartier. [8]



(a) Réseau radial

I-3-2 Réseau bouclé

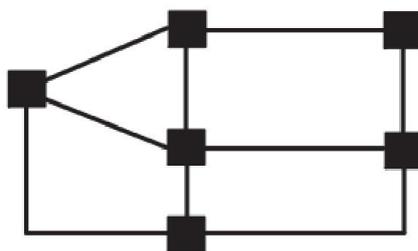
L'assemblage en boucle des lignes permet de mettre hors circuit une partie de la ligne défectueuse grâce à ses points de séparation. L'alimentation électrique est interrompue uniquement dans cette partie jusqu'à la réparation de la panne ; le reste du réseau peut continuer à fonctionner. [8]



(b). Réseau bouclé

I-3-3 Réseau maillé ou connecté

Lorsque des lignes en boucle sont regroupées pour relier des points très éloignés les uns des autres, elles forment un réseau maillé. Ce type de réseau offre une très grande fiabilité d'approvisionnement car chaque tronçon de ligne peut être alimenté via différentes voies. Même une défaillance sur plusieurs tronçons n'engendre pas une grosse perturbation. Les réseaux maillés sont surtout construits et exploités là où la sécurité d'approvisionnement d'un grand nombre de clients peut être compromise par une perturbation, comme c'est particulièrement le cas pour les réseaux de transport et de répartition haute tension. [8]



(c).Réseau maillée

I-4 Gamme des tensions utilisées par le groupe SONELGAZ

La nouvelle norme N° : NTE C 18-510 en vigueur en Algérie (SONELGAZ) définit les niveaux de tension alternative comme indiqué dans le tableau I-1 (U_n tension nominale, valeur efficace en volte) [6] :

Tableau I-1 : Définition des niveaux de tension

Domaines de Tension		Valeur de la tension composée nominale (U_n en Volts)	
		Tension Alternatif	Tension Continu
Très Basse Tension (TBT)		$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$
Basse Tension (BT)	BTB	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA ou MT	$1000 < U_n \leq 50\ 000$	$1500 < U_n \leq 75\ 000$
	HTB	$U_n > 50\ 000$	$U_n > 75\ 000$

I-5 Architecture des postes de livraison

I-5-1 Les postes de livraison HTB

Ils concernent généralement les puissances supérieures à **10 MVA**, l'installation du poste de livraison est comprise entre [9] :

- d'une part, le point de raccordement au réseau de distribution HTB
- d'autre part, la borne aval du ou des transformateurs HTB / HTA

Les schémas électriques des postes de livraison HTB les plus couramment rencontrés sont les suivants [9] :

a- Simple antenne

- Avantage : Coût minimal
- Inconvénient : Disponibilité pas fiable

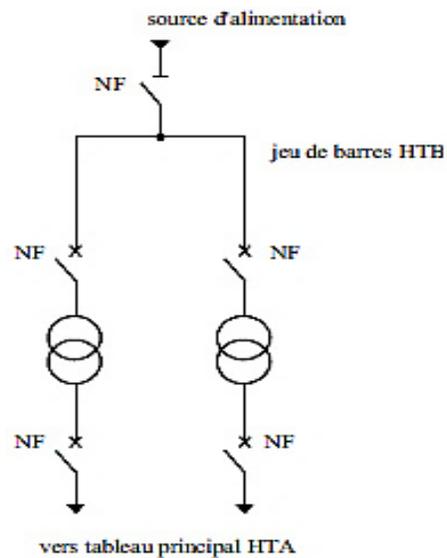


Fig. I-3 : Alimentation simple antenne d'un Poste de livraison HTB

b- Double antenne

Mode d'exploitation :

- normal : Les deux disjoncteurs d'arrivée des sources sont fermés, ainsi que le sectionneur de couplage.

Les transformateurs sont donc alimentés par les 2 sources simultanément.

- perturbé : En cas de perte d'une source, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

- Avantage :

- bonne disponibilité, dans la mesure où chaque source peut alimenter la totalité du réseau

- maintenance possible du jeu de barres, avec un fonctionnement partiel de celui-ci

- Inconvénients :

- solution plus coûteuse que l'alimentation simple antenne

- ne permet qu'un fonctionnement partiel du jeu de barres en cas de maintenance de celui-ci

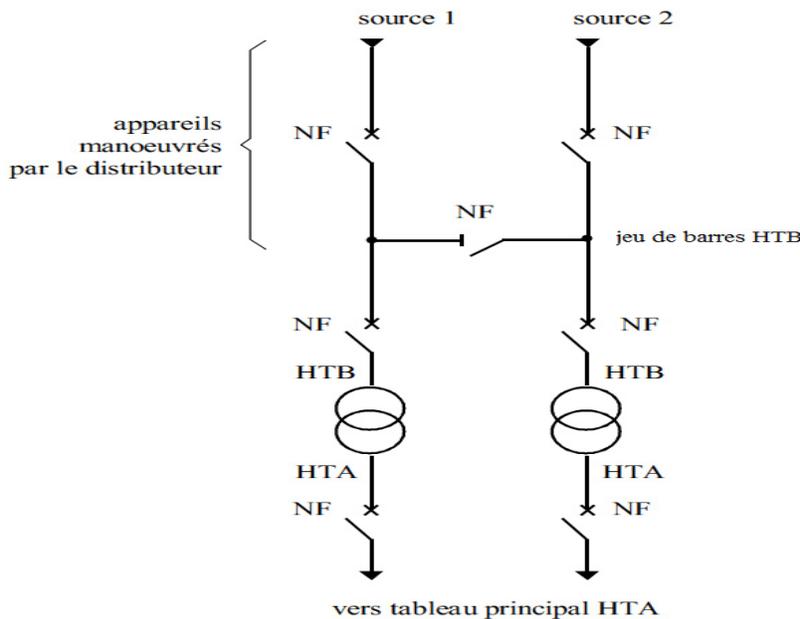


Fig. I-4 : Alimentation double antenne d'un poste de livraison HTB

c- Double antenne - double jeu de barres

Mode d'exploitation :

- normal : La source 1 alimente, par exemple, le jeu de barres JDB1 et les départs Dep1 et Dep2.
- La source 2 alimente, par exemple, le jeu de barres JDB2 et les départs Dep3 et Dep4.
- Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.
- perturbé : En cas de perte d'une source, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.
- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et l'autre jeu de barres alimente la totalité des départs.

- Avantage :

- bonne disponibilité d'alimentation
- très grande souplesse d'utilisation pour l'affectation des sources et des charges, et pour la maintenance des jeux de barres.
- possibilité de transfert de jeu de barres sans coupure (lorsque les jeux de barres sont couplés, il est possible de manœuvrer un sectionneur si son sectionneur adjacent est fermé).

- Inconvénient :

- surcoût important par rapport à la solution simple jeu de barres

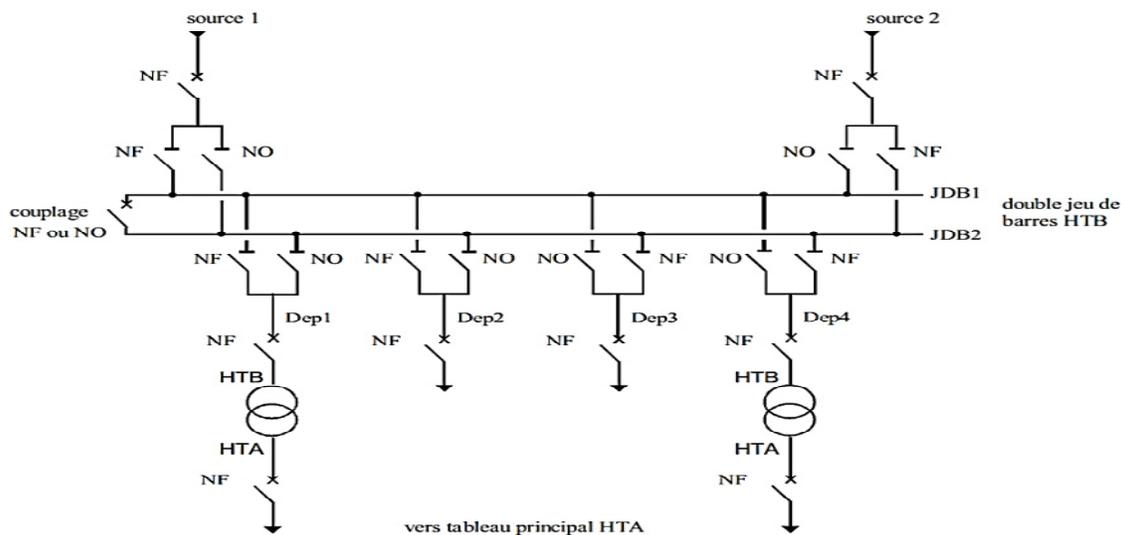


Fig. I-5 : Double antenne - double jeu de barres

I-5-2 Les postes de livraison HTA

Nous allons identifier les principales solutions d'alimentation d'un tableau HTA, indépendamment de son emplacement dans le réseau.

Le nombre de sources et la complexité du tableau diffèrent suivant le niveau de sûreté de fonctionnement désiré.

Les schémas sont classés dans un ordre tel que la sûreté de fonctionnement s'améliore tandis que le coût d'installation augmente [9].

a- 1 jeu de barres, 1 source d'alimentation

Fonctionnement :

En cas de perte de la source d'alimentation, le jeu de barres est hors service jusqu'à l'opération de réparation (voir Fig. I-6)

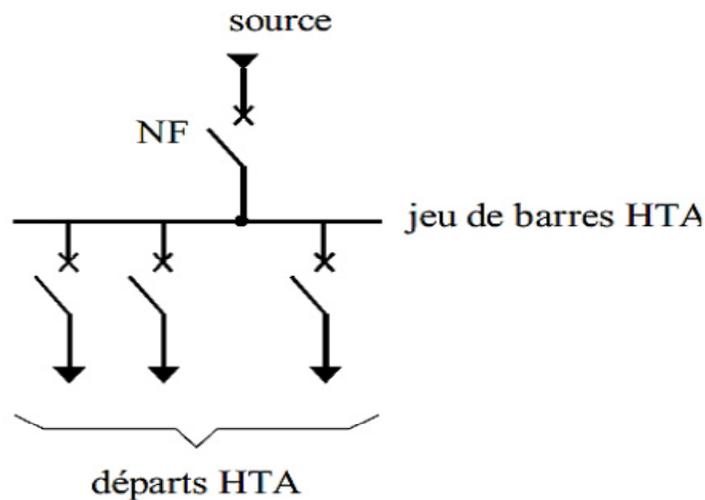


Fig. I-6 : 1 jeu de barres, 1 source d'alimentation

b- 1 jeu de barres sans couplage, 2 sources d'alimentation

Fonctionnement :

Les deux sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours de l'autre.

En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés (voir Fig. I-7)

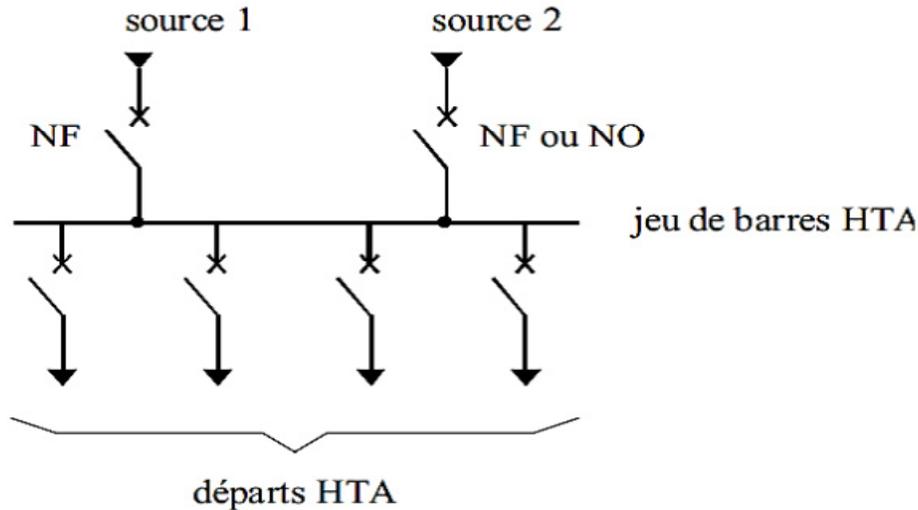


Fig. I-7 : 1 jeu de barres sans couplage, 2 sources d'alimentation

c- 2 demi jeux de barres avec couplage, 2 sources d'alimentations

Fonctionnement :

Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert. S'il est ouvert, chaque source alimente un demi-jeu de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage est fermé et l'autre source alimente les 2 demi-jeux de barres.

En cas de défaut sur un demi jeu de barres (Ou maintenance de celui-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée (voir fig I-8)

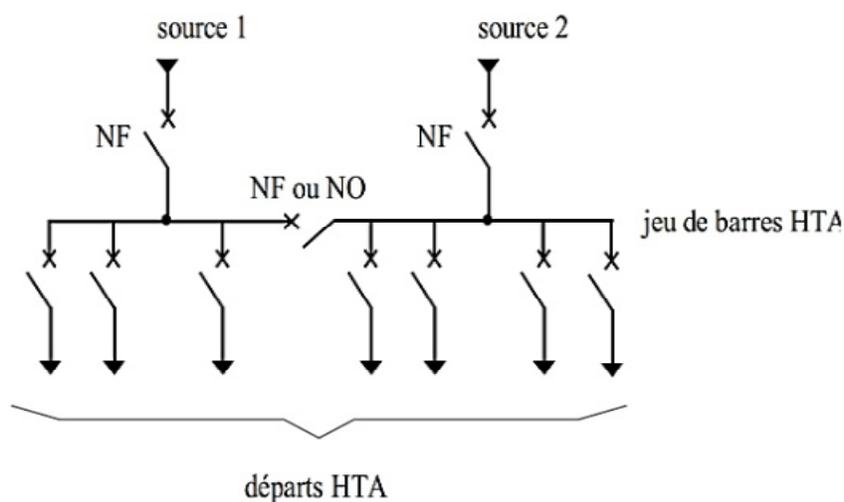


Fig. I-8 : 2 demi jeux de barres avec couplage, 2 sources d'alimentations

d- 1 jeu de barres sans couplage, 3 sources d'alimentation

Fonctionnement :

Les 3 sources peuvent fonctionner en parallèle ou l'une en secours des deux autres. En cas de défaut sur le jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), les départs ne sont plus alimentés (voir fig I-9)

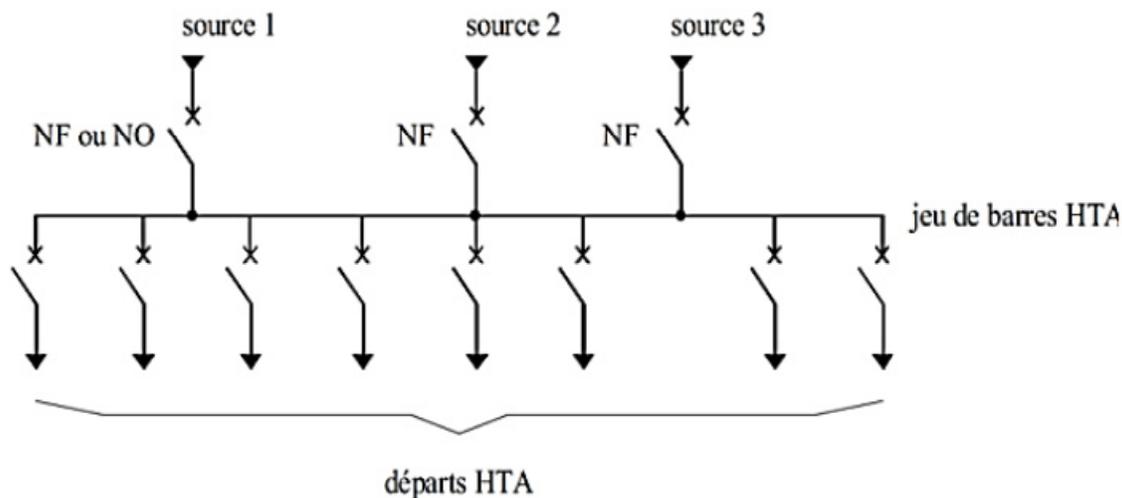


Fig. I-9 : 1 jeu de barres sans couplage, 3 sources d'alimentation

e- 3 sections de barres avec couplages, 3 sources d'alimentation

Fonctionnement :

Les 2 disjoncteurs de couplage peuvent être maintenus ouverts ou fermés. S'ils sont ouverts, chaque source alimente sa section de barres. En cas de perte d'une source, le disjoncteur de couplage associé est fermé, une source alimente 2 sections de barres et l'autre 1 section de barres (voir fig-10)

En cas de défaut sur une section de barres (ou maintenance de celle-ci), une partie seulement des départs n'est plus alimentée.

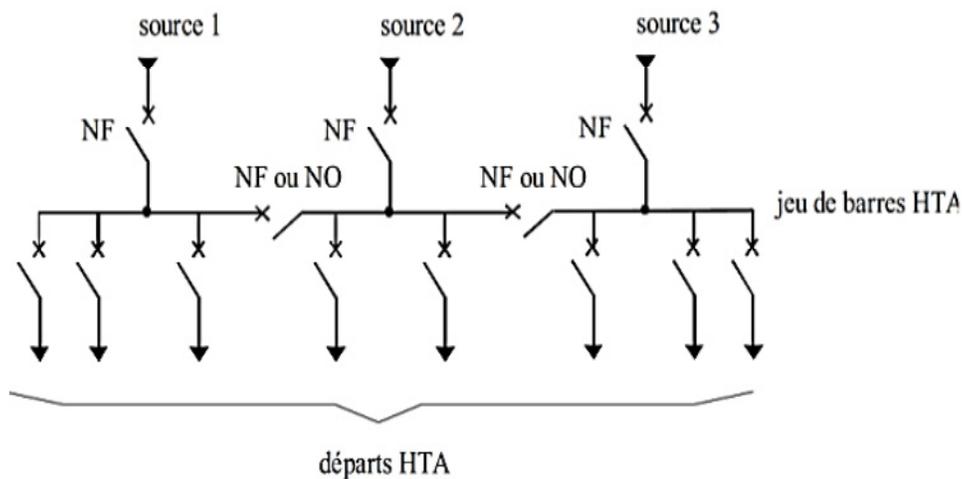


Fig. I-10 : 3 sections de barres avec couplages, 3 sources d'alimentation

I-5-3 Architecture des postes HTA/BT [6] [9]

a- En simple dérivation (en antenne)

Le poste est alimenté par une dérivation du réseau, il comporte, en règle générale, une cellule arrivée et protection générale par interrupteur-sectionneur et fusible. L'accord du client sera recherché pour la ligne secours (voir fig I-11).

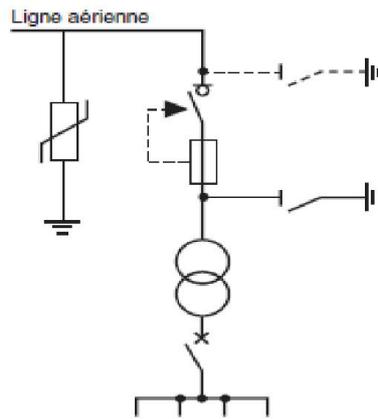


Fig. I-11 : Alimentation en simple dérivation (en antenne)

b- En coupure d'artère

L'alimentation du poste est insérée en série sur le départ MT, le poste comprend trois cellules MT (voir fig I-12).

- 01 cellule arrivée.
- 01 cellule départ.
- 01 cellule protection.

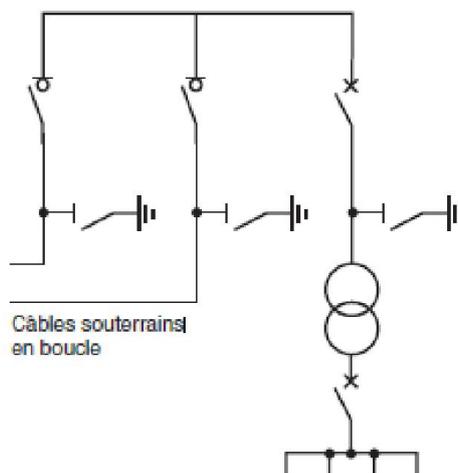


Fig. I-12 : Alimentation En coupure d'artère

Ce schéma permet au client de bénéficier d'une alimentation fiable à partir de deux postes sources ou de deux départs MT, ce qui limite les temps d'interruption.

c- En double dérivation

Le poste sera raccordé à deux départs distincts en parallèle. Le poste peut être alimenté par l'un ou l'autre de ces deux dérivations du réseau. Le poste comprend trois cellules MT (voir fig I-13):

- 02 cellules arrivées.
- 01 cellule protection.

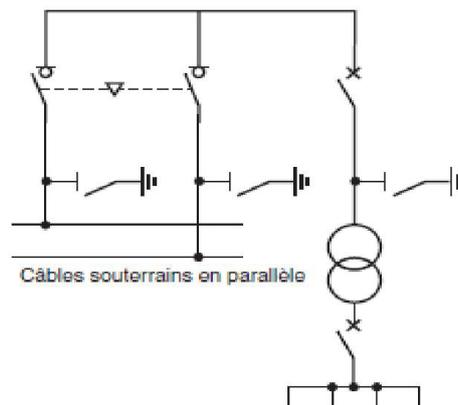


Fig. I-13 : Alimentation en double dérivation

La permutation d'une alimentation sur l'autre peut être effectuée, lors de la disparition de la tension sur la dérivation alimentant le poste :

- Soit par un automatisme.
- Soit manuellement.

I-6 Les composants électriques d'un poste HTB/HTA [10]

Nous citons ci-après les principaux composants électriques entrant dans la composition d'un poste HTB/HTA :

- Disjoncteur (à l'huile, à air comprimé, au SF6, à vide)
- Sectionneur fusible
- Sectionneur et malt
- Transformateur de mesure (courant, tension)
- Transformateur de puissance
- Système de protection

- Parafoudre
- Sources auxiliaires :
 - courant alternatif,
 - courant continu (batterie chargeur)
- Comptage de l'énergie électrique
- Système de contrôle local
- Système de télé-conduite :
 - télécommande
 - télémessure
 - consignation des états, défauts et mesures
 - etc.
- Jeu de barre

I-7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents types et architectures des réseaux électriques avec leurs gamme de tension, et les différents modes d'alimentation des postes (HTB/HTA, HTA/BT), et nous avons identifié les principales solutions d'alimentation des tableaux HTA et nous avons aussi présenté les composantes électrique d'un poste HTB/HTA.

Chapitre II

Recueil des données sur
le réseau actuel de la ville
d'Akbou.

II-1 Introduction

Après avoir effectué un stage d'un mois au niveau de SONELGAZ de Béjaia, nous avons rassemblé les informations sur le réseau MT de la ville d'Akbou concernant son schéma unifilaire, les deux postes HT/MT qui l'alimentent, et les différentes puissances installées dans la ville, qui nous seront utiles pour entamer notre travail de restructuration.

II-2 Présentation du réseau MT globale de la ville d'Akbou

Le réseau électrique MT de la ville d'Akbou est vaste vue sa grande superficie, la ville d'Akbou est caractérisé par son grand développement démographique et industriel qui nécessite un approvisionnement important en puissance. C'est pour cette raison que le réseau de la ville d'Akbou est divisé en trois parties (Akbou1, Akbou2, Chellata), qui sont alimentées par trois départs. Deux départs viennent du poste Taharacht (220/60/30 KV) pour alimenter Chellata et Akbou1 et le troisième départ vient du poste source Akbou (60/30 KV) pour alimenter Akbou 2. (Voir Fig II-1)

Ces trois départs sont bouclés entre eux en boucles ouvertes sans respecter les normes nécessaires, Les ouvertures sont faites au niveau de chaque tronçon qui relie deux réseaux de régions différentes.

L'alimentation des postes MT/BT de la ville est faite à travers des lignes aériennes et souterraines, avec des câbles de différentes sections en aluminium et en cuivre (voir Tab II-1) [9].

Tab II-1 : Caractéristiques des câbles MT.

	Nature	Section (mm ²)	Résistance (Ω/Km)	Réactance (Ω/Km)	I(A) limite thermique
Aérien	Cuivre	17.8	1.01	0.35	118
	Almelec	34.4	0.958	0.35	140
		54.6	0.603	0.35	190
		93.3	0.357	0.35	270
Souterrain	cuivre	70	0.3	0.1	210
	Aluminium	120	0.253	0.1	230

Et pour les caractéristiques des lignes (tronçons) qui relient les postes MT/BT et les nœuds (voir Annexe A).

II-2-1 Postes de transformation MT/BT

Les postes MT/BT sont classés selon [6] :

- **Leurs fonctions :**

- ✓ Poste (DP) de distribution publique.
- ✓ Poste (L) de livraison où abonné.
- ✓ Poste mixte (DP/L) de distribution publique et de livraison.

- **Leurs modes d'alimentation :**

- ✓ En simple dérivation (en antenne).
- ✓ En coupure d'artère.
- ✓ En double dérivation.

- **Selon ces éléments et leurs types :**

- ✓ **Poste sur poteau** : il contient un transformateur MT/BT et deux protections par fusible, une en moyenne tension et l'autre en basse tension.

La puissance de ces postes est généralement dépasse pas 160 KVA (50, 100, où 160KVA), et ils sont souvent alimentés en simple dérivation.

- ✓ **Poste maçonné** : il contient deux jusqu'à quatre cellules, une cellule de protection toujours existe dans ces poste, et dedans on trouve un transformateur MT/BT ($S \geq 160\text{KVA}$) où bien deux et aussi une protection soit par des fusibles où des disjoncteurs où bien une combinaison entre les deux.

Pour les autres cellules ça dépend du mode d'alimentation du poste, soit :

- 1 cellule arrivée, (en simple dérivation).
- 1 cellule arrivée, 1 cellule départ (en coupure d'artère).
- 2 cellules arrivées (double dérivation).
- 2 cellules arrivées, 1 cellule départ.
- 1 cellule arrivée, 2 cellules départs.

II-2-2 présentation des deux postes de transformation et d'interconnexion (HTB/HTA) qui alimentent la ville d'Akbou

Cette ville est alimentée par deux postes de transformation et d'interconnexion à travers un réseau aérien et souterrain : (voir Fig II-2, et II-3)

a- Poste de TAHARACHT 220/60/30KV

Le poste TAHARACHT est Alimenté par deux arrivés HTB (220KV) l'une qui vient de BOUIRA et l'autre de DARGUINA, il a une réserve de puissance de 18,45MVA à la pointe. Et ce poste contient :

- Deux transformateurs de puissance (2*40MVA).
- Huit départs, deux pour alimenter le réseau de la ville d'Akbou (Chellata et Akbou1).

b- Poste source AKBOU 60/30KVA

Le poste source d'AKBOU (60/30) est alimenté par le poste de TAHARACHT, et il a Une réserve de puissance de 13,42 MVA à la pointe et contient :

- Deux transformateurs de puissance (2*20MVA).
- Quatre départs, un pour alimenter le réseau de la ville d'Akbou (akbou2).

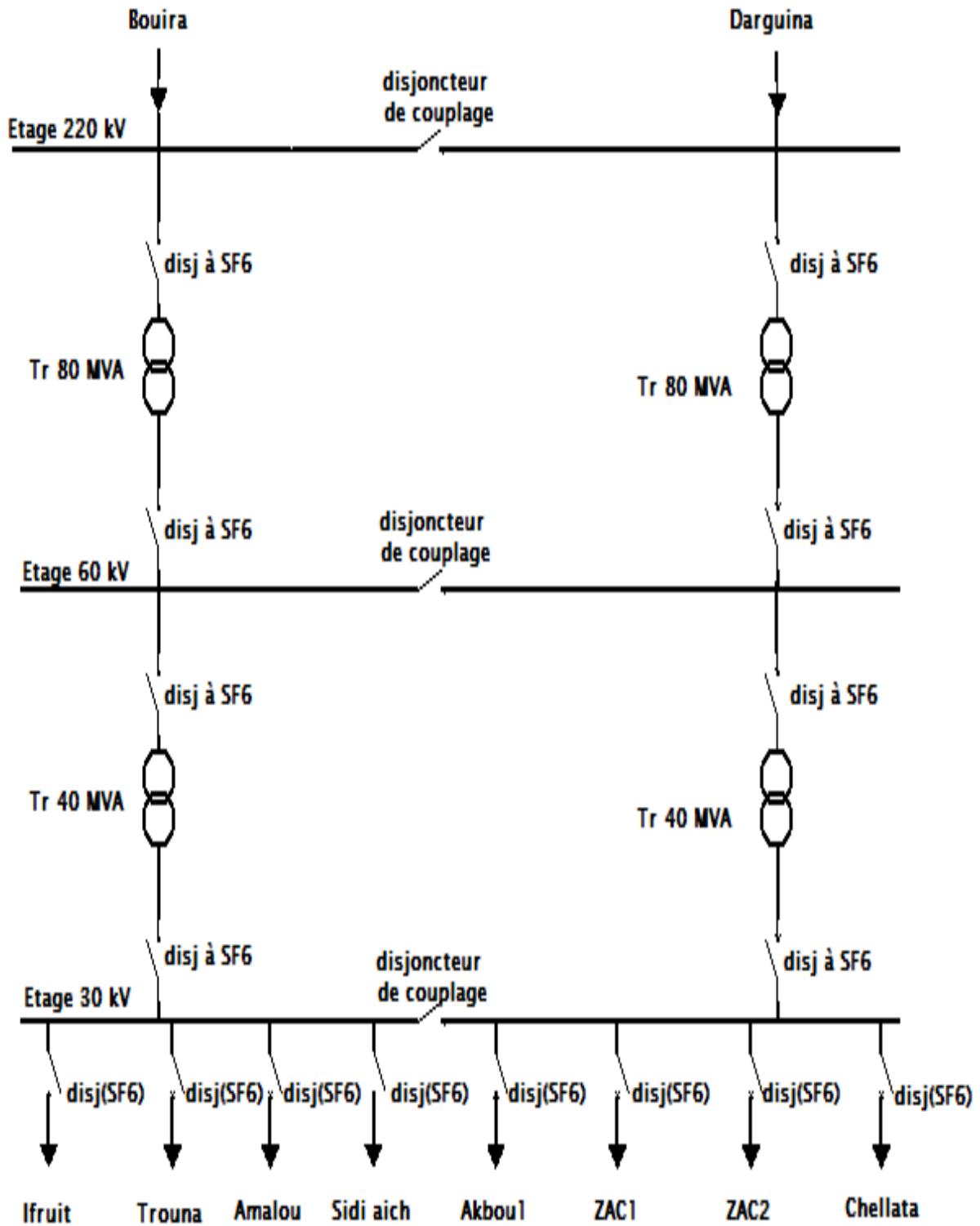


Fig II-2 : Schéma unifilaire du poste Taharacht (220/60/30KV).

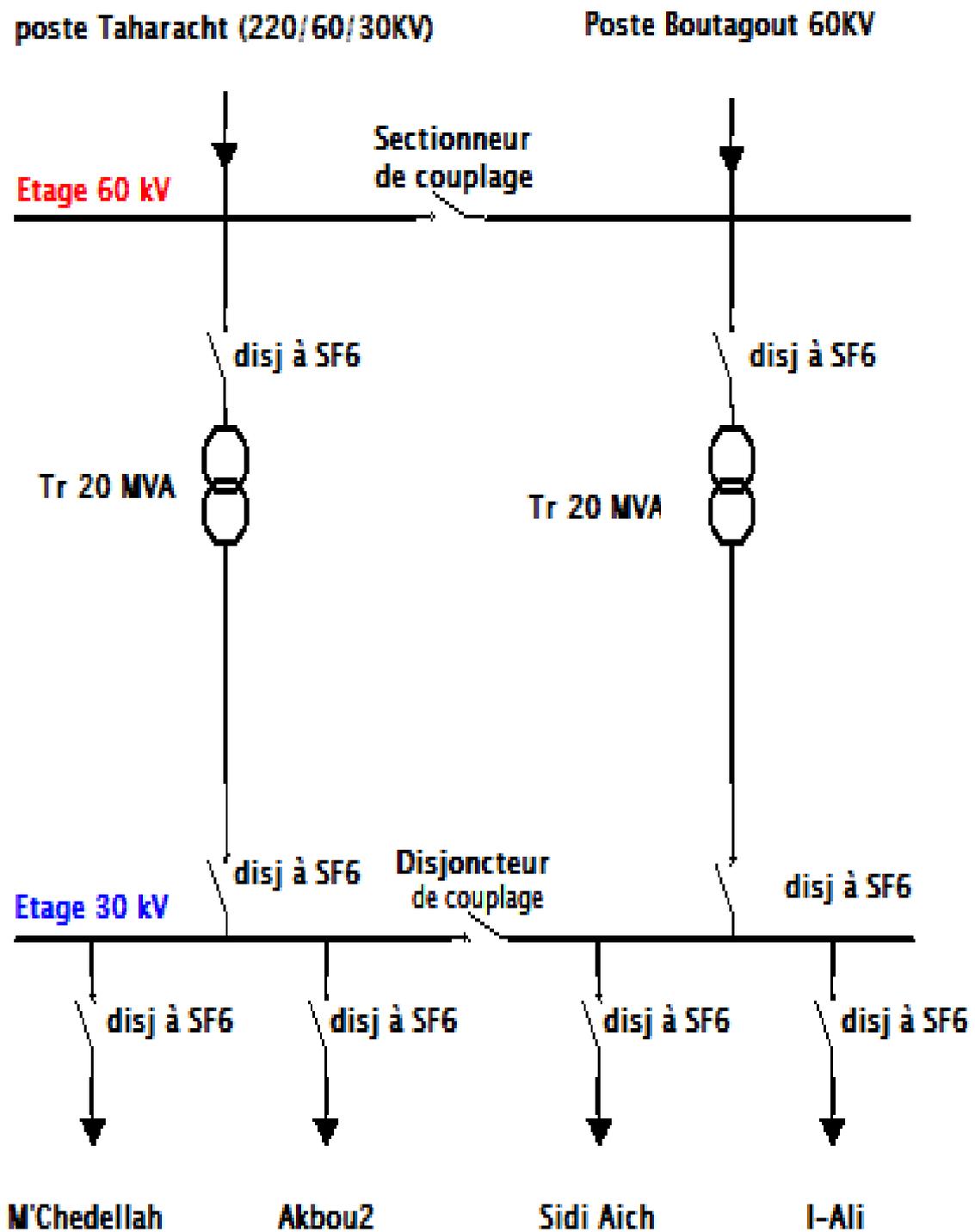


Fig II-3 : Schéma unifilaire du poste source Akbou (60/30KV).

II-2-3 Présentation des réseaux des trois régions (Akbou1, Akbou2, Chellata)

Le réseau de la ville d'Akbou est très grand c'est pour cela qu'il est judicieux de diviser le réseau en trois parties Akbou 1, Akbou 2, Chellata

a- Partie 1 (AKBOU1)

1- Schéma unifilaire de la partie 1 (AkBOU1) (voir Fig II-1) : ce schéma est constitué de 44 postes (abonné, livraison, mixte) soit maçonné ou sur poteau qui sont alimentés en aéro-souterrain par un départ qui vient du poste Taharacht, la majorité des postes sont alimentés en simple antenne.

2- Présentation des postes existant dans cette partie et leur puissance (voir Tab II-2) :

Tab II-2 : Postes installés au niveau de la région Akbou1.

N° du poste	nom du poste	fonction	puissance installé(KVA)	PMD(KW)	nombre de transfo
4623	BENADJAOUD I	DP	250	/	1
4684	BENADJAOUD II	DP	160	/	1
4650	OUACIF	DP	100	/	1
4539	PGE PRIMAIRE AKBOU	AB	100	80	1
7618	GH MAIBECH	DP	100	/	1
7033	FGE TAHACHT APC AKBO	AB	100	80	1
6095	SABLIERE BENSBA	AB	400	320	1
4504	SABLIERE BENSBA	AB	400	320	1
6075	GH HAMITOCHE	DP	100	/	1
7061	PATTE D'OIE +DP	MX	650	80	1
4821	SARL GAYA	AB	630	300	1
4900	SIEGE DAIRA AKBOU	AB	100	80	1
4549	FAUBOURG AKBOU	DP	400	/	1
4512	SH/P/SOUTIRAGE	AB	50	50	1
4649	EP RN26+DP	MX	160	50	1
7176	DP GARE AKBOU	DP	400	/	1
7242	NATEXIS BANQUE	AB	250	200	1
4959	LOTS MERIDJI	DP	400	/	1
4667	TECHNICUM AKBOU	AB	630	200	1
4941	CEM BASE7 GUENDOUZA	AB	250	50	1

4908	EDIPAL + GUENDOUZAIH	MX	250	80	1
7131	PARC OMNISPORT	AB	250	200	1
7240	RESTAURANT PALACE	AB	100	80	1
4807	PARPAING BENSEBAA	AB	100	80	1
4873	GH ICHAALALENE	DP	250	/	1
4893	BETROUN AHMED	AB	630	500	1
7073	RESTAURANT FERKANE	AB	100	80	1
7053	48 LOGTS EPLF	DP	250	/	1
4627	R.T.A AKBOU	AB	160	50	1
4739	S.E.F AKBOU	AB	400	50	1
4620	STATION SH	AB	63	50	1
7347	SNC KHIMOUZI	AB	160	120	1
4615	ISSAKOUREN	DP	250	/	1
7501	GH SAADI AMRANE	DP	400	/	1
6032	CITE DE PINS AKBOU	DP	400	/	1
7249	CITE DES PINS	DP	630	/	1
7291	PROMOTION REFLEXO	DP	250	/	1
4817	AKBOU VILLE 2	DP	400	/	1
7194	AKBOU 4	DP	630	/	1
7223	BANQUE BDL AKBOU	AB	250	200	1
7220	AGENCE CNEP	AB	100	80	1
7128	AG CPA	AB	100	50	1
7317	50 LOGTS OPGI AKBOU	DP	400	/	1
7201	DP EX CASERNE AKBOU	DP	400	/	1
TOTAL			12553	3430	44

DP : Poste de distribution publique.

AB : Poste de distribution abonné.

MX : Poste mixte.

PMD : puissance mise en disposition.

3- La longueur développée du départ d'AKBOU 1(voir Tab II-3) :

Tab II-3 : Longueur développée du départ d'AKBOU 1.

	Longueur (km)	En %
En souterrain	9.003	47.82
En aérien	9.827	52.18
TOTAL	18.83	100

4- La puissance et courant consommé lors de la mesure pointe été 2016 (voir Tab II-4) :

Tab II-4 : La charge du départ d'akbou1 à la pointe été 2016.

Puissance apparente S (MVA)	5.78
Courant (A)	107.2

b- Partie 2 (AKBOU 2)

1- Schéma unifilaire de la partie 2 (AkBOU2) (voir Fig II-1) : ce schéma est constitué de 64 postes (abonné, livraison, mixte) soit maçonné ou sur poteau qui sont alimentés en aéro-souterrain par un départ qui vient du poste source Akbou, la majorité des postes sont alimentés en simple antenne.

2- Présentation des postes existant dans cette partie et leur puissance (voir Tab II-5) :

Tab II-5 : Postes installés au niveau de la région Akbou2.

N° du poste	nom du poste	fonction	puissance installé(KVA)	PMD(KW)	nombre de transfo
7321	INJEC. LAAZIB OULHDI	DP	160	/	1
4712	EP ZI	AB	63	50	1
7311	ER AMAGHOUCHE	DP	100	/	1
7395	ARAFOU 2	DP	160	/	1
7615	ARAFOU HAUT	DP	160	/	1
7349	SR N°2 SIDI ALI	AB	630	400	1
6089	GH HAMITOUCHE	DP	100	/	1
5086	DP BOUIZENE	DP	250	/	1
7583	DP HIBOUCHEARAFOU B	DP	400	/	1
7508	RESIDENCE ETOILE	DP	400	/	1

7113	ER LOTS AIT SAID 2	DP	400	/	1
7108	GH AZZI BRAHIM	DP	400	/	1
4931	460 LOGTS N:2 AKBOU	DP	400	/	1
7141	GH BITA ROUTE A	DP	400	/	1
4509	LYCEE POLYVALENT	AB	160	120	1
4977	460 LOGTS N°1 AKBOU	DP	250	/	1
5074	CNASAT AKBOU	AB	160	120	1
7276	TRIBUNAL AKBOU	AB	250	120	1
4528	ARAFOU	DP	630	/	1
4912	504 LOGTS	DP	250	/	1
7161	AFAFOU 2	DP	630	/	1
4962	ST /REPRISE IGHREM	AB	100	80	1
6082	LIMONADERIE CORDIAL	AB	630	500	1
5066	SNCHUILERIE	AB	630	400	1
7226	ER TIDJA	DP	100	/	1
4696	IGHIL NACER	DP	400	/	1
4697	IGHIL NACER 2	DP	400	/	1
4703	LAAZIB OULHDIR	DP	100	/	1
4987	SRI IGHREM	AB	160	120	1
4989	SR3IGHRAM	AB	160	120	1
7216	ER TIMSILT	DP	100	/	1
4988	ST REP 2 IGHRAM	AB	160	120	1
4734	ALMA	DP	400	/	1
7281	ALMA OUGNAN II	DP	160	/	1
4679	TIGHERMINE	DP	100	/	1
4990	ST/RP4 IGHRAM	AB	100	50	1
4680	TIZI N'ALI	DP	100	/	1
4737	IAZOUNENE	DP	160	/	1
7188	SARL BOISSONSNEFTAH	AB	100	80	1
7122	SNC SOFAPAL	AB	630	200	1
4547	IRSEN	DP	100	/	1
7072	20LOGTS IGHREM	DP	100	/	1
4960	CEM IGHREM	AB	400	50	1
7045	HUILERIE AODIA	AB	100	50	1
4607	20 LOGTS IGHREM	DP	400	/	1
6069	IGHREM II	DP	160	/	1

4808	PGE IGHREM	AB	100	80	1
7099	TASLENT 2	DP	400	/	1
4811	TAZAGHARTE 2	DP	100	/	1
4810	TAZAGHARTE 1	DP	100	/	1
4809	AIT AMAR	DP	100	/	1
7595	TIGHERT ALI	DP	160	/	1
4700	TASLENT	DP	400	/	1
7206	E.F BASE 3 IGHAM	AB	100	80	1
7062	SR IGERBANE	AB	100	80	1
4768	BENI SELLAM 3	DP	50	/	1
4767	BENI SLEM II	DP	50	/	1
4766	BENI SELLAM 1	DP	100	/	1
4879	TIGHILT MAKHLOUF 1	DP	50	/	1
4881	TIGHILT MAKHLOUF 3	DP	50	/	1
7064	SR3 TIGHILT	AB	100	80	1
7063	SR2 IAMOURENE	AB	100	80	1
4880	TIGHILT MAKHLOUF 2	DP	100	/	1
7477	ARAFOU.3 BAS	DP	630	/	1
TOTAL			15093	2980	64

3- La longueur développée du départ d'AKBOU 2(voir Tab II-6) :

Tab II-6 : Longueur développée du départ d'AKBOU 2.

	Longueur (km)	En %
En souterrain	4.7	19,89
En aérien	18.94	80,11
TOTAL	23.64	100

4- La puissance et courant consommé lors de la mesure pointe été 2016 (voir Tab II-7) :

Tab II-7 : La charge du départ d'Akbou 2 à la pointe été 2016.

Puissance apparente S (MVA)	5.37
Courant (A)	100

c- Partie 3 (CHELLATA)

- 1- Schéma unifilaire de la partie 3 (CHELLATA) (voir Fig II-1) : ce schéma est constitué de 87 postes (abonné, livraison, mixte) soit maçonné ou sur poteau qui sont alimentés en aéro-souterrain par un départ qui vient du poste Taharacht, la majorité des postes sont alimentés en simple antenne.
- 2- Présentation des postes existant dans cette partie et leur puissance (voir Tab II-8) :

Tab II-8 : Postes installés au niveau de la région Chellata.

N° du poste	nom du poste	fonction	puissance installé(KVA)	PMD(KW)	nombre de transfo
7282	SR 1 CHELLATA	AB	160	120	1
7283	SR 2 CHELLATA	AB	160	120	1
4920	ISSOUMER	DP	100	/	1
7286	SR 3 CHELLATA	AB	160	120	1
7343	ER TAOURIRTH	DP	100	/	1
7196	FELDEN II	DP	160	/	1
4716	TALA MELLAL	DP	100	/	1
4843	AIT SIDI AMAR	DP	160	/	1
7284	SR 4 CHELLATA	AB	160	120	1
4709	FELDEN	DP	160	/	1
7418	FELDEN II	DP	400	/	1
4835	FETHOUN II	DP	400	/	1
4834	FETHOUNE I	DP	100	/	1
6067	IGHIL OUBERKI3	DP	400	/	1
7048	ER AHFIR	DP	100	/	1
4926	TAKHLICHT I	DP	100	/	1
4927	TAKHLICHT II	DP	50	/	1
4924	TIZI N'SLIB	DP	100	/	1
4919	CHALATA II	DP	100	/	1
4918	CHALATA I	DP	100	/	1
7341	ER EL KHARBA	DP	100	/	1
4942	AIT ANANE	DP	50	/	1
7342	ER QUARTIER ELMA	DP	100	/	1
4944	AIT HAYANI	DP	100	/	1
4943	AIT MKADEM	DP	160	/	1
5099	10 LGTS CHELLATA	DP	160	/	1

7166	CARRIERE STRPS	AB	100	80	1
7288	SR 6 CHELLATA	AB	160	120	1
7325	E.F BASE 6 CHELLATA	AB	160	80	1
4947	ELMA I	DP	160	/	1
7008	SR ELMA	AB	100	80	1
4948	ELMA II	DP	100	/	1
7475	M LIHA	DP	400	/	1
7172	ER TIHARKATINE	DP	100	/	1
6065	100LOGTS OPGI	DP	100	/	1
6029	TIHARKATINE II	DP	250	/	1
5030	TIFRIT II	DP	160	/	1
7035	GH AIT SAIDI	DP	50	/	1
4608	GH TIHARKATINE	DP	160	/	1
4584	GH BOUKTIT	DP	100	/	1
4911	CENTRE PSY.PEDAGO.	AB	250	120	1
6072	SR TIFRIT	AB	100	80	1
7187	06LGTS CENTRE MEDICO	DP	100	/	1
4538	ST RP APC AKBOU	AB	100	80	1
7174	ER IGHIL NEDJBER 2	DP	100	/	1
7173	ER IGHIL NEDJBER 1	DP	160	/	1
7159	ER SIDI ALI3	DP	160	/	1
7392	LYCEE TIHARKATINE	AB	400	200	1
7454	TIHARKATINE	DP	400	/	1
7328	EF B6 TIHARKATINE	AB	160	80	1
7217	ECOLE BASE 05 AKBOU	AB	100	80	1
7232	SIDI ALI II	DP	250	/	1
4992	LOT.SIDI ALI	DP	250	/	1
6085	ANNEXE INSFP	AB	250	80	1
7295	60 LOGTS LSP AKBOU	DP	250	/	1
6065	100LOGTS OPGI	DP	100	/	1
7070	50LOGTS OPGI	DP	100	/	1
7157	ER SIDI ALI1	DP	160	/	1
7158	ER SIDI ALI2	DP	160	/	1
4707	CFPA AKBOU	AB	630	80	1
4653	SR BOUZEROUAL	AB	400	320	1
7002	CLINIQUE HAMANI	AB	100	80	1

7332	COOP. BELLE VUE	DP	630	/	1
7218	CABINET ALLOUCHE	AB	100	80	1
5020	48 LOGTS AKBOU	DP	100	/	1
4602	CITE SONITEX	AB	1000	200	1
7409	42 LOGTS LSP CARF	DP	250	/	1
7254	DP RAHBA	DP	400	/	1
7020	DP IDJDAREN	DP	400	/	1
7444	RESIDENCE LIZA	DP	400	/	1
7559	31 LOGTS NAIT SLIMAN	DP	400	/	1
4570	130 LOGTS AKBOU	DP	250	/	1
4662	EDGB AKBOU	MX	800	200	2
7125	90/30 LOGTS DLEP	DP	400	/	1
7019	24 LOGTS EPLF	DP	630	/	1
4506	CITE CASOREC	DP	100	/	1
4530	HOPITAL AKBOU	AB	400	320	1
4546	CT8 AKBOU	AB	160	120	1
7591	CONTRIBUTION IMPOT	AB	250	200	1
4508	90 LOGTS AKBOU	DP	400	/	1
4736	CEM 800/300AKBOU	AB	400	120	1
7202	GH AKKOUCHE	DP	400	/	1
4507	CEM AKBOU	AB	63	50	1
7100	GH SAADI	DP	160	/	1
7340	ST REF. BOUKTIT	AB	250	120	1
7353	COOP.CITE GMS	DP	400	/	1
4550	AKBOU VILLE	DP	630	/	1
TOTAL			20093	3450	87

3- La longueur développée du départ de CHELLATA (voir Tab II-9) :

Tab II-9 : Longueur développée du départ de CHELLATA.

	Longueur (km)	En %
En souterrain	5.973	15.64
En aérien	32.238	84.36
TOTAL	38.21	100%

4- La puissance et courant consommé lors de la mesure pointe été 2016 (Tab II-10) :

Tab II-10 : La charge du départ de CHELLATA à la pointe été 2016.

Puissance apparente S (MVA)	7.86
Courant (A)	143.8

II -3 Protection du réseau de la ville d'Akbou

II-3-1 Régime du neutre adopté par SONELGAZ

Sur les réseaux de distribution, la mise à la terre du neutre MT détermine d'une manière essentielle les caractéristiques des défauts à la terre lorsque ceux-ci se produisent. Une attention particulière est accordée à ce problème, elle est justifiée par le fait que, sur les réseaux de distribution MT, 70 à 80% des défauts sont monophasés [6].

a- Critère de choix

Au niveau des postes HT/MT, le régime du neutre adopté par SONELGAZ est le neutre mise à la terre à travers une résistante (voir figure II-4). Ce régime réalise une bonne sélectivité ; le courant résiduel du défaut homopolaire doit être détecté sans être confondu avec les courants capacitifs des départs sains.

En tenant compte de ces arguments, l'intensité du courant du neutre suite à un court circuit franc à la terre et limitée à :

- 1000A, pour les réseaux souterrains ; puisque le courant de fuite, et le courant de défaut sont importants (les impédances de défauts sont fiables).
- 300A pour les autres réseaux (aériens et mixtes).

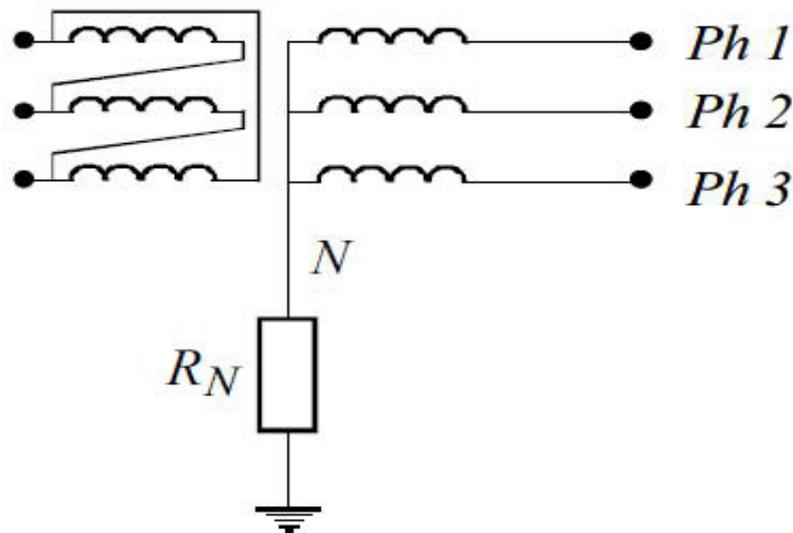


Fig II-4 : Neutre mise à la terre à travers une résistance.

b- La valeur de la résistance de limitation

Puisque l'impédance propre du transformateur, et de la terre sont insuffisantes pour limiter les courants des défauts à des valeurs convenables, R_N est intercalée entre le point neutre du transformateur et la terre :

Pour un réseau aérien ou mixte

$$R_N = \frac{U_{2n}}{\sqrt{3} * I_{neutre}} = \frac{30000}{\sqrt{3} * 300} = 57,73 \Omega \quad (II - 1).$$

Pour un réseau souterrain

$$R_N = \frac{U_{2n}}{\sqrt{3} * I_{neutre}} = \frac{30000}{\sqrt{3} * 1000} = 17,32 \Omega \quad (II - 2).$$

II-3-2 Protection des Départs HTA [11] [12]

a- Protection à maximum de courant de phase

Le seuil de protection à maximum de courant de phase protège la ligne contre les surcharges inadmissibles (Première seuil : courant de surcharge (I_{srch}) et le court-circuit entre phases (Deuxième seuil : courant de défaut minimal (I_{ccmin}). Son réglage tient compte du courant de surcharge maximal (défini par le courant admissible des conducteurs ou par le courant de surcharge maximal des transformateurs de courant de la ligne) et du courant de défaut minimal en bout de la ligne (défaut biphasé). Le temps d'action de cette protection ne dépasse en aucun cas 1 seconde.

$$I_{srch} < I_{cc.min} \quad Temps \leq 1sec$$

- **La protection à temps indépendant**

La temporisation est constante, elle est indépendante de la valeur du courant mesuré, le seuil de réglage sont généralement réglables par l'utilisateur. (Voir Fig II-5)[13]

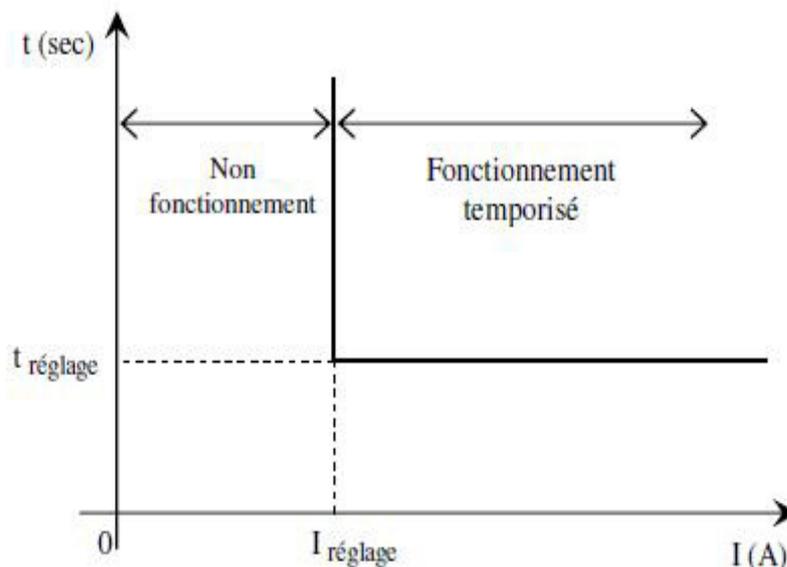


Fig II-5 : Protection à maximum de courant à temps Indépendant.

- **La protection à temps dépendant**

La temporisation dépend du rapport entre le courant mesuré et le seuil de fonctionnement. Plus le courant est élevé et plus la temporisation est faible (Fig II-6).

Elles définissent plusieurs types : à temps inverse, très inverse, et extrêmement inverse, pour une temporisation réglée à 1 seconde le courant de déclenchement est $10I_{\text{réglage}}$.

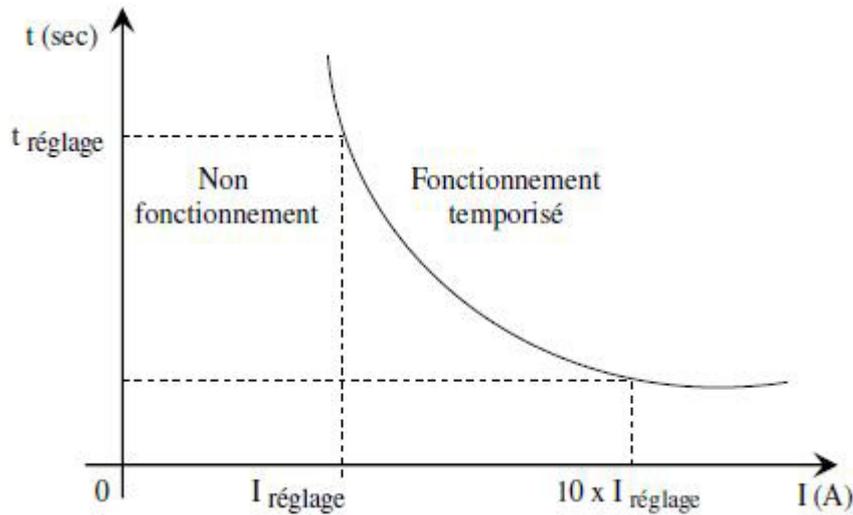


Fig II-6 : Protection à maximum de courant à temps dépendant

b- Protection de maximum de courant homopolaire

Cette protection est faite pour protéger le départ contre les défauts à la terre. Le courant résiduel qui caractérise le courant de défaut à la terre est égal à la somme vectorielle des 3 courants de phase. Le courant résiduel est égal à 3 fois le courant homopolaire I_0 .

$$I_{rsd} = 3.I_0 = I_1 + I_2 + I_3$$

Il y a deux méthodes pour caractériser le courant résiduel :

- Par la mesure directe sur le TC tore,
- Par le calcul à partir de trois TC phase

Le réglage est choisi de façon à rester insensible au courant capacitif circulant dans le neutre lors des défauts proches sur les autres départs du poste. Il doit pouvoir détecter le courant de court circuit minimal. Sa temporisation est commune au seuil violent du courant de phase. Elle est généralement très basse.

$$I_{c0} < I_{\text{réglage}} < I_{cc \text{ min}} \qquad \text{Temps} \leq 1\text{sec}$$

Avec : I_{c0} c'est le courant capacitif du départ.

c- Protection de terre résistant

Cette protection est destinée à protéger les lignes moyenne contre le court-circuit à la terre avec résistance très résistant d'ordre 11 k Ω en 10 kV et 35 k Ω en 30 kV, c'est une protection centralisée et non sélective [14].

$$I_{\text{réglage}} = 5A$$

$$\text{Temps} = 5s$$

d- Automate de réenclencheur

La plupart des défauts dans les réseaux de distribution MT aérien sont du type défaut fugitif. Afin de limiter la durée de la coupure électrique des clients, les différents automates de reprise de service (réenclencher) sont installés sur les départs. Sur les départs aériens du réseau de distribution MT issue d'un poste source, on trouve un disjoncteur commandé par un dispositif de réenclenchement triphasé avec les cycles rapide et lent (Fig II-7). L'instruction d'action de réenclencher est automatiquement effectuée selon les étapes consécutives ci-dessous :

- Cycle rapide :

C'est le cycle de déclenchement réenclenchement triphasé rapide. Après 150 ms du moment de l'apparition du défaut, le disjoncteur est ouvert pour couper l'alimentation du réseau en défaut. La durée de mise hors tension est d'environ 300 ms pour permettre la dé-ionisation de l'arc électrique. Si le défaut est éliminé après un cycle rapide, il est de type défauts fugitifs.

- Cycles lents

Si le défaut réapparaît après la fermeture du disjoncteur à la fin du cycle rapide, on effectue automatiquement un cycle de déclenchement-réenclenchement triphasé lent. Un deuxième déclenchement a lieu 500 ms après la réapparition du défaut. La durée de coupure est de 15 à 30 secondes. Ce cycle peut être suivi d'un deuxième cycle analogue ; c'est le cas général lorsqu'il est fait usage d'interrupteurs aériens à ouverture dans le creux de tension (IACT). Si le défaut est éliminé après les cycles lents, il est de type défauts semi permanents.

- Déclenchement définitif

Si le défaut persiste encore après les cycles de réenclenchement (cycle rapide, 1 ou 2 cycles lents), c'est un défaut permanent. Le disjoncteur est déclenché après 500ms jusqu'à la fin de l'intervention nécessaire.

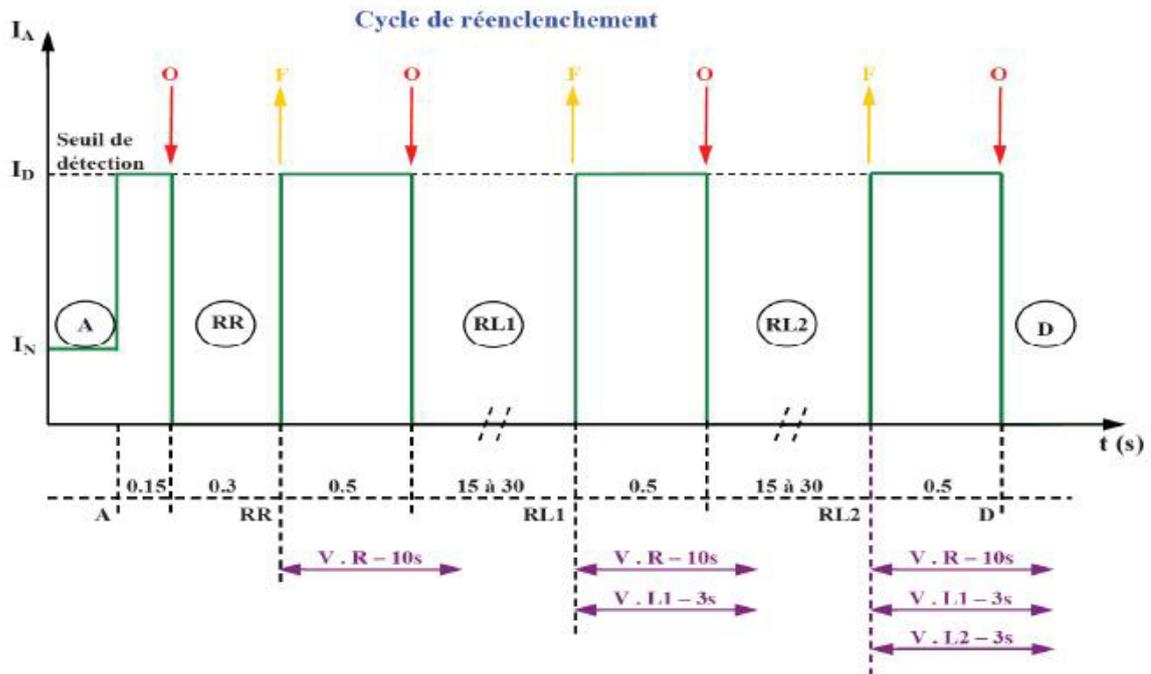


Fig II-7 : Diagramme des cycles de réenclenchement.

Avec :

A : Apparition d'un courant de défaut sur le départ,

D : Déclenchement définitif,

F : Fermeture du disjoncteur,

O : Ouverture du disjoncteur,

RL : Réenclenchement lent (lent 1 et lent 2),

RR : Réenclenchement lent,

VR : Verrouillage réenclenchement rapide pendant 10 à 15 sec,

V.L1 : Verrouillage réenclenchement lent 1 pendant 3 sec,

V.L2 : Verrouillage réenclenchement lent 2 pendant 3 sec.

II-3-3 Protection de transformateur MT/BT [15]

a- Protection contre les surtensions

Les transformateurs MT/BT raccordés au réseau aérien ou aéro-souterrain seront protégés contre les surtensions atmosphérique par des éclateurs à cornes.

Dans le cas particulier des zones à haut altitude, la protection sera assurée par des parafoudres.

b- Protection contre les surintensités

- Poste sur poteau ($S \leq 160$ KVA)

Le transformateur sera protégé contre les surintensités par un disjoncteur, équipé d'une protection magnétothermique, installé à l'origine des départs BT, les caractéristiques des disjoncteurs sont données dans le tableau ci-dessous et de côté MT par un jeu de 3 coupe –circuit à fusible limiteur.

Tab II-11 : Caractéristiques des disjoncteurs magnétothermique pour les postes sur poteaux.

Puissance des postes MT/BT (KVA)	Nombre de départ à la sortie du poste transformateur MT/BT			
	1		2	
	I_M (A)	I_T (A)	I_M (A)	I_T (A)
50	400	80	300	50
100	800	160	500	100
160	1000	200	800	160

Avec :

I_M : Valeur du relais magnétique avec temps d'intervention de 20ms.

I_T : Valeur du relais thermique.

- Poste en cabine (160 KVA $\leq S \leq 630$ KVA)

La protection contre les surintensités est assurée

- Coté MT par un jeu de 3 coupe-circuits à fusible limiteur, le courant nominal du fusible MT en fonction de la puissance du transformateur et de la tension de réseau MT sont données dans le Tableau II-12 ci-après.

- Coté BT par un disjoncteur magnétothermique, les caractéristiques des disjoncteurs sont données dans le Tableau III. 3 ci-après.

Tab II-12 : Calibre des fusibles MT.

Puissance des postes MT/BT (KVA)	Courant nominal du fusible (A)	
	U=10 KVA	U=30 KVA
160	63	25
250	63	25
400	100	40
630	160	63

Tab II-13 : Caractéristiques des disjoncteurs magnétothermiques pour les postes cabines.

Puissance des postes MT/BT (KVA)	Disjoncteur magnétothermique transformateur MT/BT	
	I_M (A)	I_T (A)
160	750	250
250	2000	400
400	3000	600
630	5000	1000

Avec :

I_M : Valeur du relais magnétique avec temps d'intervention de 20ms ;

I_T : Valeur du relais thermique.

c- Protection contre les surcharges

Pour assurer la protection du transformateur MT/BT contre les surcharges il faut effectuer les actions de préventions suivantes :

- Le contrôle du développement des charges BT, de façon à exclure pratiquement l'éventualité d'une charge du transformateur.
- Vérifier que le réglage des protections des lignes BT en cas de défaut résistif sur une des lignes ne produit pas une surcharge du transformateur MT/BT.

II-4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons recueillis les informations sur le réseau électrique MT actuel de la ville d'Akbou. Cela concerne les postes source HTB/HTA et HTA/BT installé dans la ville et le schéma unifilaire du réseau, et aussi les différentes protections utilisées ainsi que le régime du neutre adopté par le groupe SONELGAZ. Ces informations nous permettront de faire notre étude et d'effectuer des applications pour proposer une restructuration.

Chapitre III

Proposition d'une
restructuration pour la ville
d'Akbou

III-1 Introduction

Pour améliorer la qualité de fourniture électrique, et faire en sorte que l'offre continue à satisfaire la demande, et d'assurer un bon fonctionnement du réseau, nous allons faire une étude sur le réseau de la ville d'Akbou, et proposer trois variantes afin de choisir celle qui convient à notre réseau.

III-2 Problèmes rencontrés dans le réseau (MT) de la ville d'Akbou

Plusieurs problèmes ont été rencontrés dans les réseaux aériens et souterrains de la ville d'Akbou, ces problèmes engendrent des coupures d'électricité et influent sur la continuité de service du réseau de la ville.

III-2-1 Réseau aérien

Parmi les problèmes les plus fréquents rencontrés sur le réseau aérien, on trouve :

- Les appareils mécaniques (interrupteurs) qui s'usent avec le temps.
- Les agressions d'ouvrages (construction d'habita sans le respect de la distance de sécurité).
- Les entretiens du réseau qui sont couteux et qui nécessitent des coupures.
- Construction des nids par les cigognes qui engendre des courts-circuits.
- La fissuration des isolateurs en céramique ou en verre par des débris portés par des vents ou des tirs sans précaution d'armes ;
- ou encore des surfaces d'isolateurs avec de forts dépôts de pollution, pouvant entraîner un court-circuit à la terre.
- La dilatation et le fléchage des câbles à cause de la chaleur et les courants élevés (effet joule).

III-2-2 Réseau souterrain

Les défauts sur les réseaux souterrains sont moins fréquents que ceux du réseau aérien. Les défauts sur les câbles des réseaux souterrains peuvent parfois provenir d'un mauvais confectionnement de boîte à câbles, ou d'une mauvaise pose des câbles. Ils résultent le plus souvent de dommages occasionnés par des outils tels que pioches, marteaux-piqueurs ou par des engins de terrassement utilisés par d'autres services publics. Les défauts sont toujours permanents et nécessitent plus de temps de localisation et de réparation.

III-3 Restructuration des réseaux moyenne tension

La restructuration des réseaux moyenne tension se fait dans le but d'améliorer la continuité de service et d'assurer un bon fonctionnement du réseau. Pour cela il faut réaliser une étude technique et préliminaire, et cette dernière se fait selon le type du réseau, soit en aérien soit en souterrain.

III-3-1 Restructuration des réseaux aériens

La structure des réseaux aériens est arborescente à deux ordres de lignes : dorsale et dérivation (voir Fig III-1).

- dorsale : Almélec 93.3 mm²
- Dérivation : Almélec 34.4 mm²

Des sous dérivations peuvent être utilisés pour alimenter des charges isolées ou pour grouper sous un même interrupteur aérien un ensemble de postes MT/BT [6].

➤ Les conditions pour développer une nouvelle dérivation

Pour qu'on puisse faire une nouvelle dérivation il faut respecter les conditions suivantes :

- Nombre de poste MT/BT ≥ 07
- Charge de la dérivation $> 1\text{MW}$
- La dérivation la plus proche a 15 m

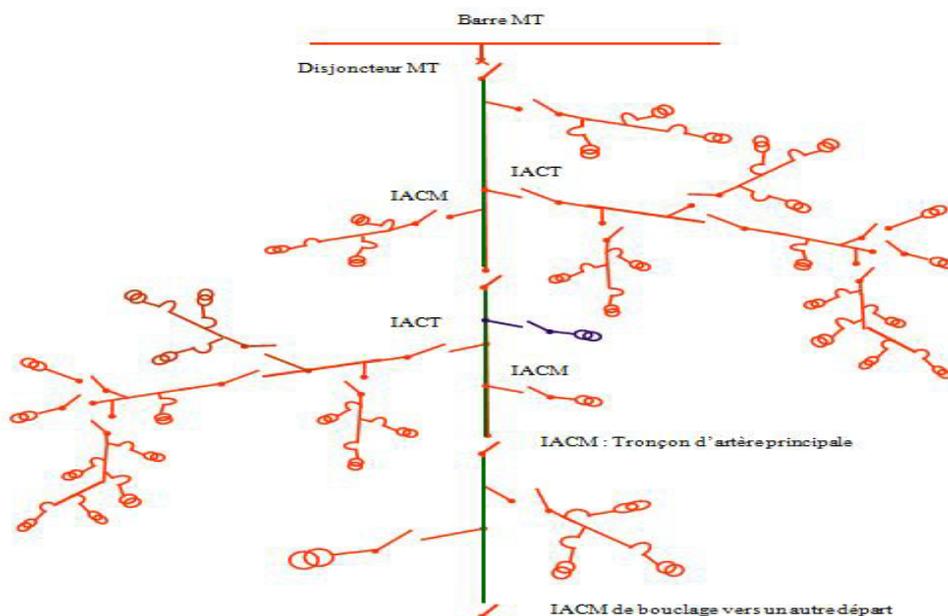


Fig III-1 : Structure arborescente du réseau aérien

Avec :

IACT : Interrupteur aérien à creux de tension.

IACM : Interrupteur aérien à commande manuel.

- **IACM** (interrupteur aérien à commande mécanique) : ont été conçus pour les réseaux aériens de distribution de tension maximale. 36kV. Ils permettent d'isoler la partie du réseau en aval du défaut permanent, et d'assurer les interventions de maintenance en parfaite sécurité. (voir Fig III-2)



Fig III-2 : Interrupteur aérien à commande mécanique (IACM)

- **IACT** (Interrupteur aérien à creux de tension) à pour rôle d'isoler la dérivation en défaut avant le déclenchement définitif du disjoncteur, préservant le départ principale et les dérivations saines. (Voir Fig III-3)



Fig III-3 : Interrupteur aérien a creux de tension (IACT)

La restructuration MTA consiste à regrouper les petites dérivations ou bien des postes MT/BT qui se trouvent sur la dorsale sur la grappe la plus proche, en installant des Organes de Coupure sur Réseau(OCR) en tête de chaque grappe ayant fait l'objet de regroupement, dans le but de réduire le temps équivalent de coupure (TEC) et de minimiser l'énergie non distribuée du départ.

III-3-2 Restructuration des réseaux souterrains

La structure des réseaux souterrains est à un seul type de lignes (voir Fig III-4) : les dorsales.

Ces réseaux, par leur constitution (faible longueur et forte section des conducteurs) sont le siège des chutes de tension réduites[6].

Un plan de masse de la ville ou bien de la région à étudier sera indispensable pour le planificateur qui lui permettra de :

- Donner une vue réelle sur la situation géographique du réseau (positionnement des postes MT/BT, liaisons des câbles,.....).
- Trouver facilement les passages nécessaires pour la réalisation des solutions ainsi que les consistances physiques correspondantes.
- Orienter facilement le réseau a une structure préconisée par le guide technique.

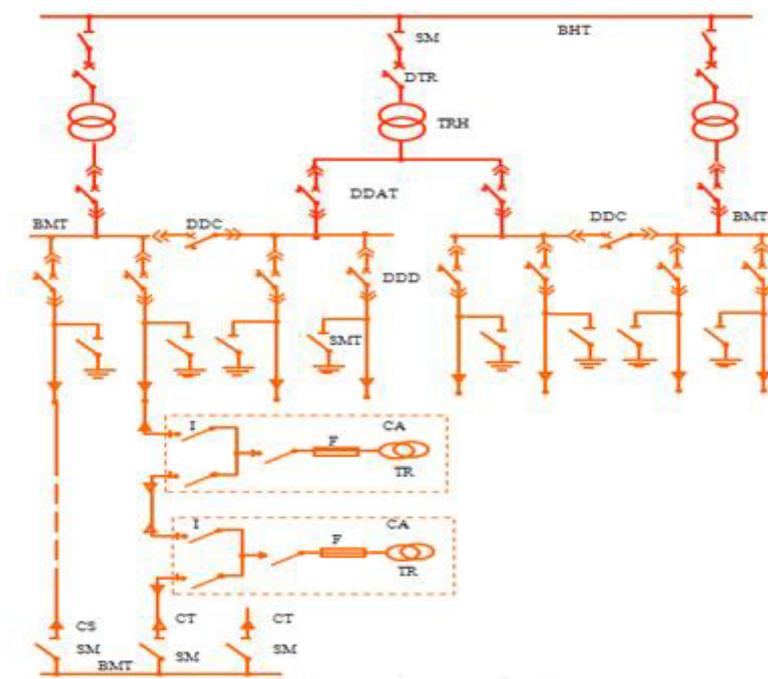


Fig III-4 : Structure du réseau souterrain

Avec :

SM : sectionneur manuel

BHT : barre haute tension

DTR : disjoncteur pour transformateur

TRH : transformateur HT/MT

DDC : disjoncteur de couplage

DDAT : disjoncteur débranchable d'arrivée de transformateur

DDD : disjoncteur débranchable de départ

SMT : sectionneur de ligne avec couteaux de mise à la terre

CA : poste en cabine

CS : câble de secours

CT : câble de travail

TR : transformateur MT/BT

F : fusible

III-3-3 Proposition d'une structure pour chaque départ et calcul des charges

Avec l'aide des agents la de SONELGAZ d'Akbou, on a pu tracer le réseau actuel et positionner les postes HTB/HTA et HTA/BT sur Google Earth, ce qui nous a permis d'avoir une vision réelle du réseau et des liaisons entre les postes, et nous a aidé à trouver les passages nécessaires pour la réalisation des solutions et à envisager une nouvelle structure pour chaque départ.

Quant aux calculs des puissances, nous avons utilisé des tableaux sur Excel avec les équations suivantes :

$$PI = \sqrt{3} * U * I \quad (III - 1)$$

$$I_{dp} = PI / (\sqrt{3} * U) \quad (III - 2)$$

$$I_{dpinjecté} = I_{dp} * \alpha \quad (III - 3)$$

$$I_{iv} = PMD / (\cos(\varphi) * \sqrt{3} * U) \quad (III - 4)$$

$$I_{Lvinjecté} = I_{iv} * \beta \quad (III - 5)$$

$$P_{lvtotal} = \sum PMD_i / \cos(\varphi) \quad (III - 6)$$

$$P_{consommé} = PI_{dp total} * \alpha + \beta * P_{Lv total} \quad (III-7)$$

U= 30KV

PMD= puissance mise à disposition (KW) (pour les postes de livraison)

PI= puissance installée (KVA)

PI_{dp}=puissance installée pour la distribution publique (KVA)

P_{consommé}= Puissance consommé par l'installation (KVA)

I_{dp} : courant nominal des postes de distribution publique (A)

I_{dp injecté} : courant absorbé par les postes de distribution publique (A)

I_{Lv} : courant nominal des postes de livraison (A)

I_{LV} : injecté : courant absorbé par les postes de livraison (A)

Les valeurs de α et de β , $\cos(\varphi)$ sont fixée par la SONEGAS a :

$\alpha = 0.4$ (coefficient de simultanéité pour les postes de distributions publique)

$\beta = 0.5$ (coefficient de simultanéité pour les postes de livraison (abonné))

$\cos(\varphi) = 0.85$ (facteur de puissance)

a- Départ Akbou 1

Le réseau de ce départ est à moitié souterrain (47,82%) et aérien (52,18%) demande une puissance de 5396.94 KVA dans les conditions normal de l'installation ($\alpha = 0.4$; $\beta = 0.5$). Mais vu que la région est une zone urbaine, le réseau devrait être à 100% souterrain pour des raisons de continuité de service (densité de charge), de sécurité, mais aussi d'esthétique. Pour cela, nous proposons une structure avec les solutions suivantes (voir Fig III-9) :

- Eliminer tout l'aérien dans la ville pour avoir un réseau 100% souterrain.
- Eliminer les postes MT/BT sur poteau et les remplacer par des postes maçonnés.
- Alimenter tout les postes en coupure d'artère et en double dérivation.

Puissance totale consommée par le départ d'Akbou 1(voir Tab III-1) :

Ce tableau regroupe les puissances et les courants de tous les postes installés dans la région akbou 1

Tab III-1 : tableau de charge Akbou 1

POSTE	PI (KVA)	PI _{DP} (KVA)	PMD (KW)	I_{dp} (A)	I_{dp} injecté(A)	I_{LV} (A)	I_{LV} injecté(A)
4623	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
4684	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
4650	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4539	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7618	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7033	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
6095	400	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
4504	400	/	320	0.00	0.00	7.01	3.51
6075	100	/	320	0.00	0.00	7.01	3.51
7061	650	650	/	12.11	4.84	0.00	0.00

Chapitre III Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou

4821	630	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
4900	100	/	300	0.00	0.00	6.57	3.29
4549	400	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
4512	50	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
4649	160	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
7176	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7242	250	/	200	0.00	0.00	4.38	2.19
4959	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4667	630	/	200	0.00	0.00	4.38	2.19
4941	250	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
4908	250	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7131	250	/	200	0.00	0.00	4.38	2.19
7240	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
4807	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
4873	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
4893	630	/	500	0.00	0.00	10.96	5.48
7073	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7053	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
4627	160	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
4739	400	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
4620	63	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
7347	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.31
4615	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
7501	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
6032	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7249	630	630	/	11.73	4.69	0.00	0.00
7291	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
4817	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7194	630	/	200	0.00	0.00	4.38	2.19
7223	250	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7220	100	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
7128	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7317	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7201	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4670	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7347	630	/	400	0.00	0.00	8.76	4.38
7349	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7395	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7311	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
6089	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00

Chapitre III Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou

5086	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
7583	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7508	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
SOMME	15153	7600	4360	146.39	58.56	83.92	41.96

Puissance installée pour les postes de distribution :

$$P_{I_{dp \text{ total}}} = 7600 \text{ KVA}$$

Puissance mise en disposition pour les postes de livraison :

$$P_{L_v \text{ total}} = 4360 \text{ KVA}$$

Puissance consommée par le départ :

D'après l'équation (III-7) :

$$P_{\text{consommé}} = 5223.17 \text{ KVA}$$

Courant consommé par le départ :

$$I_{dp \text{ injecté total}} = 58.56 \text{ A}$$

$$I_{LV \text{ injecté total}} = 41.96 \text{ A}$$

$$I_{\text{consommé}} = I_{dp \text{ injecté total}} + I_{LV \text{ injecté total}}$$

$$I_{\text{consommé}} = 100.52 \text{ A}$$

b- Départ Akbou 2

Le réseau de ce départ est en souterrain (19.89%) et aérien (80,11%) et demande une charge total de 4953.5KVA dans les conditions normal de l'installation. Le départ alimente une zone rurale et une zone urbaine, il est alors nécessaire d'éliminer l'aérien. Les postes MT/BT sur poteau seront remplacé par des postes maçonnés avec une alimentation souterraine en coupure d'artère au niveau de la zone urbaine, compte tenu de raisons de continuité de service (densité de charge) de sécurité, et d'esthétique.

Chapitre III Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou

Concernant la zone rurale nous allons laisser le réseau aérien tel qu'il est et l'améliorer en installant des interrupteurs aériens (IACM, IACT) (voir Fig. III-9) pour améliorer la continuité de service.

Puissance totale consommée par le départ d'Akbou 2(voir Tab III-2) :

Ce tableau regroupe les puissances et les courants de tous les postes installés dans la région akbou 2

Tab III-2 : tableau de charge Akbou 2

POSTE	PI (KVA)	PI DP(KVA)	PMD (KW)	I _{dp} (A)	I _{dp} injecté(A)	I _{LV} (A)	I _{LV} injecté(A)
7321	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
4712	63	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
7113	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7108	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4931	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7141	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4509	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.31
4977	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
5074	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.31
7276	250	/	120	0.00	0.00	2.63	1.31
4528	630	630	/	11.73	4.69	0.00	0.00
4912	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
7161	630	630	/	11.73	4.69	0.00	0.00
4962	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
6082	630	/	500	0.00	0.00	10.96	5.48
5066	630	/	400	0.00	0.00	8.76	4.38
7226	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4696	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4697	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4703	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4987	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.31
4989	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.31
7216	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4988	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.31
4734	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7281	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00

Chapitre III Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou

4679	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4990	100	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
4680	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4737	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7188	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7122	630	/	200	0.00	0.00	4.38	2.19
4547	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7072	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4960	400	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
7045	100	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
4607	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
6069	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
4808	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7099	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4811	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4810	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4809	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7595	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
4700	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7206	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7062	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
4768	50	50	/	0.93	0.37	0.00	0.00
4767	50	50	/	0.93	0.37	0.00	0.00
4766	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4879	50	50	/	0.93	0.37	0.00	0.00
4881	50	50	/	0.93	0.37	0.00	0.00
7064	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
7063	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.88
4880	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7477	630	630	/	11.73	4.69	0.00	0.00
SOMME	12893	8310	2937.38	160	63.99	56.53	28.27

Puissance installée pour les postes de distribution

$$P_{I_{dp \text{ total}}} = 8310 \text{ KVA}$$

Puissance mise en disposition pour les postes de livraison

$$P_{L_v \text{ total}} = 2937.38 \text{ KVA}$$

Puissance consommée par le départ :

D'après l'équation (III-7) :

$$P_{\text{consommé}} = 4793.97 \text{ KVA}$$

Courant consommé par le départ

$$I_{\text{dp injecté total}} = 63.99 \text{ A}$$

$$I_{\text{lv injecté total}} = 28.27 \text{ A}$$

$$I_{\text{consommé}} = I_{\text{dp injecté total}} + I_{\text{lv injecté total}}$$

$$I_{\text{consommé}} = 92.26 \text{ A}$$

c- Départ Chellata

Le réseau de ce départ est en souterrain (15,64%) et aérien (84,36%) et demande une charge totale de 7237KVA dans les conditions normale de l'installation. L'aérien alimente une zone rurale, et le souterrain alimente une petite zone urbaine au centre ville. Nous proposons d'améliorer le réseau aérien en installant les interrupteurs aérien télécommandés sur la dorsale (IAT), et des interrupteurs aérien à ouverture dans le creux de tension (IACT) sur les dérivations, et les interrupteurs à commande mécanique (IACM). (Voir Fig III-9)

Puissance totale consommée par le départ de Chellata (voir Tab III-3) :

Ce tableau regroupe les puissances et les courants de tous les postes installés dans la région de Chellata.

Tab III-3 : tableau de charge Chellata

POSTE	PI (KVA)	PI DP(KVA)	PMD (KW)	I dp (A)	I dp injecté(A)	I LV(A)	I LV injecté(A)
7282	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
7283	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33

Chapitre III Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akhou

4920	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7286	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
7343	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7196	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
4716	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4843	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7284	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
4709	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7418	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4835	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4834	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
6067	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7048	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4926	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4927	50	50	/	0.93	0.37	0.00	0.00
4924	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4919	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4918	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7341	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4942	50	50	/	0.93	0.37	0.00	0.00
7342	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4944	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4943	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
5099	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7166	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
7288	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
7325	160	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
4947	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7008	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
4948	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7475	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7172	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
6065	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
6029	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
5030	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7035	50	50	/	0.93	0.37	0.00	0.00
4608	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
4584	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4911	250	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
6072	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89

Chapitre III Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou

7187	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4538	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
7174	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7173	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7159	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7392	400	/	200	0.00	0.00	4.38	2.22
7454	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7328	160	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
7217	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
7232	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
4992	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
6085	250	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
7295	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
6065	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7070	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
7157	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7158	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
4707	630	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
4653	400	/	320	0.00	0.00	7.01	3.55
7002	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
7332	630	630	/	11.73	4.69	0.00	0.00
7218	100	/	80	0.00	0.00	1.75	0.89
5020	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4602	1000	/	200	0.00	0.00	4.38	2.22
7409	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
7254	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7020	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7444	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7559	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4570	250	250	/	4.66	1.86	0.00	0.00
4662	800	/	200	0.00	0.00	4.38	2.22
7125	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
7019	630	630	/	11.73	4.69	0.00	0.00
4506	100	100	/	1.86	0.74	0.00	0.00
4530	400	/	320	0.00	0.00	7.01	3.55
4546	160	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
7591	250	/	200	0.00	0.00	4.38	2.22
4508	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4736	400	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
7202	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00

Chapitre III Proposition d'une restructuration pour le réseau de la ville d'Akbou

4507	63	/	50	0.00	0.00	1.10	0.55
7100	160	160	/	2.98	1.19	0.00	0.00
7340	250	/	120	0.00	0.00	2.63	1.33
7353	400	400	/	7.45	2.98	0.00	0.00
4550	630	630	/	11.73	4.69	0.00	0.00
SOMME	20093	12600	3926.21	242.45	97.00	75.59	38.26

Puissance installée pour les postes de distribution :

$$P_{Idp_{total}} = 12600 \text{ KVA}$$

Puissance mise en disposition pour les postes de livraison :

$$P_{Lv_{total}} = 3626.21 \text{ KVA}$$

Puissance consommée par le départ :

D'après l'équation (III-7) :

$$P_{consommé} = 7004.4 \text{ KVA}$$

Courant consommé par le départ :

$$I_{dp \text{ injecté total}} = 97 \text{ A}$$

$$I_{lv \text{ injecté total}} = 37.8 \text{ A}$$

$$I_{consommé} = I_{dp \text{ injecté total}} + I_{lv \text{ injecté total}}$$

$$I_{consommé} = 134.8 \text{ A}$$

III-4 Structures globale pour le bouclage des réseaux de distribution MT souterrains

Nous allons étudier les structures utilisables en réseau MT souterrain. La continuité de service dépend des bouclages entre les départs et des réalimentations prévues qui peuvent supporter les charges coupées, soit par les réseaux voisins, soit par un câble de secours, le choix d'une structure par rapport à d'autre est généralement un compromis entre la qualité et la continuité de service et des contraintes économiques et budgétaires, et parmi ces structures [10][6]:

a- Structure type artère source à source

Les câbles sont issus de deux sources distinctes. Cette structure est cependant utilisée dans le cas de postes HT/MT ou la puissance ne peut pas être garantie. Cette solution limite la charge à la moitié de la capacité des câbles de distribution.

Le secours dans cette structure est assuré par les câbles contigus durant leur première exploitation [6]. (Voir Fig III-5)

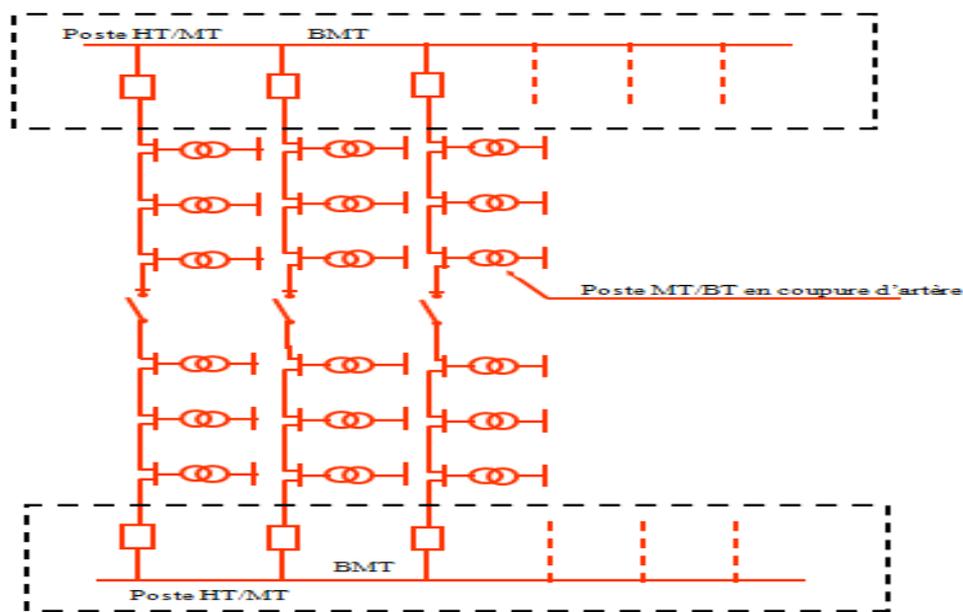


Fig III-5 : Structure type artère source à source.

b- Structure type en épi

Chaque câble de distribution est rabattu à son extrémité au câble de secours. Le point de connexion est en général un poste de distribution publique alimenté soit par le câble de distribution soit par le câble de secours.

Cette structure permet une meilleure utilisation des câbles par rapport aux deux structures précédentes [6]. (Voir Fig III-6)

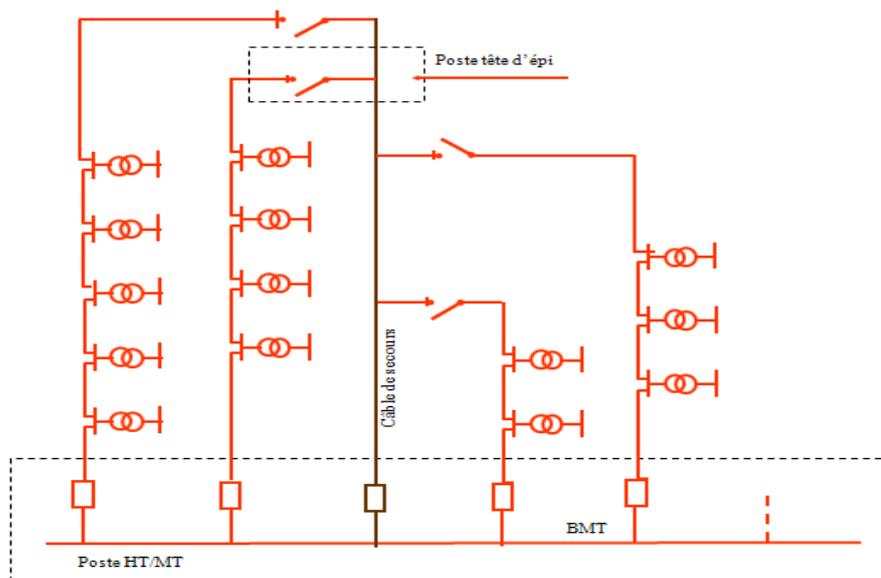


Fig III-6 : Structure type en épi.

c- Structure type fuseau

Cette structure est considérée comme l'aboutissement de l'évolution de la structure en épi pour laquelle tous les câbles de distribution aboutissent en un point unique qui permet de secourir chacun de ces derniers et contribue à une reprise rapide du service par la diminution des durées d'interruption (localisation précise du point de reprise).

Elle s'intègre bien dans les réseaux existants et permet une pose progressive des câbles en particulier celle du câble de secours. Elle convient aux postes HT/MT fonctionnant à puissance garantie. En général on prévoira d'utiliser au maximum 4 câbles de secours en fonction de la configuration du réseau et indépendamment du nombre de départ [6]. (Voir Fig III-7)

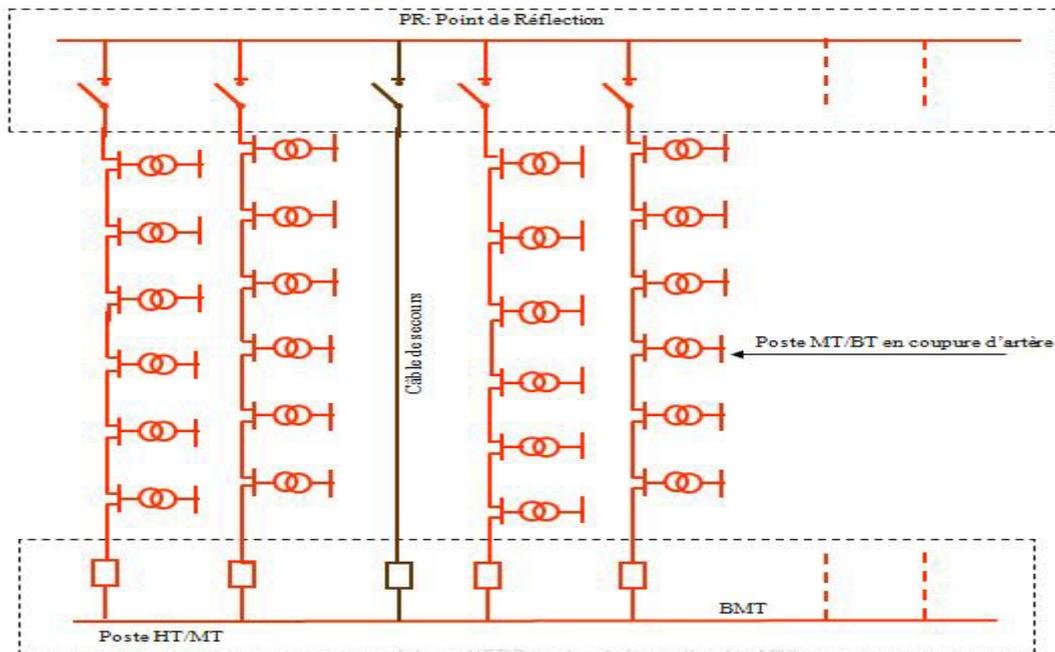


Fig III-7 : Structure type fuseau.

d- Choix d'une structure

Les trois départs de notre structure sont issus de deux sources différentes (poste Taharacht : 220/60/30KV, et poste Akbou : 60/30KV), ces deux sources alimentent une charge totale de 61,51 et de 26,28 MVA supérieure à leur puissance garantie de 40 et 20 MVA respectivement.

Le poste Taharacht (220/60/30KV) et Akbou (60/30KV) fonctionnent à 76.9% et 66.4% respectivement de leur puissance nominale lors des mesures de pointe de l'été 2016.

Tenant compte de l'évolution des charges dans la ville au fil des années, les câbles peuvent aller jusqu'à leur limite de capacité thermique et ne peuvent supporter plus de charge, et en cas de perte d'un départ, il n'y a pas de moyen de le secourir, ce qui va générer une rupture d'alimentation de ce dernier.

La structure qui s'adapte mieux à notre réseau qui est en artère source à source qui est développée vers un cas particulier de la structure fuseau (voir Fig III-8), avec un câble de secours et une liaison par câble entre les différents points d'ouverture.

Le câble de secours est installé pour éviter la limitation des courants à des seuils très inférieurs aux capacités thermiques des conducteurs.

L'utilisation d'un deuxième câble de secours n'est pas justifiée même en cas d'incidents affectant simultanément deux câbles. Le gain en énergie non distribuée qu'il procure est minime par rapport au coût du 2ème câble de secours.

Remarque : La puissance garantie d'un poste de deux transformateurs est la moitié (50%) de la puissance totale du poste car en cas de perte d'un transformateur ou d'une arrivée le deuxième transformateur qui est alimenté par une autre arrivée peut secourir tout le réseau et alimenter toute les charges.

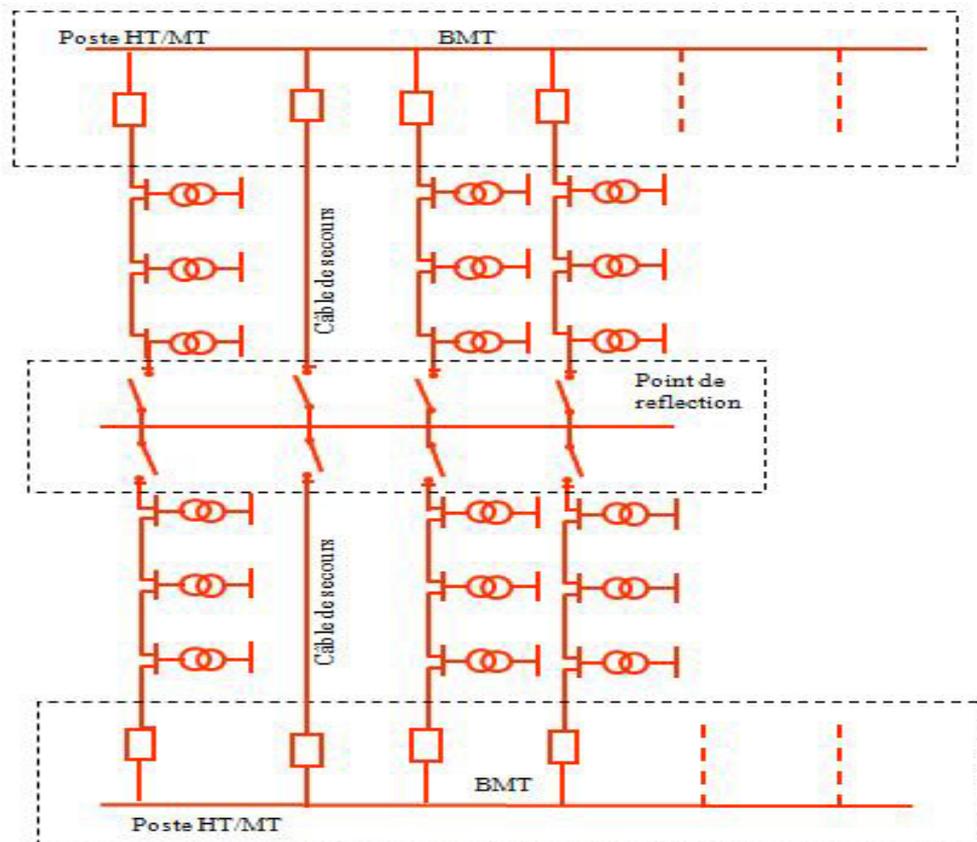


Fig III-8 : structure source à source développée en fuseau.

e- Schéma unifilaire de la nouvelle structure

Après avoir choisi la structure convenable à notre réseau, nous avons procédé à la réalisation du schéma unifilaire globale avec un poste de répartition (point de réflexion) pour relier les trois départs et le câble de secours. (Voir Fig III-9)

Remarque : le poste de répartition est constitué d'une cabine maçonnée avec un jeu de barre connecté aux trois départs et au câble de secours à travers des interrupteurs télécommandés, ce qui forme le point de réflexion.

III-5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons d'abord modifié les structures des trois départs, en alimentant les postes MT/BT du réseau souterrain en coupure d'artère, afin de garantir la continuité de service en cas de perte d'un tronçon, et en ce qui concerne le réseau aérien on a installé des IACT à la tête de chaque dérivation et des IACM à la tête de chaque sous dérivation, pour isolé juste la partie en défaut en cas d'incident, après nous avons choisis la structure qui s'adapte a notre réseau qui est la structure source à source développée en fuseau pour boucler les départs.

Chapitre IV

Calcul et dimensionnement
du réseau restructuré

IV-1 Introduction

Après avoir restructuré le réseau de la ville d'Akbou, nous allons faire une étude avec un modèle informatique (CARA). Ce dernier va nous permettre de calculer les longueurs, et les chutes de tension ainsi que les pertes joules du réseau restructuré après avoir déterminé les sections des conducteurs à utiliser.

IV-2 Présentation de l'outil de informatique (CARA)

L'outil de calcul destiné aux études des réseaux de distribution, devrait répondre aux exigences ci après, afin de dégager les conditions d'exploitations recherchées :

- L'évolution des charges en réseau est souvent confrontée à l'apparition de nouveaux clients. Le modèle devra donc être rapide et prévu pour un usage intensif.
- Les réseaux de distribution font intervenir des éléments dont les caractéristiques sont fréquemment disparates (câbles et lignes, faibles et fortes sections), interdit l'utilisation de la méthode de calcul basée sur une approximation insuffisantes.
- Prise en compte des chutes de tension maximales admises (en régime normal et en cas d'incident) ainsi que de la limite de tenue thermique des équipements.
- La recherche de plusieurs politiques de renforcement nécessite un nombre de passages à l'ordinateur souvent important, une grande rapidité des calculs est donc indispensable pour limiter leur cout.

Le modèle « **CARA** » (Calcul Automatique des Réseaux Arborescents) complété par la version CEDRA (Calcul de l'Energie en Défaillance dans un Réseau Arborescent) mis au point par le département de recherche et développement de traction et d'électricité [16].

IV-2-1 Description du programme

Le programme vérifie si pour un réseau maillé donné, il existe un schéma d'exploitation radial qui permettra d'alimenter toutes les charges indiquées en respectant les contraintes imposées. Ces contraintes portant sur les capacités de transit des lignes et la chute de tension maximale admissible aux nœuds, de plus le modèle recherché pour les cas d'incidents demande un schéma de secours.

La limite de tension imposée peut être différente pour la structure en exploitation normale de celle pour les cas d'incidents.

Le modèle refait les mêmes calculs (exploitation normale et incident) pour l'année ultérieure en tenant compte des renforcements éventuellement introduits dans le réseau [16].

IV-2-2 Capacité du modèle

- 15 injecteurs
- 20 paliers de charge
- 600 nœuds
- 800 branches ou arcs
- 15 connexions à un nœud

Le modèle est équipé d'un menu convivial qui permet à l'utilisateur :

- De faire une saisie selon un format précis
- De choisir le nœud où il souhaite installer les moyens de compensation
- De procéder à des délestages automatiques ou en manuel
- De faire le calcul de l'énergie en défaillance et la valorisation des filières d'investissement pour les lignes, les transformateurs et les batteries de compensateurs [16].

IV-2-3 Calcul des transits et des tensions

Le programme s'applique à des réseaux à plan de tension unique et les injecteurs sont considérés comme des sources à capacité déterminée, sans résistance interne. Leur tension sera donc la tension nominale du réseau quelle que soit la puissance fournie.

Pour la chute de tension maximale admise elle est identique pour tous les nœuds, elle peut toutefois être différente pour l'état sain et pour le schéma de secours [16].

Pour le calcul des schémas de secours, on peut admettre un pourcentage de surcharge des arcs, les unités employées sont :

- a- Pour la tension : Volts
- b- Pour les transits : Ampère
- c- Pour les charges : Ampère
- d- Pour la résistance (r) et la réactance (X) des câbles et ligne : Ohms.

IV-3 Mise en oeuvre du programme CARA

Le programme contient quatre cartes qu'il faut introduire dans la machine en vue de les utiliser:

IV-3-1 Carte titre (code 0)

Contient le titre de l'étude, dans notre cas Restructuration du réseau de la ville d'akbou.

a- Carte titre .code = 0

0-0-0——ETUDE DE

IV-3-2 Carte paramètre (code 1)

Elle contient :

- Col. 1 : Code 1
- Col. 3-6 : année début
- Col. 7-10 : année fin
- Col. 13-17 : tension nominale du réseau à étudier en volte : Ex . 30000
- Col. 19-23 : tension minimale (en%) admise à l'état sain: Ex. 90%
- Col. 25-29 : tension minimale (en%) admise en cas d'incident. Ce pourcentage doit être égale ou plus petit que le pourcentage à l'état sain: Ex. 60%
- Col. 31-35 : surcharge (en%) admise en cas d'incident: Ex. 10%
- Col. 37-40 : $\cos(\varphi)$ moyen du réseau (0.85).

b- Carte paramètres code = 1

Format de carte

1-2017 2027--30000-90.00-60.00-10.00-0.85

IV-3-3 Carte branche (code 2)

Elle contient :

- nom du nœud amont
- nom du nœud aval
- capacité de l'arc
- résistance et réactance linéique de l'arc en (Ω/KM)

- longueur de l'arc

- Carte branche (code2)

Nœud Amont	Nœud Aval	capacité de câble (A)	r (Ω /Km)	x (Ω /Km)	L (Km)
2 INJECT	Akboul	00 00 0 0	230.0	0.00	0.00
2 Akboul	P4623	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1 2.57

IV-3-4 Carte charge (code 3)

Ces cartes sont destinées à définir l'évolution de la charge en un nœud. Cette évolution sera décrite par une ou plusieurs composantes, chaque composante est caractérisée par :

- sa valeur initiale à une année déterminée
- son taux d'évolution

- Carte charge (code3)

Nœud	Année	I(A)	X(%)
3 P4623	17	1.86	5.00

IV-3-5 Carte charge (code 4)

La carte charge (code 4) est destinée à définir l'évolution de la charge durant 10 années de l'année initiale jusqu'à l'année finale.

L'impression du schéma d'exploitation à l'année considérée par le programme ressorti pour chaque arc :

- les noms des nœuds amont et aval
- la capacité nominale de l'arc en (A)
- le courant transitant dans l'arc en (A)
- le taux d'utilisation de l'arc « PCT » en (%)
- la tension au nœud aval en (V)
- la chute de tension en (%)
- les pertes de puissance sur l'arc en (KW)
- La longueur cumulée de l'arc (Km).

4-NODE1	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS(KW)	LG-ARCCUM
INJECT - Akboul		230.	101.	43.97	30000.	.00	.00	1.000
Akboul - P4623		230.	101.	43.97	29881.	.40	19.71	3.570

Remarque

Si les contraintes en courant et en tension ne sont pas respectées, l'attention de l'utilisateur du modèle CARA est attiré par des « **** » imprimées en marge des résultats.

IV-3-6 Calcul de chute de tension

a- Chute de tension absolue

La chute de tension à l'extrémité d'une ligne triphasée de longueur L, en générale est [17] :

$$\Delta U = \sqrt{3} \int_0^L I * Z(L) dL \quad (IV - 1)$$

Avec :

$$Z = \sqrt{(r * L)^2 + (x * L)^2} \quad (IV - 2)$$

Ou : I(L) est le courant qui varie le long de la ligne.

Z impédance de la ligne (Ω/km).

b- Chute de tension relative

La chute de tension s'exprime en % de la tension nominale [17]

$$\Delta U/U(\%) = \frac{100 * \sqrt{3} \int_0^L I * Z(L) dL}{U} \quad (IV - 3)$$

c- Ecart de tension en MT

Au point d'utilisation les limites de variations maximales admissibles de la tension autour de la valeur nominale en service normale sont de [17] :

- $\pm 10 \%$ pour les réseaux aériens.
- $\pm 06 \%$ pour les réseaux souterrains.

IV-3-7 Calcul des pertes par effet joule

L'expression générale donnant les pertes par effet Joule dans une ligne triphasée de longueur L est [17] :

$$\Delta P_j = 3I^2 \int_0^L r(L) dL \quad (\text{IV - 4})$$

Où I est la valeur du courant qui varie le long de la ligne et r est la résistance du conducteur en (Ω/Km).

IV-4 Calcul de la puissance consommée après n années

L'évolution de la charge suit une loi exponentielle de la forme [6] :

$$P_n = P_0 (1 + X)^n \quad (\text{IV - 5})$$

P_0 = Puissance à l'année initiale.

P_n = Puissance après n années.

X = taux d'évolution.

n = période d'étude en année.

IV-4-1 Estimation du taux d'évolution

Le coefficient d'évolution de la charge est une valeur qui nous permet d'évaluer, la valeur de la charge d'une région, au bout d'un certain temps.

Le but de la détermination de ce coefficient est de pouvoir prendre des précautions pour palier aux éventuelles carences de tension dues à l'augmentation de la charge.

Remarque : La valeur du taux d'évolution est estimée par la SONELGAZ pour tous les réseaux MT à X= 5%.

IV-4-2 Calcul des charges des trois départs pour les 10 ans à venir

Notre étude se fera sur une période à moyen terme $n=10$ ans

a- Départ Akbou 1

Connaissant la puissance initiale de l'année 2017 qui est de $P_{2017}= 5223.17$ KVA, avec un courant de 100.52 A, nous allons calculer la puissance à l'année 2027 :

D'après l'équation (IV-5) :

$$P_{2027}= P_{2017} (1+X)^{10}$$

$$P_{2027}= 5223.17 (1+0.05)^{10}$$

$$P_{2027}= 8507.99 \text{ KVA}$$

Le courant électrique qui transitera dans le départ Akbou1 en 2027 est calculé comme suite :

$$D'où \quad I_{2027} = \frac{P_{2027}}{U \sqrt{3}} \quad (\text{IV} - 6)$$

$$I_{2027}= 163.73 \text{ A}$$

b- Départ Akbou 2

Connaissant la puissance initiale de l'année 2017 qui est de $P_{2017}= 4793.97$ KVA, avec un courant de 92.26 A, nous allons calculer la puissance à l'année 2027 :

D'après l'équation (IV-5) :

$$P_{2027}= P_{2017} (1+X)^{10}$$

$$P_{2027}= 4793.97 (1+0.05)^{10}$$

$$P_{2027}= 7808.87 \text{ KVA}$$

Le courant transitant dans le départ Akbou2 en 2027 est calculé comme suite :

D'après l'équation (IV-6) :

$$I_{2027}= 150.28 \text{ A}$$

c- Départ Chellata

Connaissant la puissance initiale de l'année 2017 qui est de $P_{2017} = 7004.4$ KVA, avec un courant de 134.8 nous allons calculer la puissance à l'année 2027 :

D'après l'équation (IV-5)

$$P_{2027} = P_{2017} (1+X)^{10}$$

$$P_{2027} = 7004.4 (1+0.05)^{10}$$

$$P_{2027} = 11409.42 \text{ KVA}$$

Le courant qui transite dans le départ Chellata en 2027 est calculé comme suite :

D'après l'équation (IV-6) :

$$I_{2027} = 219.57 \text{ A}$$

IV-5 Détermination des sections de conducteurs souterrains [9]**IV-5-1 Principe de la méthode**

La méthode de détermination de la section des conducteurs en moyenne tension consiste à :

- déterminer le courant maximal d'emploi I_B des récepteurs à alimenter
- déterminer la section S_1 satisfaisant l'échauffement de l'âme du câble en régime de fonctionnement normal, qui peut être permanent ou discontinu. Cette étape nécessite la connaissance :
 - des conditions d'installation réelles de la canalisation, par conséquent du facteur de correction global f .
 - des valeurs des courants admissibles des différents types de câble dans les conditions standards d'installation.
- déterminer la section S_2 nécessaire à la tenue thermique du câble en cas de court-circuit triphasé.

La section technique S à retenir est la valeur maximale parmi les sections S_1 et S_2

- éventuellement, calculer et choisir la section économique.

IV-5-2 Détermination de la section S_1

Nous allons prendre le départ d'Akbou1 comme exemple de calcul vu qu'il est 100% souterrain et consomme plus de puissance que le départ Akbou2.

a- Détermination du courant maximal d'emploi I_B

Le courant maximal d'emploi I_B est déterminé sur la base de la somme des puissances des récepteurs alimentés, en appliquant si nécessaire des coefficients d'utilisation et de simultanéité (α, β).

Connaissant les valeurs de I_B du départ Akbou1 :

$$I_{B\ 2017} = 100.52A$$

$$I_{B\ 2027} = 163.73 A$$

Et nous allons déterminer la section S_1 en tenant compte de l'évolution de charge à partir de la valeur du courant d'emplois estimé pour l'année 2027 pour avoir une section qui supporte ce seuil $I_{B\ 2027}$.

b- Détermination du courant admissible I_z

C'est le courant maximal que la canalisation peut véhiculer en permanence sans préjudice pour sa durée de vie.

Les courants admissibles dans les câbles sont donnés par les normes ou par les constructeurs pour des conditions standards d'installation.

Pour déterminer le courant admissible par une canalisation dans les conditions réelles d'installation, il faut procéder de la façon suivante :

- à l'aide d'un tableau (voir Annexe B), on définit le mode de pose, son numéro de colonne, et les facteurs de correction qu'il faut utiliser (f_1 à f_6).
- à partir des conditions d'installation et d'ambiance, on détermine les valeurs des facteurs de correction qui doivent être appliqués (voir Annexe B).
- calculer le facteur de correction global f égal au produit des facteurs de correction (f_1, f_6)
- calculer le courant maximal admissible par la canalisation en fonction des conditions d'installation : $I_z = I_B / f$.

- à l'aide d'un tableau (voir Annexe B) pour les câbles isolés au papier imprégné et des tableaux (voir Annexe B) pour les câbles avec isolant synthétique, on détermine la section S_1 et la nature du conducteur.

- **Mode de pose :**

Nous allons choisir le mode de pose d'enterré directement les câbles dans le sol parce que la SONELGAZ utilise ce mode de pose, ça revient moins chère que les autres modes vu la longueur des canalisations qui nécessite pas une protection mécanique.

Alors d'après l'annexe A on a tiré :

- Numéro de colonne : 1
- Facteur de correction : $f_0=1$
- Les facteurs de corrections à utiliser : f_2, f_3, f_4 .

- **Facteur de correction :**

D'après les tableaux dans les annexes B on a :

$f_2 = 0.95$ (isolation en PE, température 25°C).

$f_3 = 1.06$ (terrain dit normal, câble unipolaire).

$f_4 = 0.85$ (distance entre câble de 0.125m).

Et le facteur global f :

$$f = f_0 * f_2 * f_3 * f_4$$

$$f = 0.86.$$

- **Calcul de I_z :**

Le courant équivalent I_z que la canalisation doit pouvoir véhiculer dans les conditions standards de l'installation

$$I_z = I_B / f$$

$$I_z = 163.73 / 0.86$$

$$I_z = 190.38 \text{ A.}$$

c- Choix de la section S_1

Le tableau dans l'annexe B (numéro de colonne 1, isolation en polyéthylène (PE)) donne une section minimale $S_1 = 70\text{mm}^2$ en Aluminium, avec un courant admissible $I_{\text{admissible}} = 190\text{A}$.

IV-5-3 Contraintes thermiques des conducteurs en cas de court-circuit et détermination de la section S_2

La contrainte thermique des conducteurs actifs doit être vérifiée pour le courant de court-circuit maximal ($I_{\text{cc triphasé}}$) à l'origine du câble. Il est calculé par la méthode des impédances.

Pour une durée de court-circuit inférieure à 5 secondes, l'échauffement du câble est considéré adiabatique, cela signifie que l'énergie emmagasinée reste au niveau de l'âme et n'est pas transmise à l'isolant. Les calculs thermiques sont alors simplifiés, ils sont présentés ci-dessous.

a- Méthode de calcul

Cette méthode suppose que la température du câble avant le court-circuit est égale à la température admissible en régime permanent.

Dans ce cas, la section S_2 du conducteur doit satisfaire la condition suivante :

$$S \geq \frac{I_{\text{cc}}}{K} \sqrt{t} \quad (\text{IV-7})$$

I_{cc} : courant de court-circuit maximal.

t : durée du court-circuit (temps d'élimination du défaut par le disjoncteur).

K : coefficient dont la valeur est donnée selon le type d'isolant et le type de conducteur (voir tableau VI-1).

Tab VI-1 : Valeur de coefficient K

	Isolants			
	PVC PE		PR EPR	
Conducteurs actifs				
- en cuivre	115		143	
- en aluminium	74		94	
Conducteurs de protection	a	b	a	b
- en cuivre	143	115	176	143
- en aluminium	95	75	116	94
- en acier	52	–	64	–
a conducteurs de protection non incorporés aux câbles b conducteurs de protection incorporés aux câbles				

b- Calcul du courant I_{cc} triphasé [18]

Pour le choix de la section S_2 nous allons calculer le courant de court-circuit le plus défavorable I_{cc} triphasé pour le départ Akbou1, et selon la norme UTE-15-105

$$I_{cc \text{ tri}} = \frac{c * m * U_n}{\sqrt{3}Z_d} \quad (\text{IV} - 8)$$

Avec :

- c : le facteur de tension pris égal à :
 - $c_{\max} = 1,05$ pour les courants maximaux.
 - $c_{\min} = 0,95$ pour les courants minimaux.
- m : facteur de charge pris égal à 1,05, quelle que soit la source (transformateur ou générateur).
- U_n : tension nominale.
- Z_d : impédance de défaut.

- **Calcul d'impédance Z_d :**

Pour le départ Akbou1 on a :

$$Z_d = \sqrt{r^2 + (X_{HTB} + X_T + x)^2} \quad (\text{IV} - 9)$$

Avec :

- r : Résistance par Kilométrique du câble.
- x : Réactance par Kilométrique du câble.
- X_{HTB} : Impédance du réseau HTB ramenée en HTA.
- X_T : Impédance du transformateur HTB/HTA.

- **Calcul de l'impédance HTB ramené en HTA (poste Taharacht 220/60/30 KV) :**

Étant S_{cc} la puissance de court circuit sur le jeu de barres HTB [17] :

$$X_{HTB} = \frac{U_n^2}{S_{cc}} \quad (IV-10)$$

Avec :

- S_{cc} : 500 MVA.
- U_n : 30 KVA.

D'où : $X_{HTB} = 1.8\Omega$.

- **Calcul de l'impédance (X_T) du transformateur HTB/HTA (poste Taharacht 220/60/30KV) :**

Étant U_{cc} la tension de court-circuit (9.75%) du transformateur, S_n sa puissance nominale (40MVA) et U_n sa tension nominale secondaire (30KV) [17] :

$$X_T = \frac{U_{cc}}{100} * \frac{(U_n)^2}{S_n} \quad (IV-11)$$

D'où : $X_T = 2.19\Omega$.

Remarque :

Pour les valeurs de r et x , nous allons les négliger, pour calculer un courant de court-circuit maximal à la tête du départ, ce qui résulte une valeur minimale d'impédance du défaut (Z_d).

D'après l'équation (IV-9), On trouve la valeur de impédance de défaut sera de :

$$Z_d = 3.99 \Omega.$$

Et d'après l'équation (IV-8), la valeur du courant de court-circuit sera de :

$$I_{cc\ tri} = 4.775 \text{ KA.}$$

c- Calcul de la section S_2

D'après l'équation (IV-7), avec :

- $I_{cc\ tri} = 4.775 \text{ KA}$ (calculé auparavant).
- $K = 74$, conducteur actif en Aluminium avec isolation en polyéthylène (PE), (voir tableau IV-1).
- $t = 3\text{s}$, (pour les départs MT la temporisation des disjoncteurs est $t \leq 3\text{s}$).

D'où :
$$S \geq 111.76 \text{ mm}^2$$

Donc la section S_2 est de 120 mm^2 (voir Annexe B).

La section technique S à retenir, est la valeur maximale des sections S_1 , S_2 , donc les conducteurs à utiliser dans notre réseau souterrain sont des câbles unipolaire en Aluminium de section $S = 120 \text{ mm}^2$ avec une isolation en Polyéthylène (PE).

IV-6 Simulation avec le CARA

Nous allons faire une simulation pour chaque départ sur une période de 10 ans.

IV-6-1 Introduction des données

Nous allons introduire dans le logiciel CARA les différentes sections, les différentes longueurs et les courants injectés dans les postes MT/BT pour chaque départ :

- ❖ Exemple d'un départ : Akbou1

Toutes les données du départ sont regroupées dans le programme suivant :

- Carte titre (code0)

```
0 0 ETUDE DE DEPART MT AKBOU1- 29/05/2017 FICHER AKBOU.DAT
```

- Carte paramètre (code1)
1 - 17 27 30000. 90.00 60.00 10. 0.85

- Carte branche (code2)

Nœud Amant	Nœud Aval	capacité de câble (A)	r (Ω/Km)	x (Ω/Km)	L (Km)
2 INJECT	Akboul	00 00 0 0	230.0	0.00	0.00
2 Akboul	P4623	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4623	P4684	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4684	P4650	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4650	P7061	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7061	P4821	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4821	P4900	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4900	P6032	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P6032	P7249	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7249	P7291	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7291	P4817	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4817	P7194	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7194	P7223	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7223	P7220	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7220	P7128	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7128	P7317	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7317	P4670	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4670	P7201	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4650	P7618	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7618	P7033	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7033	P4539	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4539	P6075	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P6075	P4504	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4504	P6095	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P6095	P4512	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4512	P4549	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4549	P4649	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4649	P7176	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7176	P7242	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7242	P4807	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4649	P7131	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P7131	P4908	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4908	P4941	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4941	P4667	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4667	P4959	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1
2 P4807	P7240	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1

2	P7240	P4873	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.27
2	P4873	P4893	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.37
2	P4893	P7073	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.79
2	P7073	P7053	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.90
2	P7053	P4627	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.19
2	P4627	P4739	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.05
2	P4739	P4620	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	1.04
2	P4620	P7347	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.58
2	P7317	P4615	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.13
2	P4615	P7501	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.03
2	P7501	P7349	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.22
2	P7349	P7615	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.70
2	P7615	P7395	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.35
2	P7395	P7311	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.08
2	P7311	P6089	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.76
2	P6089	P5086	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.96
2	P5086	P7583	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	1.17
2	P7583	P7508	00 00 0 0	230.0	0.25	0.1	0.74

- Carte charge (code3)

Nœud	Année	I(A)	X(%)
3	P4623	17	1.86 5.00
3	P4684	17	1.19 5.00
3	P4650	17	0.74 5.00
3	P7061	17	4.84 5.00
3	P4821	17	0.88 5.00
3	P4900	17	3.29 5.00
3	P6032	17	2.98 5.00
3	P7249	17	4.69 5.00
3	P7291	17	1.86 5.00
3	P4817	17	2.98 5.00
3	P7194	17	2.19 5.00
3	P7223	17	0.88 5.00
3	P7220	17	0.55 5.00
3	P7128	17	0.74 5.00
3	P7317	17	2.98 5.00
3	P4670	17	2.98 5.00
3	P7201	17	2.98 5.00
3	P7618	17	0.88 5.00
3	P7033	17	0.74 5.00
3	P4539	17	0.94 5.00

3 P6075 17 3.51 5.00
3 P4504 17 3.51 5.00
3 P6095 17 0.88 5.00
3 P4512 17 0.55 5.00
3 P4549 17 0.74 5.00
3 P4649 17 0.55 5.00
3 P7176 17 2.98 5.00
3 P7242 17 2.19 5.00
3 P7131 17 2.19 5.00
3 P4908 17 0.88 5.00
3 P4941 17 0.55 5.00
3 P4667 17 2.19 5.00
3 P4959 17 2.98 5.00
3 P4807 17 0.88 5.00
3 P7240 17 0.88 5.00
3 P4873 17 1.86 5.00
3 P4893 17 5.48 5.00
3 P7073 17 0.88 5.00
3 P7053 17 1.86 5.00
3 P4627 17 0.55 5.00
3 P4739 17 0.55 5.00
3 P4620 17 0.55 5.00
3 P7347 17 4.38 5.00
3 P4615 17 1.86 5.00
3 P7501 17 2.98 5.00
3 P7349 17 1.19 5.00
3 P7615 17 1.86 5.00
3 P7395 17 1.19 5.00
3 P7311 17 0.74 5.00
3 P6089 17 0.74 5.00
3 P5086 17 1.86 5.00
3 P7583 17 2.98 5.00
3 P7508 17 2.98 5.00

Et de la même façon pour les deux autre départ (Akbou2, Chellata).

IV-6-2 Résultats des simulations

Après l'exécution, le programme CARA génère le fichier Listing (voir la simulation du départ Akbou1 ci-dessous), où on peut visualiser et exploiter les résultats de calcul année par année sur toute la période d'étude, pour chaque départ, d'après les résultats obtenus on peut tirer ce qui suit :

- I_T : Le courant transité par le tronçon de tête de départ en (A).
- I_{LT} : Le taux de charge par rapport à la limite thermique en (A).
- PCT : Le taux d'utilisation du tronçon de tête de départ en (%).
- $\Delta U/U$: La chute de tension la plus importante en (%).
- P_j : Les pertes par effet Joule cumulé de départ en (KW).
- L : longueur cumulé du départ en (Km).

Le tableau ci-après résume les résultats de calcul obtenus :

Départ	I_{LT} (A)	I_T (A)	PCT (%)	$\Delta U/U$		P_j (KW)	L (KM)
				Valeur(%)	Nœud		

Exemple d'un départ : Akbou1

1PROGRAM CEDRA1

DEPART MT AKBOU1- 29/05/2017 FICHER AKBOU.DAT

- PARAMETERS

PLANNING PERIOD	FROM 17 THRU 27	MINIMAL POWER	25.00 %
NOMINAL VOLTAGE	30000.00	BREAKPOINT	1000
MINIMAL VOLTAGE SANE STATE	90.00 %	LOAD DURATION	4200
MINIMAL VOLTAGE BY OUTAGE	60.00 %	COS. FI	.850
ALLOWED OVERLOAD BY OUTAGE	10.00 %	MAX. RESEARCH TIME	10.000
RESEARCH OPTION	0	TIME MULTIPL. FACT.	1.000
TRACE	0	WRITE INPUT DATA	0
FULL CEDRA	0	TOTAL COMPUTING TIME	600. SEC
CEDRA WHEN OUTAGES	0	WRITE SWITCHINGS	1

OLINE DATA

ONETWORK STATISTICS

0INJECTORS 1
 LINES 55
 ELEMENTS 55
 NODES 56
 FINAL LOAD/INIT.LOAD 1.63

1*****
 *LOAD LEVEL AT YEAR : 17 *

S A F E S T A T E

		*****TOTAL STRUCTURE FOUND IN			.00 SECONDS*****			
ONODE1	NODE2	CAPACITY	CURRENT	PCT	V-NODE2	DV%	LOSS (KW)	LG- CUM
-----	-----	-----	-----	---	-----	---	-----	-----
INJECT - Akbou1		230.	101.	43.97	30000.	.00	.00	1.000
Akbou1 - P4623		230.	101.	43.97	29881.	.40	19.71	3.570
P4623 - P4684		230.	99.	43.16	29847.	.51	5.47	4.310
P4684 - P4650		230.	98.	42.64	29793.	.69	8.58	5.500
P4650 - P7061		230.	53.	23.13	29777.	.74	1.40	6.160
P7061 - P4821		230.	48.	21.03	29775.	.75	.16	6.250
P4821 - P4900		230.	47.	20.64	29764.	.79	.83	6.740
P4900 - P6032		230.	44.	19.21	29754.	.82	.75	7.250
P6032 - P7249		230.	41.	17.92	29751.	.83	.18	7.390
P7249 - P7291		230.	37.	15.88	29747.	.84	.26	7.650
P7291 - P4817		230.	35.	15.07	29741.	.86	.32	8.010
P4817 - P7194		230.	32.	13.77	29738.	.87	.15	8.210
P7194 - P7223		230.	29.	12.82	29731.	.90	.35	8.750
P7223 - P7220		230.	29.	12.44	29718.	.94	.61	9.750
P7220 - P7128		230.	28.	12.20	29711.	.96	.31	10.270
P7128 - P7317		230.	27.	11.88	29707.	.98	.18	10.600
P7317 - P4670		230.	6.	2.59	29707.	.98	.01	10.840
P4670 - P7201		230.	3.	1.30	29706.	.98	.00	11.010
P7317 - P4615		230.	18.	7.99	29706.	.98	.03	11.140

P4615 - P7501	230.	17.	7.18	29706.	.98	.01	11.170
P7501 - P7349	230.	14.	5.89	29704.	.99	.03	11.390
P7349 - P7615	230.	12.	5.37	29701.	1.00	.08	12.090
P7615 - P7395	230.	10.	4.56	29699.	1.00	.03	12.440
P7395 - P7311	230.	9.	4.04	29698.	1.01	.01	12.520
P7311 - P6089	230.	9.	3.72	29696.	1.01	.04	13.280
P6089 - P5086	230.	8.	3.40	29692.	1.03	.04	14.240
P5086 - P7583	230.	6.	2.59	29689.	1.04	.03	15.410
P7583 - P7508	230.	3.	1.30	29688.	1.04	.00	16.150
P4650 - P7618	230.	44.	19.19	29778.	.74	1.10	16.900
P7618 - P7033	230.	43.	18.80	29778.	.74	.01	16.910
P7033 - P4539	230.	43.	18.48	29775.	.75	.19	17.050
P4539 - P6075	230.	42.	18.07	29767.	.78	.54	17.470
P6075 - P4504	230.	38.	16.55	29765.	.78	.12	17.580
P4504 - P6095	230.	35.	15.02	29749.	.84	.90	18.580
P6095 - P4512	230.	34.	14.64	29738.	.87	.61	19.300
P4512 - P4549	230.	33.	14.40	29733.	.89	.28	19.640
P4549 - P4649	230.	32.	14.08	29732.	.89	.05	19.700
P4649 - P7176	230.	23.	10.02	29732.	.89	.01	19.720
P7176 - P7242	230.	20.	8.72	29729.	.90	.10	20.040
P7242 - P4807	230.	18.	7.77	29717.	.94	.36	21.560
P4807 - P7240	230.	17.	7.39	29716.	.95	.00	21.570
P7240 - P4873	230.	16.	7.00	29714.	.95	.05	21.840
P4873 - P4893	230.	14.	6.20	29712.	.96	.06	22.210
P4893 - P7073	230.	9.	3.81	29709.	.97	.05	23.000
P7073 - P7053	230.	8.	3.43	29706.	.98	.04	23.900
P7053 - P4627	230.	6.	2.62	29705.	.98	.01	24.090
P4627 - P4739	230.	5.	2.38	29705.	.98	.00	24.140
P4739 - P4620	230.	5.	2.14	29703.	.99	.02	25.180
P4620 - P7347	230.	4.	1.90	29701.	1.00	.01	25.760
P4649 - P7131	230.	9.	3.82	29730.	.90	.03	26.290
P7131 - P4908	230.	7.	2.87	29729.	.90	.01	26.630
P4908 - P4941	230.	6.	2.49	29729.	.90	.00	26.770
P4941 - P4667	230.	5.	2.25	29728.	.91	.00	26.940
P4667 - P4959	230.	3.	1.30	29728.	.91	.00	27.270

**PERTES CUMULEES DU DEPART EN KW : 44.129

**LONGUEUR DEVELOPPEE DU DEPART EN KM : 27.270

-

-

0 OVERALL REQUESTED POWER (MW) : 5.254
 OVERALL CONSUMED ENERGY (MWH) : 18758.028
 TOTAL LOSSES IN KW : 44. OR .99 %

1 OUTAGE STUDY AT YEAR : 17

a- Départ Akbou1

Après l'introduction des données du départ dans le logiciel CARA, Les résultats de la simulation sont résumé dans les tableaux suivant :

- **Année 2017**

Tab IV-2 : Résultats du départ Akbou1 pour l'année 2017.

Départ	I_{LT} (A)	I_T (A)	PCT (%)	$\Delta U/U$		Pj (KW)	L (KM)
				Valeur(%)	Nœud		
Akbou1	230	101.12	43.97	1.04	P7583 P7508	44.129	27.27

- **Année 2027**

Tab IV-3 : Résultats du départ Akbou1 pour l'année 2027.

Départ	I_{LT} (A)	I_T (A)	PCT (%)	$\Delta U/U$		Pj (KW)	L (KM)
				Valeur(%)	Nœud		
Akbou1	230	164.71	71.61	1.69	P7583 P7508	117.086	27.27

b- Départ Akbou2

Après l'introduction des données du départ dans le logiciel CARA, Les résultats de la simulation sont résumé dans les tableaux suivant :

- **Année 2017**

Tab IV-4 : Résultats du départ Akbou2 pour l'année 2017

Départ	I_{LT} (A)	I_T (A)	PCT (%)	$\Delta U/U$		Pj (KW)	L (KM)
				Valeur(%)	Nœud		
Akbou2	230	92.78	40.33	1.12	P4811	43.89	30.19

- **Année 2027**

Tab IV-5 : Résultats du départ Akbou2 pour l'année 2027

Départ	I _{LT} (A)	I _T (A)	PCT (%)	ΔU/U		P _j (KW)	L (KM)
				Valeur(%)	Nœud		
Akbou2	230	151.12	65.7	1.82	P4811	116.45	30.19

c- Départ Chellata

Après l'introduction des données du départ dans le logiciel CARA, Les résultats de la simulation sont résumé dans les tableaux suivant :

- **Année 2017**

Tab IV-6 : Résultats du départ Chellata pour l'année 2017

Départ	I _{LT} (A)	I _T (A)	PCT (%)	ΔU/U		P _j (KW)	L (KM)
				Valeur(%)	Nœud		
Chellata	270	134.8	49.92	1.26	P4943	59.07	38.21

- **Année 2027**

Tab IV-7 : Résultats du départ Chellata pour l'année 2027

Départ	I _{LT} (A)	I _T (A)	PCT (%)	ΔU/U		P _j (KW)	L (KM)
				Valeur(%)	Nœud		
Chellata	270	219.57	81.32	2.05	P4943	156.73	38.21

IV-7 Interprétation des résultats

Nous avons fait l'étude et le développement du réseau MT de la ville d'Akbou après la restructuration, sur un horizon de dix ans (de 2017 jusqu'à 2027), en utilisant l'outil informatique CARA, les résultats obtenus par le programme n'a pas signaler aucun problème sur toute la période d'étude, pour l'année de fin d'étude 2027 nous aurons constaté que :

- La section des câbles souterrain S (120 mm^2) qu'on a proposé, peut supporter le courant de charge (I_{2027}) des départs Akbou1 et Akbou2 avec un taux d'utilisation PCT (71.61%) et (65.7%) respectivement, ce qui veut dire que cette section peut servir plus de dix ans.
- La section des câbles aériens S (93.3 mm^2) du départ Chellata peut supporter le courant de charge (I_{2027}), avec un taux d'utilisation PCT (81.32%), ce qui veut dire qu'elle peut aussi servir plus de dix ans.
- Les chutes de tension $\Delta U/U(\%)$ les plus importantes des départs souterrains Akbou1 et Akbou2, sont 1.69% et 1.82% respectivement, qui ne dépassent pas la limite admissible de la variation de la tension des réseaux souterrains qui est de $\pm 6\%$.
- La chute de tension $\Delta U/U(\%)$ la plus importante du départ aérien Chellata, est de 2.05%, qui ne dépasse pas la limite de la variation de la tension des réseaux aériens qui est de $\pm 10\%$.

Remarque :

Les valeurs de la chute de tension et les pertes par effet joule, sont réduites après la restructuration du réseau par rapport à leurs valeurs initiales avec la structure ancienne, vue que nous avons augmenté la section des départs Akbou1 et Akbou2.

IV-8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une description générale du modèle informatique « **CARA** » mis à notre disposition au sein de la direction de distribution **SONELGAZ** de **Béjaïa**, Nous avons déterminé ensuite la section des câbles souterrains.

Après avoir introduit les données du réseau d'Akbou que nous avons restructuré, le programme CARA nous a donné les résultats de l'étude de ce réseau a moyen terme (10ans de 2017 à 2027).

Les résultats de l'étude montre que la restructuration que nous avons proposés répondeà toutes les normes et offrira une meilleure qualité de service en termes de continuité de service et de protection des installations. A l'horizon 2027 on a :

- La chute de tension relative maximale du réseau aérien est de 2.05%, qui est inférieure à 10%.
- La chute de tension relative maximale du réseau souterrain est de 1.82%, qui est inférieure à 6%.
- Un taux d'utilisation maximal des conducteurs est de 81.32%.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail que nous avons effectué nous a permis d'enrichir nos connaissances dans le domaine de la distribution MT et de nous familiariser avec les études de développement des réseaux MT. L'objectif est de répondre aux besoins de la clientèle, qui est de plus en plus exigeante en terme de disponibilité et de continuité de service.

Une étude sur l'architecture et l'exploitation du réseau nous a permis de mieux cerner les problèmes existant dans le réseau d'Akbou. Une analyse complète des anomalies qui sont susceptibles de se produire et leurs conséquences sur le fonctionnement du réseau électrique nous ont permis de déterminer les points du réseau à restructurer.

Grace aux cadres de SONELGAZ d'Akbou qui connaissent bien le terrain, et à l'aide du schéma unifilaire du réseau actuel, nous avons pu avoir une vision réelle sur le réseau et les liaisons entre les postes MT/BT, cela nous a permis de trouver les passages nécessaires, et de proposer la nouvelle structure du réseau avec les exigences suivantes :

- Eliminer l'aérien dans les zones urbaines et le remplacer avec le souterrain.
- Alimenter les postes MT/BT en coupure d'artère dans le réseau souterrain.
- Améliorer la structure du réseau aérien dans les zones rurales en installant des interrupteurs aériens.
- Boucler les trois départs du réseau de la ville d'une façon à assurer la continuité de service en cas d'incident (défaut) quelconque.

Avec les données du réseau restructuré (section et nature des conducteurs, longueur des tronçons, type du réseau, puissance et type des postes MT/BT), nous avons déterminé la section convenable pour les câbles souterrain. En utilisant l'outil informatique CARA, nous avons simulé le fonctionnement du réseau à moyen terme avec une période d'étude de dix ans (2017 à 2027). Les résultats de la simulation montrent que le réseau va fonctionner dans les conditions normales, sans surcharge ou surintensité toute au long de cette période.

En effet on constate que qu'à l'horizon 2027 on a :

- La chute de tension relative maximale du réseau aérien est de 2.05%, qui est inférieure de 10%.
- La chute de tension relative maximale du réseau souterrain est de 1.82%, qui est inférieure à 6%.
- Un taux d'évolution maximal des conducteurs est de 81.32%

En fin nous espérons que ce travail servira de référence pour les étudiants de Béjaia et apportera un plus à SONELGAZ. Samise en œuvre va développer et améliorer le réseau MT de la ville d'Akbou.

Bibliographie

Bibliographie :

- [1] Mr DZILA Fiacre lézin, Mr Aissou Massinissa, Restructuration Du Réseau Electrique Moyenne tension 30KV de CEVITAL Et Dimensionnement de son future poste 60/30KV, mémoire de fin d'étude, Université de Béjaia 2002.
- [2] Benoit de METZ-NOBLALT et Gerrard JEAN, « stabilité dynamique des réseaux électrique industriels » cahier technique Schneider N°185/P6 édition 1997.
- [3] Cahier technique Merlin Gerin N°155/p4, de Christian Punet, « les réseaux de distribution publique MT dans le monde », édition septembre 1991.
- [4] SIEMENS, « Power Engineering Guide - Transmission and Distribution » 4th Edition, 2005.
- [5] J.M. DELBARRE, « Postes à HT et THT - Rôle et Structure », Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie électrique, D 4570, 2004.
- [6] Groupe Sonelgaz, XD« Guide Technique de Distribution », Document technique de Groupe SONELGAZ, 1984.
- [7] Gerrard JEAN, Schneider Electric, « Architecteur de Réseau de Distribution », 2007.
- [8] ALUOI, CHICOUNT, ' Etude et développement du réseau MT 30KV d'EL EULMA', Mémoire de fin d'étude, Université de Béjaia 2008.
- [9] Auteur Christophe Prévé et Robert Jeannot, Schneider Electric, « guide de conception des réseaux électriques industriels », 1997.
- [10] System d'énergie électrique, guide de référence, les postes HT/MT, édition 1998.
- [11] D.FULCHIRON « protection des transformateurs des postes MT/BT » cahier technique N° 192 Schneider électrique, 2003.
- [12] Groupe SONELGAZ « réglage des protections moyenne tension » SDE 2009.
- [13] C.W.S.O.I et K.K.L.I "Time Coordination Method For Power System Protection By Revolutionary Algorithm", IEEE Tans, On Industry Application Vol.36, 2000.
- [14] OCHILARD.G DONNART et D.RENON "EDF Patented Protection PTDR Against Resistived Phase To Graound Faults in Compensated MV" CRIS 2004, France a Grenoble, 2004.
- [15] SONELGAZ "guide technique" options fondamentales, 1992.
- [16] SONELGAZ "Manuel d'utilisation CARA" Février1995.
- [17] Mr YAHIAOUI Lotfi "Etudes technique du réseau de distribution d'énergie électrique à basse tension d'une zone rural « Iboulassen »" mémoire de fin d'étude, 2011.
- [18] B.de Metz-Noblat, F.Dumas, C.Poulain "calcul des courants de court-circuit " Schneider électrique, Cahier technique n° 158.

Annexe

Annexe A

II.1 insertion des données

II-1-1 Données Akbou 1

```
0 0  ETUDE  DES DEPARTS MT Akbou1- 03/02/2014 FICHER BEJAIA.DAT
1 17 27 30000. 90.00 60.00 10.0 25.0 1000 4200 0.85 10. 1. 0 0
1
2 222222
2 INJECT      AKBOU1      00 00 0 0 270.0 0.00 0.00 0.00
2 Akbou1      E870      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 1.67
2 E870        E140      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.65
2 E140        P4623     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.25
2 E139        E140      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.74
2 E139        P4684     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.03
2 E139        E134      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 1.19
2 E134        P4650     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.03
2 E134        J4704     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.11
2 J4704       E135      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.48
2 E135        E484      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.16
2 E484        P4539     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.05
2 E484        E1080     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.12
2 E1080       P7618     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.06
2 E1080       P7033     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.11
2 E135        J4705     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.10
2 J4705       E136      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.21
2 E136        E138      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.09
2 E138        P6095     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.14
2 E138        P6095     00 00 0 0 210.0 0.30 0.10 0.01
2 E136        E137      00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.33
2 E137        P6075     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.04
2 E134        E129      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.54
2 E129        E730      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.12
2 E730        P7061     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.01
2 E730        P7061     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.02
2 E730        E130      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.07
2 E130        E131      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.01
2 E131        P4821     00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.01
2 E131        P4821     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.04
2 E131        E132      00 00 0 0 118.0 1.01 0.35 0.15
2 E132        E133      00 00 0 0 118.0 1.01 0.35 0.30
2 E133        P4900     00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.04
2 E132        P6032     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.01
2 P6032       P7249     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.14
2 P7249       P7291     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.26
2 P7291       P4817     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.36
2 P4817       P7194     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.20
2 P7194       P7223     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.54
2 P7223       P7220     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.05
2 P7220       P7128     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.52
2 P7128       P7317     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.33
2 P7317       P7201     00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.33
2 E129        E127      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 1.03
2 E127        P4549     00 00 0 0 118.0 1.01 0.35 0.53
2 E127        E128      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.15
2 E128        P4512     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.56
2 E127        E126      00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.94
2 E126        E782      00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.05
2 E782        P4649     00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.01
```

Annexe A

2	E782	P7176	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.02
2	P7176	P7242	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.34
2	P7242	E793	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.42
2	E782	P7131	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.52
2	P7131	P4908	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.34
2	P4908	P4941	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.14
2	P4941	P4667	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.17
2	P4667	P4959	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.33
2	P4959	E793	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.07
2	E793	E122	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.72
2	E128	E838	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.33
2	E838	P4807	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.10
2	E838	P7240	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.01
2	E122	E121	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.22
2	E121	P4873	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.05
2	E121	E119	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.13
2	E119	P4893	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.18
2	E119	P4833	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.02
2	E119	E116	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.23
2	E116	E117	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.16
2	E117	E688	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.19
2	E688	P7073	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.05
2	E688	P7053	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.01
2	E688	P7053	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.02
2	E117	E118	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.04
2	E118	P4627	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.01
2	E118	P4739	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.03
2	E116	E115	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.23
2	E115	P4620	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.04
2	E115	E114	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.08
2	P7317	P7201	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.33
2	E114	E902	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.47
2	E902	P7347	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.09
2	E902	P4615	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.10
2	E902	P7501	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.01
2	E902	P7501	00	00	0	0	230.0	0.23	0.10	0.45

Annexe A

II-1-2 Données Akbou 2

```
0 0 ETUDE DES DEPARTS MT Akbou2- 28/04/2017 FICHER BEJAIA.DAT
1 17 27 30000. 90.00 60.00 10.0 25.0 1000 4200 0.85 10. 1. 0 0
1
2 222222
2 INJECT Akbou2 00 00 0 0 270.0 0.00 0.00 0.00
2 Akbou2 E376 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.030
2 E376 E884 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.030
2 E884 P7321 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.020
2 E884 P4712 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.003
2 E376 E377 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.810
2 E377 E410 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.725
2 E410 J4656 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.030
2 J4656 E895 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.200
2 E895 E917 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.195
2 E917 P7311 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.075
2 E917 E967 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.025
2 E967 P7395 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.050
2 E967 E1070 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.321
2 E1070 E7615 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.060
2 E1070 E7349 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.010
2 E895 E411 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.440
2 E411 E748 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.046
2 E411 E1041 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.095
2 E1041 P5086 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.019
2 E1041 P7583 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 1.117
2 P7583 P7508 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.737
2 P7508 P7113 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.200
2 P7113 P7108 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.200
2 P7108 P4931 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.250
2 P4931 P7141 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.150
2 P7141 P4509 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.249
2 P4509 P4977 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.420
2 P4977 P5074 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.100
2 P5074 P7276 00 00 0 0 210.0 0.30 0.10 0.162
2 E410 E412 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.915
2 E412 J4696 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.740
2 J4696 E740 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.050
2 E740 P7113 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.038
2 E740 P4528 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.078
2 P4528 P4912 00 00 0 0 210.0 0.30 0.10 0.170
2 P4912 P7477 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.400
2 P7477 P7161 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.500
2 E377 J4513 00 00 0 0 270.0 0.35 0.35 0.150
2 J4513 E378 00 00 0 0 270.0 0.35 0.35 0.150
2 E378 P4962 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.175
2 E378 E379 00 00 0 0 270.0 0.35 0.35 0.100
2 E379 E380 00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.041
2 E380 P6082 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.044
2 E380 P6082 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.085
2 E380 E381 00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.080
2 E381 P5066 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.016
2 E381 P5066 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.044
2 E381 J4514 00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.081
2 J4514 E827 00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.290
2 E827 P7226 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.030
2 E827 E382 00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.080
2 E382 E383 00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.622
2 E383 P4697 00 00 0 0 190.0 0.60 0.35 0.502
2 E383 P4696 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.089
```

Annexe A

2	E383	P4696	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.502
2	E382	E384	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.411
2	E384	P4703	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.107
2	E379	E393	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	0.400
2	E393	J4725	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.028
2	J4725	E749	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.020
2	E749	P7122	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.040
2	E749	P7122	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.057
2	E749	P4547	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.005
2	E393	E394	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	0.008
2	E394	E694	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.040
2	E694	J4693	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.048
2	E694	P7072	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.015
2	J4693	E395	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.025
2	E395	P4960	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.100
2	P4960	P7467	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.366
2	E395	P7045	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.060
2	E394	E396	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	0.270
2	E396	P4607	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.085
2	E396	P4607	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	0.195
2	E396	J4519	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.030
2	J4519	E397	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.395
2	E397	E1015	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.200
2	E1015	P7469	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.008
2	E1015	P6069	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.050
2	E397	E398	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.482
2	E398	P4808	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.767
2	E398	E399	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.360
2	E399	J4539	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	0.037
2	J4539	E728	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	0.627
2	E728	P7099	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.306
2	E728	E400	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	1.853
2	E400	E401	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.155
2	E401	P4810	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.130
2	E400	P4809	00	00	0	0	270.0	0.35	0.35	1.035
2	E401	P4811	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.301
2	E399	E1047	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.650
2	E1047	P7595	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.450
2	E1047	E402	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.220
2	E402	P4700	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.276
2	E402	J4531	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.032
2	J4531	E816	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	1.143
2	E816	P7206	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.334
2	E816	E403	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.324
2	E403	P7062	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.100
2	E403	E404	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.324
2	E404	P4768	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.030
2	E404	E405	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.262
2	E405	E406	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.784
2	E406	P4767	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.040
2	E406	P4766	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.725
2	E405	J4569	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.028
2	J4569	E407	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.426
2	E407	E408	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.066
2	E408	P4881	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.571
2	E408	P4879	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.073
2	E407	J4695	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.028
2	J4695	E464	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.235
2	E464	P7064	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.246
2	E464	E409	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.310
2	E409	P7063	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.299
2	E409	P4880	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.375

Annexe A

2	E384	J4522	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.030
2	J4522	E385	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.366
2	E385	P4987	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.721
2	E385	E386	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.400
2	E386	P4989	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.022
2	E386	E387	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.790
2	E387	P4988	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.049
2	E387	E388	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.469
2	E388	P4734	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.300
2	E388	P4734	00	00	0	0	230.0	0.10	0.35	0.040
2	E388	E877	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.469
2	E877	P7281	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.050
2	E877	E389	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.060
2	E389	P4679	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.266
2	E389	J4691	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.060
2	J4691	E390	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.152
2	E390	P4990	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.674
2	E390	E391	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.584
2	E391	P4680	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.053
2	E391	J4692	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.035
2	J4692	E392	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.058
2	E392	P4737	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.587
2	E392	E999	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.220
2	E999	P7199	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.300
2	E999	P7442	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.150

Annexe A

II-1-3 Données Chellata

```
0 0 ETUDE DES DEPARTS MT chelatta- 03/05/2017 FICHER BEJAIA.DAT
1 17 27 30000. 90.00 60.00 10.0 25.0 1000 4200 0.85 10. 1. 0 0
1
2 222222
2 INJECT chellata 00 00 0 0 270.0 0.00 0.00 0.00
2 chellata E1042 00 00 0 0 230.0 0.23 0.10 0.250
2 E1042 P7282 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.050
2 E1042 E946 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.050
2 E946 E945 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.620
2 E945 P4920 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.010
2 E945 E948 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.270
2 E948 P7286 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.026
2 E948 E904 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.070
2 E904 P7343 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.150
2 E904 E810 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.070
2 E810 P7196 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.016
2 E810 E447 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.570
2 E447 E448 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.173
2 E448 P4716 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.031
2 E448 P4843 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.676
2 E447 E947 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.235
2 E947 P7284 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.327
2 E947 E446 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.485
2 E446 P7418 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.295
2 E446 P4709 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.050
2 E446 E445 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.420
2 E445 E449 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.454
2 E449 P4835 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.655
2 E449 E450 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.077
2 E450 P4834 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.077
2 E450 E451 00 00 0 0 270.0 0.95 0.35 0.120
2 E451 P6067 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.452
2 E451 P6067 00 00 0 0 230.0 0.25 0.10 0.028
2 E451 E676 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.012
2 E676 P7048 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.262
2 E676 E452 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 1.130
2 E452 E453 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.473
2 E453 P4926 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.525
2 E453 P4927 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.094
2 E452 E454 00 00 0 0 270.0 0.95 0.35 0.079
2 E454 P4924 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.045
2 E454 E455 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 1.513
2 E455 E460 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.896
2 E460 P4919 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.155
2 E460 E461 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.896
2 E461 P4918 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.132
2 E461 E906 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.072
2 E906 P7341 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.357
2 E906 E462 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.064
2 E462 P4942 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.099
2 E462 E905 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.540
2 E905 P7342 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.624
2 E905 E463 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.060
2 E463 P4944 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.405
2 E463 P4943 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.052
2 E455 E456 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.147
2 E456 P5099 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.051
2 E456 E457 00 00 0 0 270.0 0.36 0.35 0.878
2 E457 E886 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.078
2 E886 P7166 00 00 0 0 140.0 0.95 0.35 0.132
```

Annexe A

2	E886	E950	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.016
2	E950	P7288	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.515
2	E950	P7325	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.017
2	E457	E458	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	1.394
2	E458	P4947	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.304
2	E458	E459	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.090
2	E459	P7008	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.787
2	E459	P4948	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.039
2	E445	E444	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	1.245
2	E444	P4818	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.766
2	P4818	P7475	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.825
2	E444	E443	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.220
2	E443	E779	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.050
2	E779	P7172	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.012
2	E779	P6065	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.200
2	E443	E442	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.392
2	E442	P6029	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.017
2	E442	P5030	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.326
2	E442	E441	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.435
2	E441	E675	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.070
2	E675	P7035	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.094
2	E675	E440	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.040
2	E440	P4608	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.095
2	E440	E437	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.595
2	E437	P4584	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.084
2	E437	E438	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.062
2	E438	P4911	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.025
2	E438	E439	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.092
2	E439	P6072	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.025
2	E439	E795	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.126
2	E795	P7187	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.022
2	E795	E777	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.759
2	E777	P4538	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.020
2	E777	E778	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.042
2	E778	P7174	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.040
2	E778	P7173	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.254
2	E437	E435	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.080
2	E435	E426	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.282
2	E426	E768	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.215
2	E768	E824	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.392
2	E824	E891	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.056
2	E891	P7159	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.110
2	E891	P7392	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.420
2	P7392	P7454	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.020
2	P7454	E970	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.180
2	E970	E891	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.210
2	E970	P7328	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.280
2	E824	P7217	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.055
2	E824	P7232	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.350
2	P7232	P4992	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.265
2	P4992	E434	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.125
2	E434	P6085	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.125
2	E434	P6085	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.040
2	E434	E433	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.054
2	E433	P7295	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.353
2	E433	P7295	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.050
2	E433	E776	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.278
2	E776	P6065	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.090
2	P6065	P7070	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.234
2	P7070	E922	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.039
2	E922	E767	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.011
2	E767	P7157	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.083

Annexe A

2	E767	P7158	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.150
2	E433	E432	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.125
2	E432	P4707	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.147
2	E432	P4707	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.040
2	E432	E430	00	00	0	0	190.0	0.60	0.10	0.140
2	E430	E431	00	00	0	0	190.0	0.60	0.35	0.243
2	E431	P4653	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.013
2	E430	E427	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.330
2	E427	E428	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.105
2	E428	E878	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.078
2	E878	P7002	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.010
2	E428	E429	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.056
2	E429	E893	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.020
2	E893	P7332	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.094
2	E429	E822	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.011
2	E822	P7218	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.032
2	E822	P5020	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.012
2	E427	E768	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.170
2	E426	E425	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.102
2	E425	P4602	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.010
2	E425	E845	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.112
2	E845	P7409	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.336
2	E845	P7409	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.011
2	P7409	P7254	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.168
2	P7254	P7020	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.118
2	P7020	P7444	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.153
2	P7444	P7559	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.220
2	P7559	P4570	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.714
2	P4570	P4662	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.185
2	P4662	P7125	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.446
2	P7125	P7019	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.380
2	P7019	E424	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.027
2	E424	P4506	00	00	0	0	118.0	1.01	0.35	0.170
2	E424	P4530	00	00	0	0	118.0	1.01	0.35	0.010
2	P4530	P4546	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.108
2	P4546	P7591	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.053
2	E424	E423	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.078
2	E423	P4508	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.010
2	E423	P4508	00	00	0	0	210.0	0.30	0.10	0.120
2	E423	E422	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.059
2	E422	P4736	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.020
2	E422	E814	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.100
2	E814	P7202	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.010
2	E814	P7202	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.054
2	E814	E421	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.237
2	E421	P4507	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.150
2	E421	E419	00	00	0	0	118.0	1.01	0.35	0.186
2	E419	E845	00	00	0	0	270.0	0.36	0.35	0.354
2	E419	E415	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.520
2	E415	P7100	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.176
2	E415	E416	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.025
2	E416	P4550	00	00	0	0	140.0	0.95	0.35	0.220
2	E416	P7340	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.067
2	P7340	P7353	00	00	0	0	230.0	0.25	0.10	0.418

VI. 1. Détermination des section de cable souterrain

a) Mode de pose des cables

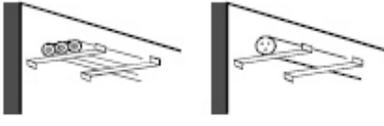
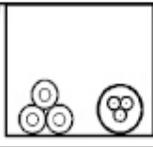
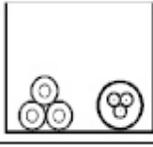
Modes de pose	Exemple	Colonne des tableaux	Facteurs de correction		
			f_0	à appliquer	
A Conduits en montage apparent		(3)	0,90	f_1	f_5
B Conduits en montage encastré		(3)	0,90	f_1	f_5
F Pose sur chemins de câbles ou tablettes		(3)	1	f_1	f_5
G Pose sur corbeaux ou sur échelles à câbles		(3)	1	f_1	f_6
H Goulottes (fermées)		(3)	0,90	f_1	f_5
J Gouttières (goulottes ouvertes)		(3)	1	f_1	f_6
L1 Conduits dans caniveaux ouverts ou ventilés		(3)	0,80	f_1	f_5

Tableau. 1. 1. Mode de pose.

P : régime permanent

D : régime discontinu

Annexe B

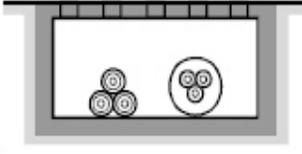
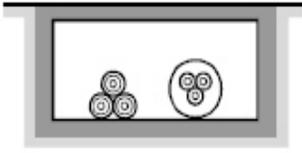
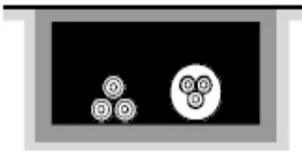
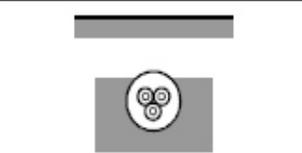
Modes de pose	Exemple	Colonne des tableaux		Facteurs de correction			
				f_0	à appliquer		
L3 Pose directe dans caniveaux ouverts ou ventilés		(3)	0,90	f_1	-	f_5	
L4 Pose directe dans caniveaux fermés		(3)	0,80	f_1	-	f_5	
L5 Pose directe dans des caniveaux remplis de sable		(3)	0,80	f_1	-	f_5	
N Alvéoles		(3)	0,90	f_1	-	f_5	
P Blocs manufacturés		(3)	0,90	f_1	-	f_5	
S1 Enterré directement (câbles armés)		P (1)	D (2)	1	f_2	f_3	f_4
S2 Enterré avec protection mécanique		(1)	(2)	1	f_2	f_3	f_4

Tableau. 1. 2. Mode de pose.

Annexe B

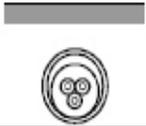
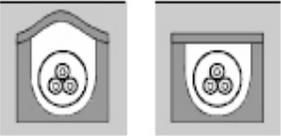
Modes de pose	Exemple	Colonne des tableaux		Facteurs de correction			
				f_0	à appliquer		
S3 Enterré dans des fourreaux		P (1)	D (2)	0,8	f_2	f_3	f_4
S4 Câbles posés en tréfle sur caniveau préfabriqué, enterré directement dans le sol avec, éventuellement, apport de remblai contrôlé		(1)	(2)	0,8	f_2	f_3	f_4
S5 Câbles unipolaires posés en caniveaux individuels, enterrés directement dans le sol avec, éventuellement, apport de remblai contrôlé		(1)	(2)	0,8	f_2	f_3	f_4
S6 Câbles unipolaires posés en nappe espacée dans un caniveau préfabriqué, enterré directement dans le sol avec, éventuellement, apport de remblai contrôlé		(1)	(2)	0,8	f_2	f_3	f_4
V Lignes aériennes		(3)		1,1	f	--	

Tableau. 1. 3. Mode de pose.

Annexe B

b) Facteurs de correction pour des températures du sol différentes de 20°C (câbles enterrés) :

f_2

°C	Nature de l'isolant	
	PE	PR
0	1,18	1,13
5	1,14	1,10
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Tableau. 2. Facteurs de correction pour des températures du sol différentes de 20°C.

c) Facteurs de correction pour des résistivités thermique du sol différentes de 1K.m/W (câbles enterrés) : f_3

Résistivité du sol (K.m/W)	Humidité	Nature du terrain		Ensemble de trois câbles unipolaires	Câbles tripolaires
0,5	Terrain très humide	Sable		1,25	1,20
0,7	Terrain humide			1,14	1,10
0,85	Terrain dit normal		Argile et	1,06	1,05
1	Terrain sec		Calcaire	1,00	1,00
1,2	Terrain très sec			0,93	0,95
1,5			Cendres	0,85	0,88
2			et	0,75	0,79
2,5			Mâchefer	0,68	0,72
3				0,62	0,68

Tableau. 3. Facteurs de correction pour des résistivités thermiques du sol différentes de 1

Annexe B

d) Facteurs de correction pour groupement de plusieurs canalisations (câbles enterrés) : f_4

Nombre de circuits	Distance entre câbles "a" (*)				
	Nulle (câbles jointifs)	Un diamètre de câble	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

câbles unipolaires

câbles tripolaires

Tableau. 4. Facteurs de correction pour groupement de plusieurs canalisations.

(*) Détermination de la distance 'a' dans le cas de câbles unipolaires posés en nappe ou en trèfle et de câble tripolaires.

Annexe B

e) Courants admissibles dans les câbles constitués par trois câbles unipolaires de tension assignée supérieure à 6/6 (7,2) kV et inférieure ou égale à 18/30 (36) kV

Isolé PE*			Section nominale (mm ²)	Isolé EPR ou PR		
(1)	(2)	(3)*		Cuivre	(1)	(2)
110	125	105	16	125	140	130
140	160	135	25	165	185	170
170	195	165	35	195	220	200
200	230	200	50	230	260	245
250	280	250	70	280	320	305
295	335	300	95	335	385	375
335	385	350	120	385	440	425
375	430	395	150	430	495	485
425	490	455	185	490	560	560
490	560	530	240	560	650	660
550	640	610	300	640	730	750
630	720	710	400	720	830	870
700	810	810	500	810	940	1 000
790	920	930	630	910	1 060	1 150
870	1 010	1 050	800	1 010	1 170	1 300
960	1 100	1 180	1 000	1 110	1 280	1 470
1 010	1 170	1 270	1 200	1 180	1 360	1 590
1 070	1 240	1 360	1 400	1 240	1 440	1 700
1 110	1 290	1 430	1 600	1 290	1 500	1 790
(1)	(2)	(3)	Aluminium	(1)	(2)	(3)
86	96	81	16	98	110	99
110	125	105	25	125	140	130
130	150	130	35	150	170	160
155	180	155	50	180	205	190
190	220	190	70	220	250	235
230	260	235	95	260	300	290
260	300	270	120	300	340	330
290	335	305	150	335	385	375
330	380	355	185	380	435	430
385	445	420	240	440	510	510
435	500	480	300	500	570	590
495	570	560	400	570	660	680
560	650	650	500	640	740	790
640	740	750	630	740	850	930
720	830	860	800	830	960	1 060
800	930	990	1 000	930	1 070	1 230
860	1 000	1 090	1 200	1 000	1 160	1 350
920	1 060	1 170	1 400	1 060	1 230	1 450
960	1 110	1 240	1 600	1 110	1 290	1 540

(*) Pour les câbles dont l'isolation est en polyéthylène haute densité (PEHD), les valeurs sont à multiplier par:
1,05 pour les colonnes (1) et (2)
1,06 pour la colonne (3)

Tableau. 5. Courant admissible dans les câbles unipolaire.