

pdf-title=_____ **Thème** _____

*Approche de la Planification d'un réseau de distribution
d'énergie électrique pour la nouvelle ville de Oued Ghir*

_____18pt ,pdfauthor=,pdfsubject=**Mémoire de Fin de Cycle**

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Recherche Opérationnelle

Option **M**odélisation **M**athématique et **E**valuation de **P**erformances des

Réseaux, pdfkeywords=rapport vos mots clés

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.Mira Béjaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département de Recherche Opérationnelle



Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme de Master
En Recherche Opérationnelle
Option Modélisation Mathématique et Evaluation de Performances des Réseaux

Thème

Approche de la Planification d'un réseau de distribution d'énergie électrique pour la nouvelle ville de Oued Ghir



Réalisé par :

M^r BENNOUR Zahir *M^{elle}* BOUAZIZ Oualida

Devant le jury composé de :

Présidente	<i>M^r</i> L.Assli	<i>M.A.B</i>	U.A.MIRA Bejaïa
Rapporteur	<i>M^r</i> D.Aissani	Professeur	U.A.MIRA Bejaïa
Co-Rapporteur	<i>M^r</i> R.Medjoudj	<i>M.A.B</i>	U.A.MIRA Bejaïa
Examinatrice	<i>M^{me}</i> S.Kendi	<i>M.A.A</i>	U.A.MIRA Bejaïa
Examinatrice	<i>M^{lle}</i> N.Aiane	Doctorante	U.A.MIRA Bejaïa
Invité	<i>M^r</i> M.Khiari	Ingénieur	Sonelgaz Bejaïa

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu, le miséricordieux, sans lui rien de tout cela n'aurait pu être.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre encadreur le Professeur **D.Aissani** et à notre co-encadreur *M^r* **R.Medjoudj** pour leurs aides précieuses et leurs conseils qu'ils nous ont donnés tout au long de notre travail, et les remercions vivement pour leurs patiences et leurs disponibilités dont ils ont fait preuve durant la période de notre encadrement.

Nos remerciements vont également à Monsieur **L.Assli** qui nous a honoré de présider le jury et à Madame **S.Kendi** et Mademoiselle **N.Aiane** d'avoir acceptés d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi aux personnels de l'entreprise **Sonelgaz** de Bejaia, en particulier *M^r* **M.Khiari** et son équipes.

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, soit par leur savoir scientifique ou par leur amitié, et tous les enseignants qui ont partager leurs savoir.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère et mon père, qui ont été à mes côtés et qui ont fait tant de sacrifices pour ma réussite,

Mes frères et soeur pour leur soutien et pour avoir cru en moi,

Mes nièces et neveux Chamseddine, Meriem et aux tout derniers Celian et Lila qui ont ajouter un brin de jeunesse dans notre maison,

Toute ma grande famille,

Tout mes amis, copains et camarades,

Tout ceux qui ont contribués de près ou de loin à rendre ces cinq années meilleurs.

Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection, de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

BENNOUR ZAHIR

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère et mon père, qui ont été à mes côtés et qui ont fait tant de sacrifices pour ma réussite,

Mes frères et soeur pour leur soutien et pour avoir cru en moi,

Toute ma grande famille,

Tout mes amis, copains et camarades,

Une personne très chère,

Tout ceux qui ont contribué de près ou de loin à rendre ces cinq années meilleurs.

BOUAZIZ OUALIDA

Table des matières

Table des matières	i
Liste des figure	ii
Liste des tableaux	iii
Listes des abréviations	iv
Introduction Générale	1
1 Présentation de l'entreprise et généralités sur les réseaux de distribution électriques.	3
1.1 Introduction	3
1.2 Présentation de l'entreprise	3
1.2.1 Organisation de Sonelgaz	4
1.2.2 Présentation de la Société de Distribution de l'électricité et du gaz de l'Est (SDE)	5
1.2.3 Présentation de la Direction de Distribution de Béjaia	5
1.2.4 Présentation de la division Planification Electricité et Gaz	7
1.3 Généralités sur les réseaux de distribution électriques	7
1.3.1 Présentation des réseaux de distribution	7
1.3.2 Les équipements des réseaux électriques :	8
1.3.3 Architecture des réseaux de distribution	11
1.3.4 Position du problème	13
2 Quelques notions sur la théorie des graphes et sur la programmation linéaire en nombres entiers.	14
2.1 Introduction	14
2.2 Eléments de la théorie des graphes	14
2.2.1 Définition de la théorie des graphes	14
2.2.2 Intérêt des graphes et ses applications	14
2.2.3 Généralités :	15
2.2.4 Arbre couvrant de poids minimum	16
2.3 Programme linéaire	18
2.3.1 Définition	18
2.3.2 Caractéristiques de la programmation linéaire	18
2.3.3 Formulation mathématique d'un programme linéaire	18
2.3.4 Ecriture matricielle	19

2.3.5	Méthodes de résolution d'un programme linéaire (PL)	20
2.3.6	Programmation linéaire en nombres entiers (PLNE)	20
2.4	Conclusion	24
3	Présentation du projet de la ville Ighzer Ouzarif et modélisation du problème.	25
3.1	Introduction	25
3.2	Présentation de la ville Ighzer Ouzarif	25
3.2.1	Position géographique	25
3.2.2	Plan d'aménagement	26
3.2.3	Calcul des charges	27
3.3	Modélisation du problème des postes	33
3.3.1	Généralités et définition	33
3.3.2	Construction d'un modèle	33
3.3.3	Détermination des postes MT/BT à travers la P.L	33
3.3.4	Représentation du réseau électrique sous forme d'un graphe	35
3.3.5	Conclusion	36
4	Application et interprétation des résultats	37
4.1	Introduction	37
4.2	Application	37
4.2.1	Calcul du nombre de postes MT/BT	37
4.2.2	Positionnement des postes MT/BT et graphe initial	44
4.2.3	Détermination d'une structure optimale	45
4.2.4	Algorithme de Prim :	46
4.2.5	Structure optimale	51
4.3	Simulation du montant du projet	52
4.4	Interprétation des résultats	53
4.5	Conclusion	54
	Conclusion Générale	55
	Bibliographie	57
	Annexes I	58
	Annexes II	60
	Annexes III	67
	Annexes IV	70

Table des figures

1.1	Organigramme de l'entreprise Sonelgaz	4
1.2	Organigramme de la Direction de Distribution de Béjaia	6
1.3	Organigramme de la Division Planification Electricité et Gaz	7
1.4	Architecture générale d'un poste MT/BT.	9
1.5	Réseau de distribution radial.	11
1.6	Schéma d'une structure bouclée.	12
1.7	Schéma d'une structure maillée.	12
3.1	Vue aérienne de la ville de Oued Ghir et de la ville Ighzer Ouzarif.	26
4.1	Présentation graphique du PL et l'ensemble de solutions réalisables S	38
4.2	Représentation de la solution optimale du PL	38
4.3	Représentation de la solution optimale du PL $Q_{1,0}$	39
4.4	Représentation de la solution optimale de $Q_{2,1}$	40
4.5	Représentation de la solution optimale de $Q_{2,1}$	40
4.6	Représentation de l'ensemble de solutions réalisables $Q_{1,1}$	41
4.7	Représentation de la solution optimale de $Q_{1,1}$	41
4.8	Représentation des coupes de Branch and Bound.	42
4.9	Représentation du graphe modélisant le réseau de distribution d'énergie électrique.	45
4.10	Représentation de l'arbre couvrant à poids minimum.	51
4.11	Représentation de la structure optimale de notre réseau.	52
4.12	Interface du logiciel Java (Eclipse).	63
4.13	Création d'un projet Java.	64
4.14	Création d'un package java.	65
4.15	Création d'une classe Java	66
4.16	Poste cabine en coupure d'artère	71
4.17	Disposition d'équipements MT/BT.	73
4.18	Schéma du poste MT/BT.	74

Liste des tableaux

- 3.1 Consommation des logements de la région A 28
- 3.2 Consommation des différentes structures pour la région A 29
- 3.3 Consommation des logements de la région B 30
- 3.4 Consommation des différentes structures pour la région B 31
- 3.5 Consommation des logements de la région C 32
- 3.6 Consommation des différentes structures pour la région C 32

- 4.1 Nombre de postes associé aux quartiers de la région B. 43
- 4.2 Nombre de postes associé aux quartiers de la région C. 43
- 4.3 Coût unitaire et total des postes prévus pour les régions B et C. 53
- 4.4 Coût unitaire et total des longueurs des câbles prévus pour les régions B et C. 53
- 4.5 Introduction du graphe initial sur java 68
- 4.6 L'arbre couvrant à poids minimum présentée sur Java 69

Listes des abréviations

HT : Haute tension.

MT : Moyenne Tension.

BT : Basse Tension.

SONELGAZ : SOcieté Nationale Electricité et Gaz.

HP : Haut Présion.

MP : Moyenne Présion.

BP : Basse Présion.

KVA : Kilo Volt Ampère.

MVA : Méga Volt Ampère.

KDA : Kilo Dinars.

H : Hèctar.

LPP : Logement Partcipatif Public.

Introduction Générale

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

L'énergie électrique est devenue indispensable. C'est un bien de consommation à part entière, non seulement pour la vie quotidienne de chaque individu mais également, pour l'économie du pays.

Un réseau d'énergie, électrique achemine de l'électricité depuis les centrales de production jusqu'aux consommateurs, en passant par les différentes parties du réseau, à savoir : production, transport, répartition et distribution, avec des étapes d'élévation et de baisse de tension dans des postes transformateurs.

Arrivée aux lieux de consommation en moyenne tension (MT), l'énergie électrique doit répondre à trois exigences essentielles : stabilité, économie et surtout continuité de service, afin de rendre toujours disponible l'accès à l'électricité chez l'utilisateur.

L'électrification de toutes les régions du pays est une des tâches les plus importantes pour Sonelgaz. Mais, cela se fait avec une étude sur la consommation et la manière de pouvoir répondre aux besoins de la clientèle en évitant les différents risques (incidents, chutes de tension, incendies) sur le réseau.

Avec les problèmes économiques que traverse notre pays, la plupart des entreprises ont suspendu leurs projets, dont l'entreprise de Sonelgaz fait partie. Cette période a poussé les dirigeants de Sonelgaz à changer sa politique de fonctionnement, réparer au lieu de changer et optimiser avant d'installer.

Suivant les nouveaux objectifs de Sonelgaz, nous avons pris comme sujet de mémoire de fin d'étude, la planification et l'optimisation d'un réseau de distribution d'énergie électrique pour la nouvelle ville d'Oued Ghir intitulé Ighzer Ouzarif, avec une superficie de 250 HA, qui se présente comme l'un des plus grands projets d'extension de la ville de Béjaia.

Ce travail consiste à considérer une nouvelle approche scientifique pour la planification d'un réseau de distribution d'énergie électrique en appliquant les méthodes de la recherche opérationnelle et en respectant les contraintes et les exigences de l'entreprise nationale Sonelgaz.

Le présent mémoire est structuré en une introduction, quatre chapitres, conclusion, sept annexes et une bibliographie.

Le premier chapitre présente l'entreprise Sonelgaz, plus précisément, la société de distribution de l'électricité et du gaz de l'Est, direction de Béjaia et des généralités sur les réseaux de distribution d'énergie électrique.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons quelques notions de la théorie des graphes et de la programmation linéaire en nombre entiers qui vont nous être utiles pour la résolution de notre problème.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation de la ville d'Ighzer Ouzarif et à la modélisation de notre problème par des méthodes graphique et mathématique.

Le quatrième et dernier chapitre concerne la résolution de notre modèle mathématique, la détermination d'un réseau optimal et l'interprétation des résultats.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise et généralités sur les réseaux de distribution électriques.

1.1 Introduction

Un réseau d'énergie électrique a pour rôle d'acheminer l'énergie depuis la source jusqu'aux abonnés en MT ou en BT suivant leur puissance, dans les meilleures conditions économiques et techniques.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'entreprise de Sonelgaz, précisément la Société de Distribution de l'électricité et du gaz de l'Est (S.D.E), qui est responsable de l'installation et de la planification des réseaux électriques et du gaz. Ensuite, nous allons présenter les réseaux de distribution d'énergie électrique et on fini par le positionnement du problème.

1.2 Présentation de l'entreprise

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

- Production, Transport et Distribution de l'électricité.
- Transport et Distribution du gaz.

Elle a pour obligations :

- De satisfaire dans des 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 et en particulier des programmes et une distribution publique de gaz.

- D'appliquer, à condition identique, une stricte égalité de traitement à tous 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 créée en 1969, sous le nom d'Electricité et Gaz d'Algérie (EGA), devenu un établissement public en 1991. Puis elle fut convertit en une société par actions (SPA) en 2002 et en 2010, on parle de groupe Sonelgaz.

1.2.1 Organisation de Sonelgaz

Sonelgaz est aujourd'hui organisé en Groupe industriel composé de 39 filiales et 5 sociétés en participation exerçant des métiers de bases, travaux et périphériques présentent comme suite :

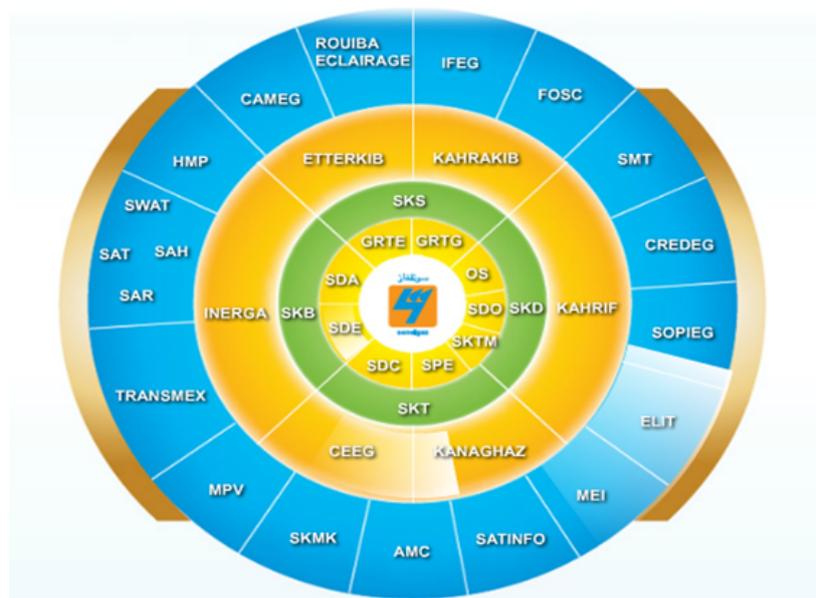


FIGURE 1.1 – Organigramme de l'entreprise Sonelgaz

Et on cite parmi ces filiales :

- La Société de Production de l'Electricité (SPE).
- Sharikat Kahraba wa takat moutadjadida (SKTM).
- La Société de l'Engineering de l'électricité et du Gaz (CEEG).
- La Société de Gestion du Réseau de Transport de l'Electricité (GRTE).
- La Société de Gestion 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 sont spécialisées dans le domaine de la réalisation des infrastructures énergétiques (engineering, montage industriel, réalisation de réseaux...).

1.2.2 Présentation de la Société de Distribution de l'électricité et du gaz de l'Est (SDE)

La société par actions SDE (SPA) a été créée en 2006 avec un capital social de 24 milliards de Dinars, la société de Distribution de l'électricité et du gaz de l'Est, par abréviation " SDE ", filiales du groupe Sonelgaz.

Son siège se situe au 2, rue Raymonde Peschard à Constantine, et réunit 16 wilayas de l'Est avec ses dix-neuf (19) Directions de Distribution. Elle compte 95 agences commerciales, 60 districts électricité et 30 districts gaz.

La SDE a, entre autres, pour mission :

- L'exploitation, l'entretien et le développement des réseaux de distribution de l'électricité et gaz situés dans la zone de desserte.
- Le développement du réseau de façon à permettre le raccordement des clients et des producteurs qui le demandent.
- La commercialisation de l'électricité et du gaz.
- L'assurance d'une continuité et qualité de service au moindre coût, etc.

1.2.3 Présentation de la Direction de Distribution de Béjaïa

La Direction de Distribution de Béjaïa alimente en énergie électrique et gazière les clients résidant sur le territoire de la wilaya et son organigramme est donné dans la figure 1.1.

Siège social : cité Tobbal - Béjaïa.

Nombre de communes : 56.

Nombre de clients Electricité (BT/MT/HT) : 264163 clients.

Nombre de clients Gaz (BP/MP/HP) : 77446 clients.

Ses agences commerciales :

- Béjaïa (communes rattachées : BEJAIA, TICHY, AOKAS, TALA HAMZA, BOUKHLIFA, TIZI N BERBER et OUED GHIR).
- Seddouk (communes rattachées : SIDI SAID, AMALOU, SEDDOUK, BOUHAMZA et BENI MAOUCHE).
- Kharrata (communes rattachées : SOUK EL TENINE, DARGUINA, TSKRIOUT, 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 GHIL, TIFRA, ADEKAR, BENI KSILA, AKFADOU, TIMZIRT, THINABDHER, FENAIA ELMATHEN, SIDI AYAD, CHEMINI, SOUK OUFELLA, TIBANE, SIDI ICH 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.

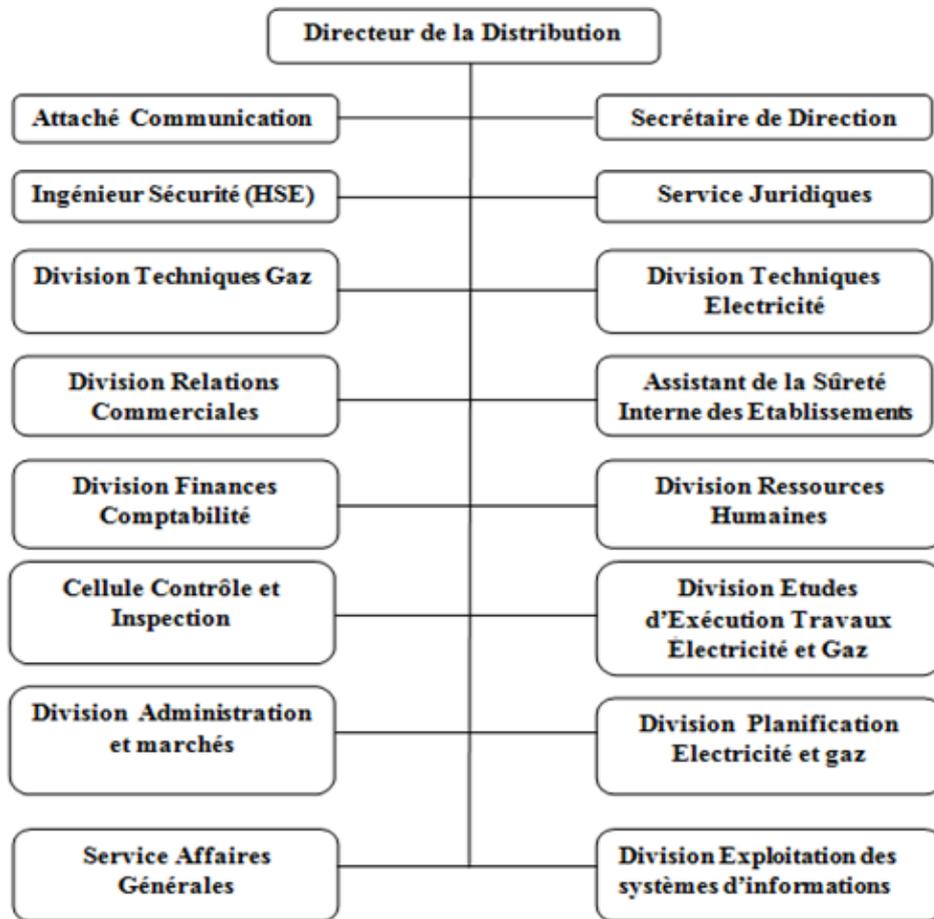


FIGURE 1.2 – Organigramme de la Direction de Distribution de Béjaïa

La DD de Béjaïa a pour attributions les points suivants :

- Participer à l'élaboration de la politique de la direction (en matière de prestations rendus aux clients, développement des ventes, recouvrement des créances,...).
- Mettre en œuvre la politique commerciale de l'entreprise et en contrôler l'application.
- Satisfaire aux meilleures conditions de coûts et de délais la demande de raccordement des clients MT/BT, MP/BP et leur apporte conseil et assistance.
- Assurer la gestion (conduite, exploitation, et maintenance) et le développement des réseaux MT/BT et MP/BP et des installations annexes.
- Elaborer et mettre en œuvre le développement de la construction, la maintenance et l'exploitation des ouvrages.

- Etablir les programmes travaux qui se rapportent à ses missions et en assurer la maîtrise d'œuvre.
- Assurer la gestion et le développement des ressources humaines et des moyens matériels nécessaires au fonctionnement du centre.
- Assurer la sécurité des personnes et des biens en rapport avec les activités de la distribution.
- Assurer la représentation de SONELGAZ au niveau local.

1.2.4 Présentation de la division Planification Electricité et Gaz

Cette division a pour rôle la création, la réhabilitation et le remplacement des réseaux électrique et gazière et elle est organisée comme suite :

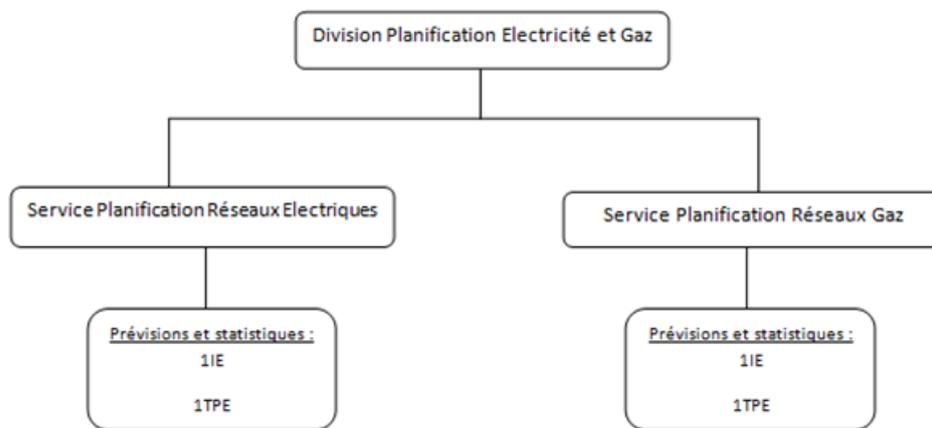


FIGURE 1.3 – Organigramme de la Division Planification Electricité et Gaz

Attributions :

- La conception des études de développement des réseaux.
- L'établissement des plans de développement retenus à court et moyen terme.
- Veiller à une exploitation optimale des réseaux dans le cadre des règles et des objectifs de qualité et de continuité de service.

1.3 Généralités sur les réseaux de distribution électriques

1.3.1 Présentation des réseaux de distribution

Les réseaux de distribution s'étendent depuis les postes sources alimentés par les réseaux haute tension (HT) en 60kV ou plus jusqu'aux abonnés alimentés en moyenne tension (MT) ou en basse tension (BT).

* Les réseaux de distribution à moyenne tension[8][13] :

- MT (30 et 10 kV le plus répondu),
 - 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.
- * Les réseaux de distribution à basse tension :
- BT (230/400 V),
 - Neutre directement à la terre,
 - Réseaux de type radial, maillés et bouclés.

1.3.1.1 Réseaux ruraux

Dans les réseaux ruraux, il s'agit de distribuer une quantité modérée d'énergie diluée sur une zone de grande superficie. Les conséquences en sont évidentes : il faudra disposer des lignes longues transitant des puissances faibles, donc on devra retenir les solutions les plus économiques[12].

1.3.1.2 Réseaux urbains

Dans un réseau urbain, il faut fournir de grandes quantités d'énergie sur des zones de petites surfaces et à des clients, qui souvent, ont besoin d'une très bonne continuité de service.

Ce réseau est caractérisé par une densité de charge élevée avec des longueurs de conducteurs faibles. Ainsi, les puissances appelées sont importantes et les problèmes qui peuvent intervenir sont principalement liés aux courants admissibles dans les conducteurs.

La conception d'un service urbain sera donc toujours beaucoup plus complexe que celle d'un réseau rural. La plus grande partie d'un réseau urbain est souterraine[13].

1.3.2 Les équipements des réseaux électriques

1.3.2.1 Eléments constitutifs des réseaux électriques

Les postes de distribution HT/MT sont constitués de différents équipements à savoir :

- Une ou plusieurs travées de lignes HT[12].
- Un ou plusieurs transformateurs,
- Des résistances ou bobines de pont neutre destinées à la mise à la terre (MT) du transformateur.
 - Des condensateurs de compensation de l'énergie réactive et des interrupteurs destinés à mettre en et hors service les condensateurs.
 - Eventuellement des inductances de limitation de courant de court-circuit.
 - Un ou plusieurs transformateurs MT/BT servant à l'alimentation des services auxiliaires à courant alternatif[14].
 - Une ou plusieurs sources de courant continu.

- Des circuits BT de commande, de contrôle et de protection.

Les postes de distribution MT/BT sont localisés entre le réseau de distribution MT et le réseau de distribution BT et caractérisé par[10] :

- Les tensions d'entrées sont : 10 ou 30 kV.
- Les tensions de sortie (utilisation) sont : 230/400 V.
- Section de câble d'alimentation est 120mm².
- Puissance : $S > 630$ kVA.
- Mode d'alimentation :
 - ★ Souterrain : Coupure d'artère.
 - ★ Aérien : Dérivation.
- Une cellule de protection générale par disjoncteur MT.
- Une cellule de comptage de l'énergie (tension et courant).
- Protection des transformateurs par fusible MT.
- Tableau générale basse tension (TGBT).

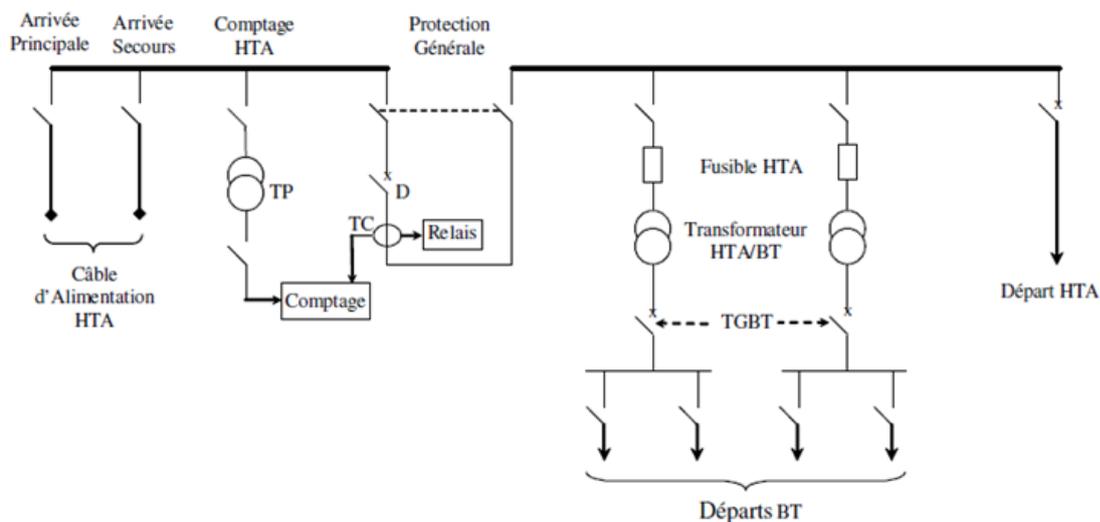


FIGURE 1.4 – Architecture générale d'un poste MT/BT.

A-Equipements de commande et de mesure

Les équipements de mesure et de commande assurent des fonctions importantes et très diverses. Ils remplissent trois grandes fonctions principales :

- Ouverture et fermeture des circuits ;
- Réglage du courant ;
- Surveillance et contrôle des appareils de circuits.

B-Equipements[12] :

1- Départ :

Ensemble d'appareils et de connexions reliant électriquement une ligne, un câble et un transformateur aux jeux de barres.

2- Câble :

C'est un élément essentiel du réseau. Sa fonction est le transit de l'énergie électrique. Sa durée de vie dépend des conditions auxquelles il est soumis.

3- Boite de jonction(BJ) :

C'est une carcasse métallique destinée à réaliser la jonction des câbles MT souterrain. Dans le réseau de Béjaia on a en moyenne une BJ par 300m de câble.

4- Disjoncteur :

Le disjoncteur est un appareil de protection par excellence. Il assure l'élimination des défauts survenant dans les circuits qu'ils contrôlent. Sa détérioration est due à l'érosion ainsi qu'à des contraintes mécaniques et d'environnement.

5- Sectionneur :

Le sectionneur est utilisé pour effectuer à vide des manœuvres d'isolement des lignes ou des réseaux pour entretien, visite, réparation. Il comporte souvent un dispositif de mise à la terre de la ligne isolée.

6- Interrupteur :

L'interrupteur est un appareil destiné à ouvrir ou à fermer un circuit électrique plus perfectionné que le sectionneur. Il possède un certain pouvoir de coupure. En général, il peut couper sous tension nominale un courant d'une intensité nominale. Certains interrupteurs sont susceptibles de remplir également avec réserve des fonctions de sectionnement, c'est-à-dire d'assurer la sécurité d'isolement.

7- Parafoudre :

Le parafoudre est installé sur les pylônes d'arrivées ligne. son rôle est de limiter les surtensions en écoulant à la terre le courant de foudre.

8- Jeu de barre :

Les jeux de barre sont des éléments importants pour l'exploitation d'un réseau. Ce sont les points où se réalisent une concentration d'énergie électrique et l'organisation de l'écoulement de puissance vers diverses lignes.

1.3.3 Architecture des réseaux de distribution

La structure des réseaux MT/BT est fortement influencée par la nature des usages desservis et leurs exigences de qualité de service plus ou moins grandes.

Vu que les réseaux ruraux sont longs et très exposés aux avaries, ils ne pourront pas donc assurer la même qualité de service que dans les réseaux urbains.

1.3.3.1 Différentes structures topologiques[1][14]

La structure topologique est celle qui apparaît sur une sous forme simplifiée. On distingue différentes structures topologiques des réseaux.

1.3.3.2 Structure radiale

La structure radiale est celle dont le schéma unifilaire est arborescent. A l'origine se trouve le poste d'alimentation.

Dans toute artère ou branche, l'énergie circule dans un sens bien défini, ce qui permet de protéger et de commander celle-ci d'une façon particulièrement simple, pour cela on utilise un matériel peu onéreux.

En contre partie, ce type de réseau ne peut assurer une bonne continuité de service, du fait qu'un incident ou une coupure entraîne la mise hors tension de celui-ci sans aucune possibilité de réalimentation de secours.

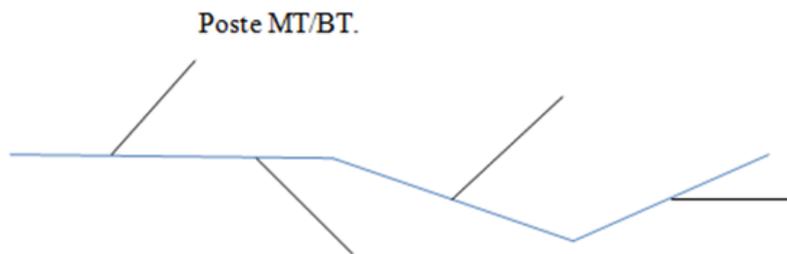


FIGURE 1.5 – Réseau de distribution radial.

1.3.3.3 Structure bouclée

Une structure bouclée se distingue par l'existence d'un certain nombre de boucles fermées, contenant un nombre limité de sources. L'énergie peut ainsi transiter par des trajets différents et l'avarie d'un élément n'entraîne généralement pas d'interruption pour les autres, du fait de rapport de charges. Ceux-ci sont donc de fortes sections.

Ce type de réseau offre par rapport au précédent une meilleure continuité de service, mais avec un matériel de protection plus onéreux.

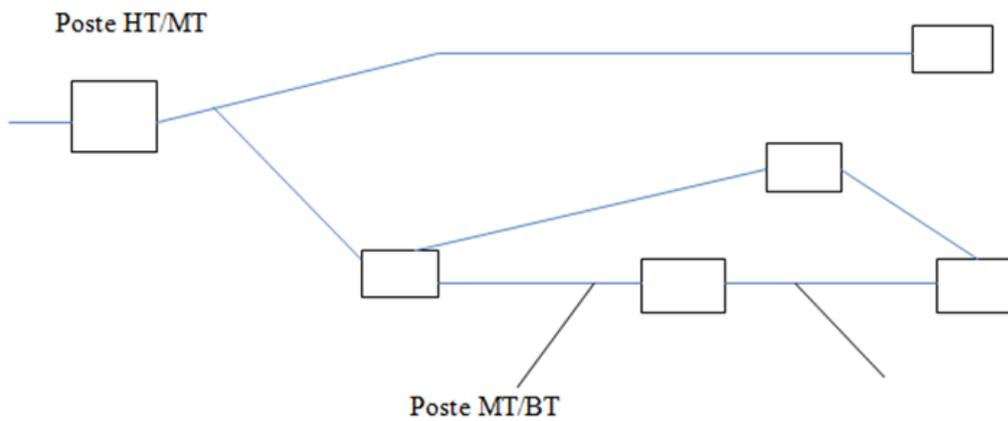


FIGURE 1.6 – Schéma d'une structure bouclée.

1.3.3.4 Structure maillée

Une structure maillée est celle où les liaisons formant des boucles, réalisant ainsi une structure semblable aux mailles d'un filet.

Un réseau avec une structure maillée offre une très grande sécurité d'exploitation. Un incident sur une liaison se limite à la non alimentation de tronçons compris entre deux nœuds consécutifs. Par contre, son étude est plus complexe et sa réalisation est beaucoup plus coûteuse que les types précédents.

Cette structure nécessite que toutes les liaisons soient capables de supporter des surcharges permanentes ou momentanées.

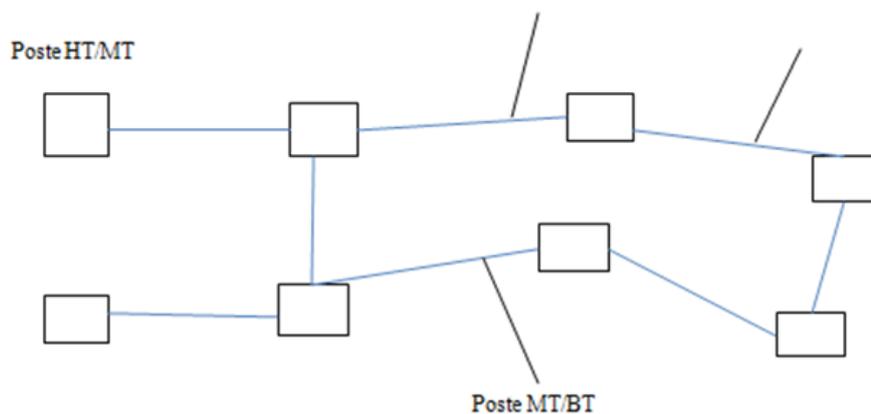


FIGURE 1.7 – Schéma d'une structure maillée.

1.3.4 Position du problème

L'augmentation croissante de la population d'un pays ou d'une ville et son besoin continue d'être logé, poussent les responsables à penser à des promotions immobilières ou carrément à des extensions de ville pour satisfaire cette demande et quand on parle de logements, de quartiers ou de villes, on parle aussi de réseau d'électricité, de gaz et d'eau.

Dans le cadre du nouveau projet d'extension de la ville de Béjaia au niveau de la commune d'Oued Ghir, l'entreprise Sonelgaz est chargée de l'installation du réseau de distribution d'énergie électrique pour ce site. Pour cela, elle doit se référer aux conditions suivantes :

- Amener l'électricité en moyenne tension (MT) le plus près des consommateurs.
- Déterminer le nombre de postes qui satisfera la charge totale de la zone à desservir.
- Installer le réseau de distribution d'énergie électrique suivant une structure choisit.

Dans le but de proposer à Sonelgaz un réseau de distribution répondant à ces critères, notre travail consistera à planifier un réseau optimal à coût minimal.

Quelques notions sur la théorie des graphes et sur la programmation linéaire en nombres entiers.

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter quelques notions clé de la théorie des graphes et de la programmation linéaire, plus précisément, la programmation linéaire en nombres entiers afin de les utiliser dans la modélisation et la résolution du problème de la planification du réseau.

2.2 Éléments de la théorie des graphes

2.2.1 Définition de la théorie des graphes[5]

La théorie des graphes est la branche mathématique discrète qui étudie des théorèmes et propriétés divers sur les graphes et établit à leur sujet des conditions nécessaires et suffisantes. Elle propose des algorithmes pour construire réellement les solutions d'un problème donné

La théorie des graphes permet de résoudre efficacement une grande variété de problèmes en les ramenant à des configurations qui se dessinent simplement à l'ordre de point et de liaisons entre ces points.

2.2.2 Intérêt des graphes et ses applications

2.2.2.1 Intérêt[5]

Les graphes représentent un instrument puissant pour modéliser de nombreux problèmes combinatoires, qui seraient sans cela difficilement abordables par des techniques classiques d'analyse mathématique. Ils sont indispensables si on veut représenter et étudier des relations entre des objets.

En plus de son existence en tant qu'objet mathématique, le graphe est aussi une structure de données puissante pour l'informatique.

2.2.2.2 Applications

Les graphes sont irremplaçables tant qu'il s'agit de décrire la structure d'un ensemble complexe en exprimant les relations et les dépendances entre ses éléments.

Des applications pratiques sont très diverses : Optimisation des réseaux de transport ; transports routiers ou transport d'information - conception de réseaux électriques, de réseaux de communication, mécanique statique, formules chimiques, informatique...etc.

2.2.3 Généralités [7]

2.2.3.1 Graphe

Un graphe G est un couple (X, E) où $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ est un ensemble fini non vide d'éléments appelés sommets de G (parfois nœuds ou points) et $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ est une famille de paires (non ordonnées) d'éléments de X , appelés arêtes de G . Pour une arête $e = \{x, y\}$, x et y sont des extrémités si l'arête $\{x, y\}$ existe, on dit que les sommets x et y sont adjacents. Un sommet $x \in X$ et une arête $e \in E$ sont incidents si x est une extrémité de e .

Un graphe non-orienté est un couple (X, E) où X est un ensemble de sommets et E est inclus dans $P_2(X)$ (ensemble des parties à deux éléments de X). Les éléments de E sont appelés arêtes.

2.2.3.2 Graphe planaire

On dit qu'un graphe est planaire s'il est possible de le représenter sur un plan de sorte que les sommets soient des points distincts, les arêtes des courbes simples, et que deux arêtes ne se rencontrent pas dehors de leurs extrémités. Quand il est impossible d'ajouter au graphe une arête sans violer la propriété de planarité, c'est un graphe maximal.

2.2.3.3 Graphe partiel et sous-graphe

Soit $G = (X, E)$ un graphe. Le graphe $G' = (X, E')$ est un graphe partiel de G , si E' est inclus dans E . Autrement dit, on obtient G' en enlevant une ou plusieurs arêtes au graphe G .

On dit que le graphe $H = (Y, F)$ est un sous-graphe du graphe $G = (X, E)$ induit par Y lorsque $Y \subseteq X$ et F est formé de la totalité des arêtes de E ayant leurs deux extrémités dans Y .

2.2.3.4 Chaînes, cycles et cocycles

Une chaîne est une séquence alternée de sommets et d'arêtes $\Gamma = (x_0, e_1, x_1, e_2, \dots, x_{k-1}, e_k, x_k)$ telle que, pour tout i , les extrémités de e_i sont x_{i-1} et x_i . Une chaîne est simple si chaque arête apparaît au plus une fois. Une chaîne est élémentaire si chaque sommet y apparaît au plus une fois.

Un cycle est une chaîne fermée dans laquelle aucun sommet et aucune arête ne se répètent, sauf le premier sommet : $x_0 = x_k, x_i \neq x_j$ et $e_i \neq e_j$ pour $1 \leq i < j \leq k$.

Soit A un ensemble de sommets du graphe, on appelle cocycle associé à A , qu'on notera $w(A)$, l'ensemble des arêtes incidentes à A . autrement dit un cocycle est l'ensemble des arêtes qui relient A aux autres sommets du graphe, si on enlève les arêtes du cocycle on déconnecte A .

2.2.3.5 Graphe connexe

Une composante connexe est un ensemble maximal de sommets C tel que, pour tout $u; v$ dans C , il existe un chemin de u à v dans G . un graphe est connexe s'il n'a qu'une seule composante connexe.

2.2.3.6 Arbre et arborescence

Un arbre est un graphe connexe sans cycle. Un graphe sans cycle (pas nécessairement connexe) est une forêt. La définition d'une forêt correspond donc bien au sens usuel d'un ensemble d'arbres, chacune de ses composantes connexes étant un arbre.

Une arborescence avec la racine r est un arbre où l'on choisit un sommet particulier r .

2.2.3.7 Graphe valué (pondéré)

Un graphe valué est un graphe dans lequel chacune des arêtes présente une valeur (poids). Cette valeur peut représenter une distance, un temps, un montant d'argent, ... La valeur d'une chaîne correspond à la somme des valeurs des arêtes de la chaîne. Un graphe valué peut être orienté ou non.

2.2.4 Arbre couvrant de poids minimum

2.2.4.1 Définition[15]

On appelle arbre couvrant d'un graphe G , un graphe partiel qui est un arbre.

théorème 2.1 *Un graphe $G=(X,E)$ admet un arbre recouvrant si et seulement si G est connexe.*

Remarque[11]

- Un graphe peut avoir plusieurs arbres recouvrants.
- Un arbre n'a qu'un seul arbre recouvrant, lui-même.

- Un graphe non connexe n'a aucun arbre recouvrant. (autrement dit, un graphe qui a un arbre recouvrant est forcément connexe.)
- Un graphe connexe a forcément (au moins) un arbre recouvrant.

2.2.4.2 Caractérisation des arbres couvrant de poids minimal [15]

Cycle et cocycle fondamentaux :

Soient $G = (X, E)$ un graphe et $T = (X, F)$ un arbre recouvrant G .

Le cycle fondamental $\mu_t(e)$ associé à $e \in E \setminus F$ est l'unique cycle de $T \cup \{e\}$.

Le cocycle fondamental associé à $e \in F$ est $w_t(e) = \{xy \in E \mid x \in T_1 \mid y \in T_2\}$ où T_1 et T_2 sont les deux composantes connexes de $T \setminus \{e\}$.

théorème 2.2 Soient $G = (X, E)$ connexe, $p: E \rightarrow R$ et $T = (X, F)$ un arbre couvrant G .

T est de poids minimal si et seulement si :

$$\forall e \in F, \forall f \in w_t\{e\}, p(e) \leq p(f). \quad (2.1)$$

théorème 2.3 Soient $G = (X, E)$ connexe, $p: E \rightarrow R$ et $T = (X, F)$ un arbre couvrant G .

T est de poids minimal si et seulement si :

$$\forall f \in E \setminus F, \forall e \in U_t(f), p(e) \leq p(f). \quad (2.2)$$

2.2.4.3 Algorithme de Prim [11]

Principe :

- On part d'un arbre initial réduit à un seul sommet du graphe.
- A chaque itération, on agrandit l'arbre en lui ajoutant le sommet libre accessible de plus petit poids possible.
- On stoppe quand l'arbre est couvrant.

Algorithme de Prim :

- Initialiser : p donné, T avec
 - Sommets : un sommet de G qu'on choisit.
 - Arêtes : aucune.
- Répéter :
 - Trouver toutes les arêtes de G qui relient un sommet de T et un sommet extérieur à T .
 - Parmi celles-ci, choisir une arête de poids le plus petit possible.
 - Ajouter à T cette arête et le sommet correspondant.
- S'arrêter dès que tous les sommets de G sont dans T .
- Retourner T .

2.3 Programme linéaire

2.3.1 Définition[6] :

La programmation linéaire est une branche de l'optimisation, elle permet de traiter des problèmes complexes, comme la définition de programmes optimaux de production. Elle est aussi utilisée comme un outil d'aide à la décision, en gestion du personnel, en gestion commerciale etc...

2.3.1.1 But de la programmation linéaire

Le but de la programmation linéaire est la recherche de l'optimum (maximum ou minimum) d'une certaine fonction linéaire de plusieurs variables appelé fonction économique, ces variables devant en outre vérifier un système d'équations et/ou d'inéquations linéaires appelées contraintes.

2.3.2 Caractéristiques de la programmation linéaire

Un problème de programmation linéaire se caractérise donc par :

- Une fonction objectif, linéaire du type que l'on veut optimiser suivant l'objectif du problème posé en tenant compte des contraintes que doivent vérifier les inconnues de la fonction objectif.

2.3.3 Formulation mathématique d'un programme linéaire

Généralement, on présente le programme linéaire (PL) de telle sorte que l'objectif est de maximiser ou minimiser une certaine fonction objectif, selon la nature de problème et que les contraintes s'expriment sous forme d'équations ou d'inéquations linéaires. Ainsi la formulation mathématique d'un programme linéaire à n variables x_j et m contraintes se présente sous la forme suivante :

Fonction Objectif :

$$\text{Max ou min } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n. \quad (2.3)$$

Contraintes :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1. \quad (2.4)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2. \quad (2.5)$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, =, \geq) b_m. \quad (2.6)$$

Contraintes de non-négativité

$$x_j \geq 0; j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (2.7)$$

Forme standard :

$$\text{Max } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n. \quad (2.8)$$

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + a_{i3}x_3 + \dots + a_{in}x_n < b_i; i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.9)$$

$$x_j \geq 0; j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (2.10)$$

Forme plus compacte :

$$\text{Min}(Z) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.11)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1 \dots m \quad (2.12)$$

$$x_i \geq 0 \quad j = 1 \dots n \quad (2.13)$$

Où les coefficients c_j, a_{ij}, b_i et les variables x_j appartiennent à l'ensemble R des nombres réels.

- Les variables x_j sont appelés variables de la fonction objectif.
- Les coefficients c_j sont appelés coefficients de la fonction objectif.
- Les coefficients b_i sont les deuxièmes membres des inéquations de contraintes.
- Les coefficients a_{ij} sont appelés coefficients de contraintes du problème de programme linéaire.

2.3.4 Ecriture matricielle

Un tel type de programme peut également s'écrire sous forme matricielle.

- On obtient alors une fonction économique de type $\text{Max } CX$.

Où

C : vecteur ligne $1 \times n$ des coefficients de la fonction objectif.

$C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$

X : vecteur colonne $n \times 1$ des variables du programme.

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{pmatrix} \quad (2.14)$$

et $X \geq 0$.

- Et un système de contraintes qui se transforme en : $AX \leq b$

Où

A : matrice $m \times n$ des coefficients pour les variables du programme.

b : vecteur colonne $m \times 1$ de seconde membre.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1\cdot} & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2\cdot} & a_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n\cdot} & a_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix}$$

d'où la forme matricielle suivante :

$$\text{Max}(Z) = CX \quad (2.15)$$

$$AX \leq b. \quad (2.16)$$

$$x \geq 0. \quad (2.17)$$

2.3.5 Méthodes de résolution d'un programme linéaire (PL)

Il existe de nombreuses techniques pour résoudre un problème de programmation linéaire, mais ne nous considérerons ici que la résolution graphique.

- Solution réalisable : c'est toute solution satisfaisant (2.17).
- Base : tout ensemble de m variables prise parmi (x_1, x_2, \dots, x_n) tel que le déterminant des coefficients a_{ij} associés à ces m variables soit différent de 0 (autrement dit, les vecteurs p_{ij} associés à ces m variables forment une base de l'espace à dimension des contraintes).
- Solution de base : toute solution comprenant $n - m$ variables nulles, telle que les m autres variables forment une base. On parle alors, respectivement, de variables en base et variables hors base.
- Solution de base réalisable (SBR) : c'est toute solution de base satisfaisant (2.17).
- Solution optimale : toute solution réalisable qui optimise Z .

2.3.5.1 Méthode de résolution graphique [9]

Dans le cas d'un (PL) à deux variables, on peut envisager une résolution graphique. Les contraintes où apparaissent des inégalités correspondent géométriquement à des demi-plans. L'intersection de ces demi-plans forme l'ensemble des variables satisfaisant à toutes les contraintes (la partie hachurée). La fonction F correspond une droite $F(x_1, x_2) = \text{constante}$, de coefficient directeur. La constante précédente qui définit la droite doit être égale à zéro. Pour déterminer la valeur maximale ou minimale, on fait donc glisser la droite (translation parallèle à la direction de la droite) de bas vers le haut jusqu'à rencontrer l'ensemble des variables satisfaisant les contraintes.

On remarque que l'ensemble des contraintes est une forme géométrique convexe et que le minimum est le premier sommet touché et le maximum est le dernier sommet de cette forme.

2.3.6 Programmation linéaire en nombres entiers (PLNE)

2.3.6.1 Définition [4]

La programmation linéaire en nombres entiers regroupe l'ensemble des techniques qui permettent de résoudre un programme linéaire dont les solutions doivent être entières.

2.3.6.2 But

La programmation en nombres entiers est la méthode de résolution de problème d'optimisation, visant à rendre minimale une fonction économique de coût (ou maximale une fonction profit) sous certaines contraintes sévères.

2.3.6.3 Formulation mathématique d'un programme linéaire en nombres entiers

Etant donné une matrice A , un m -vecteur colonne b et un n -vecteur ligne C . On appelle programme linéaire en nombres entiers le problème d'optimisation suivant :

$$(P) \left\{ \begin{array}{l} \text{Max } (Z) = CX \\ AX \leq b \\ X_j \in N \quad j = 1..n \end{array} \right. \quad (2.18)$$

N : ensemble des nombres entiers

Où l'expression $\text{Max}(Z) = CX$ signifie que CX est appelée Z et on cherche à rendre la valeur de Z maximum, en déterminant l'inconnu X qui est un n -vecteur colonne entiers et appartenant à (P) .

2.3.6.4 Programme linéaire relaxé

Lorsqu'on relâche les variable d'inégalité sur les variables ($x_j \in N$) dans le programme linéaire en nombres entiers (P) ci-dessus, on obtient le programme linéaire suivant :

$$(Q) \left\{ \begin{array}{l} \text{Max } (Z) = CX \\ AX \leq b \\ X \geq 0 \end{array} \right. \quad (2.19)$$

On appelle (Q) le PL associé au PLNE (P) ou le PL relaxé du PLNE.

2.3.6.5 Méthode de résolution

Les méthodes de séparation et évaluation (Branch and Bound) : [3]

Les méthodes de séparation et évaluation reposent sur le principe "diviser pour régner". Plus précisément, on divise l'ensemble des solutions admissibles d'un problème d'optimisation combinatoire en sous-ensemble de plus petits afin d'isoler dans l'un de ces sous-ensembles une solution optimale.

Principe de la méthode :

Le principe est de partitionner l'ensemble total des solutions du problème en deux ou plusieurs sous-ensembles. En éliminant les parties ne contenant pas de solutions réalisables non entières.

A chaque étape, on sélectionne en utilisant une stratégie de sélection un sous-ensemble prometteur qui conduit à une meilleure solution réalisable. Si elle est trouvé, on élimine

(on coupe) ce sous-ensemble (nœud ou sommet) des prochaines considérations et on obtient ainsi une borne inférieure au programme (P), sinon on continue à le réexaminer.

L'algorithme de Branch and Bound est structuré sous forme d'une arborescence où chaque nœud est une solution.

Principe de séparation :

La méthode de Branch and Bound est parmi les méthodes dont lesquelles la résolution d'un programme linéaire en nombres entiers passe par la résolution des programmes linéaire relaxés.

Si la solution optimale de celui-ci [programme relaxé (Q)] satisfait aux contraintes d'inégalités. Alors cette solution est aussi solution optimale du programme linéaire à variables entières (P).

Si non il doit exister au moins une variable x_j non entière : $\alpha \leq x_j \leq \alpha + 1$, avec α : variable entière. $\alpha = [x]$, $[x]$: partie entière de x .

Une solution entière est alors obtenue pour $x_j \leq \alpha$ ou $x_j \geq \alpha + 1$.

On sépare alors le problème en deux sous-problèmes ; un sous problème contiendra la contrainte $x_j \leq \alpha$, et le seconde la contrainte $x_j \geq \alpha + 1$.

Il est clair que ceci partitionne le problème relaxé en (P_1) et (P_2) .

$$P_1 = \left\{ \begin{array}{l} (P) \\ x_j \leq \alpha \end{array} \right. \quad \text{et} \quad P_2 = \left\{ \begin{array}{l} (P) \\ x_j \geq \alpha + 1 \end{array} \right. \quad (2.20)$$

Désignons par R_0 le domaine P_0 , R_1 le domaine (P_1) et R_2 le domaine (P_2) .

P_0 est le domaine ou le problème (P) n'admet pas de solutions entières.

La séparation consiste à éliminer R_0 et à chercher des solutions entières dans R_1 et R_2 .

On répète le processus pour chacun des sous problème (P_1) et (P_2) et ainsi de suite.

Principe d'évaluation :

A l'étape k , on résout le programme linéaire associé à (P_k) .

Deux cas se présentent :

- La solution obtenue est entière i.e. : elle est la borne inférieure du programme (P) et en même temps un majorant de toutes solutions de la branche issue de (P_k) . On coupe alors cette branche.

- La solution obtenue n'est pas entière, alors (P_k) est séparée

Notations :

$P_{k,m}$ Le programme linéaire en nombres entiers numéro m du niveau k .

$Q_{k,m}$ Le programme linéaire associé à $P_{k,m}$.

$P_{0,0}$, $Q_{0,0}$ Représentent (P) et (Q) respectivement.

La séparation de $P_{k,m}$ donne $P_{k+1,2m}$ et $P_{k+1,2m+1}$.

$X_{k,m}$ La solution optimale de $Q_{k,m}$.

2.3.6.6 Les stratégies d'exploration

L'exploration des sommets de l'arborescence des solutions obéit à une stratégie donnée. Dans la littérature, on distingue trois types de stratégie :

i) **Stratégie Profondeur d'abord :**

La stratégie profondeur d'abord fait la séparation d'un nœud tant que celui-ci peut se faire, i.e. : jusqu'au moment où on coupe sa branche. En suite on fait un " back tracking " à chaque étape on change de niveau dans l'arborescence, à partir du nœud $Q_{k,m}$, on explore $Q_{k+1,m}$, $Q_{k+2,m}, \dots$

ii) **Stratégie " Largeur d'abord " :**

La stratégie largeur d'abord résout tout les problèmes d'un même niveau, puis sépare tout les nœuds séparables pour ensuite résoudre les problèmes au niveau suivant : à partir du nœud $Q_{k,m}$, on explore les nœuds $Q_{k+1,m}, Q_{k+2,m}, \dots$

iii) **Stratégie " Meilleur d'abord " :**

Dans le cas des deux stratégies précédentes, l'ordre d'exploration est défini au départ. Par contre dans cette stratégie il ne l'est pas. On exécute le nœud ayant la meilleure valeur de la fonction objectif.

2.3.6.7 Algorithme [2]

(0) Résoudre $Q_{0,0}$ si la solution $X_{0,0}$ est entière. Terminer, elle est optimale.

(1) Poser $k=0, m=0$ et Z_e grand négatif.

(2) Choisir une stratégie.

(3) Soit $Q_{k,m}$ la solution optimale de $Q_{k,m}$ si elle existe

(3.1) Si $X_{k,m}$ est entière, on coupe sa branche

Si de plus $Z_{k,m} > Z_e$ on pose $Z_e = Z_{k,m}$.

(3.2) Si $X_{k,m}$ n'est pas entière et $Z_{k,m} > Z_e$.

Soit X_i la variable non entière de cette solution et un nombre entier tel que $\alpha < x_i < \alpha + 1$.

Séparer $P_{k,m}$, $P_{k+1,2m}$ et $P_{k+1,2m+1}$,

Tel que $P_{k+1,2m} = P_{k,m}, x_i \geq \alpha + 1$,

$P_{k+1,2m+1} = P_{k,m}, x_i \geq \alpha + 1$,

(4) L'algorithme s'arrête lorsque tous les nœuds sont coupés.

Remarque :

(i) Si $Q_{k,m}$ n'a pas de solution alors $P_{k,m}$ n'a pas non plus de solution et le nœud correspondant est coupé.

(ii) Si $Q_{k,m}$ admet une solution optimale entière alors la valeur optimale de $P_{k,m}$ égale à celle de $Q_{k,m}$.

Commentaire :

Cette procédure est habituellement représentée sous forme d'un arbre binaire où à chaque niveau, une partition du sommet père s'effectue suivant la règle décrite précédemment. Il s'agit alors de parcourir cet arbre d'énumération afin d'y trouver la solution optimale.

L'exploration d'un chemin de l'arbre peut prendre fin pour trois raisons :

(i) La solution n'est pas réalisable.

(ii) La solution devient entière ($X_{k,m}$ est entier) avec $Z_{k,m} > Z_e$.

(iii) La solution du nœud est moins bonne que la meilleure solution entière trouvée jusqu'à présent ($Z_{k,m} < Z_e$).

Remarque :

Dans chacun de ces trois cas on dit que le sommet est sondé et il est inutile de pousser plus loin dans cette direction.

Critère d'arrêt :

L'algorithme s'arrête lorsque tous les sommets sont sondés. La meilleure solution obtenue au cours du déroulement de l'algorithme est alors l'optimum global de notre problème.

2.4 Conclusion

Nous avons présentés dans ce chapitre, la méthode graphique pour la résolution d'un programme linéaire et la méthode de Branch and Bound pour retrouver une solution optimale en nombres entiers puis on a présenté l'algorithme de Prim pour déterminer un arbre couvrant à poids minimal.

Présentation du projet de la ville Ighzer Ouzarif et modélisation du problème.

3.1 Introduction

La ville d'Ighzer Ouzarif se présente comme l'un des plus grands projets d'extension de la ville de Béjaia et comme toutes les villes, elle a besoin d'une alimentation en énergie électrique.

Dans ce chapitre, nous allons, tout d'abord, présenter notre problème et calculer les charges de consommation estimés pour ensuite le modéliser en utilisant les approches graphe et programmation linéaire en nombres entiers.

3.2 Présentation de la ville Ighzer Ouzarif

3.2.1 Position géographique

La nouvelle ville d'Oued Ghir intitulé Ighzer Ouzarif est située au Nord de la commune d'Oued Ghir au Sud Ouest du chef lieu de la wilaya de Béjaia. Délimitée dans la Figure 3.1 en rouge.

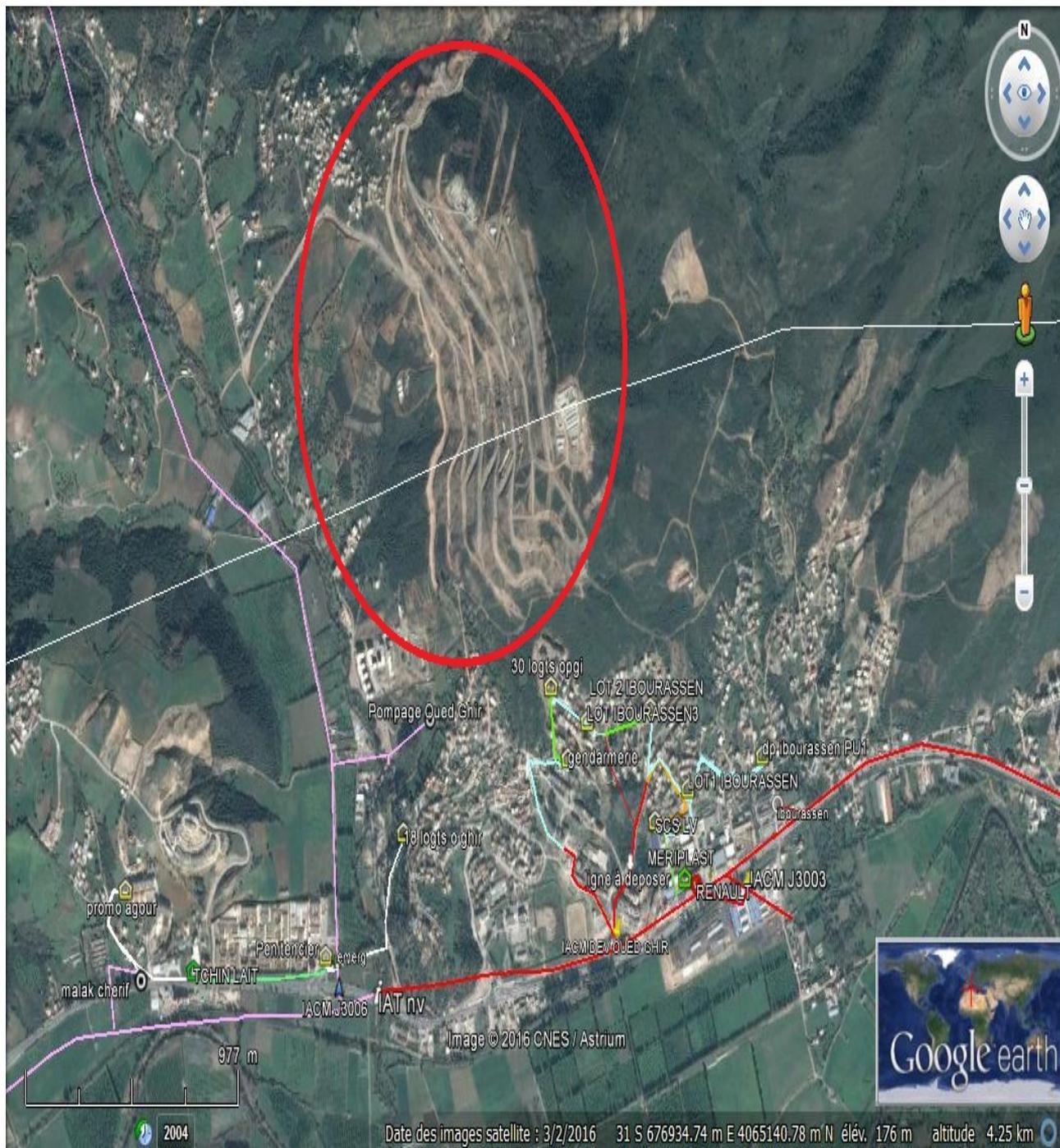


FIGURE 3.1 – Vue aérienne de la ville de Oued Ghir et de la ville Ighzer Ouzarif.

3.2.2 Plan d'aménagement

Le plan de la ville d'Ighzer Ouzarif est illustré dans l'Annexe I.

Le site est d'une superficie totale de 250 HA prévu pour 12000 logements, 59 équipements publics et 13 réserves foncières répartis comme suit :

Première tranche : d'une superficie de 38 Ha

- Nombre de logements implantés : 3480 logts LPL
- Nombre d'équipements publics prévus : 15

Soit : 05 Ecoles primaires, 02 CEM, 01 Lycée, 01 Bibliothèque, 01 Sureté urbaine, 01 Mosquée, 01 Salle polyvalente, 01 Crèche, 01 Salle de soins et 01 Centre commercial.

Deuxième tranche : d'une superficie de 14 Ha : (POS OG20)

- Nombre de logements implantés : 1000 logts LPA.
- Nombre d'équipements publics prévus : 04.

Soit : 02 Ecoles primaires, 01 CEM, 01 Bloc administratif

Troisième tranche : d'une superficie de 198 Ha :

- Nombre de logements prévisionnels : 7520 logts (LPP, LV, LPL)
- Nombre d'équipements publics prévisionnels : 40

Soit : 02 Grands équipements, 18 Equipements d'accompagnements et 20 Equipements de proximité et de quartiers.

3.2.3 Calcul des charges

Les tableaux ci-dessous présentent les charges estimées pour chaque quartier et équipement public prévus pour les trois régions vérifiant les conditions suivantes :

- La charge estimée pour chaque logement est de 4 KVA.
- Les rez-de-chaussée sont considérés comme étant des locaux commerciaux.
- La charge estimée pour chaque local est de 6 KVA .
- Un poste MT/BT, pour des conditions de sécurité doit travailler entre 50 % et 80 % de sa puissance.
- Pour un bon fonctionnement du poste sur une période de 5ans, Sonelgaz estime une hausse de 0.03 de la charge totale à consommer chaque année.
- Pour chaque équipement public prévu, on estime des postes MT/BT de 250 KVA.

Région A :

Nombre de logements	Consommation total des logements (KVA)	Nombre de rez-de-chaussée	Consommation des rez-de-chaussée (KVA)	Consommation total (rez-de-chaussée +logements)(KVA)	Charge final(KVA)
220	352	9	172.8	524.8	754.4
80	128	2	38.4	166.4	239.4
200	320	5	96	416	895
200	320	5	96	416	895
168	268.8	6	151.2	384	552
84	134.4	3	57.6	192	276
84	134.4	3	57.6	192	276
84	134.4	3	57.6	192	276
84	134.4	3	57.6	192	276
80	128	2	38.4	166.4	239.2
160	256	4	76.8	332.8	478.4
80	128	2	38.4	166.4	239.2
56	89.9	2	38.4	128	184
56	89.9	2	38.4	128	184
56	89.9	2	38.4	128	184
112	179.2	4	76.8	256	368
56	89.9	2	38.4	128	184
120	192	3	57.6	249.6	358.8
80	128	2	38.4	166.4	239.2
80	128	2	38.4	166.4	239.2
120	92	3	57.6	249.6	358.8
80	128	2	38.4	166.4	239.2
56	89.9	2	38.4	128	184
56	89.9	2	38.4	128	184

TABLE 3.1 – Consommation des logements de la région A

Consommation totale = 8203.84 KVA

Autre structure	Consommation (KVA)
Deux écoles primaires	500
marcher couvert	250
complexe sportif	400
Deux écoles primaires	500
hotel	250
réserve foncière	250
réserve foncière	250
sureté urbaine	250
centre commerciale	250
mosquée	250
CEM	250
Salle polyvalente	250
Bloc administratif	250
Centre commerciale	250
réserve foncière	250
réserve foncière	250
Centre commerciale	250
réserve foncière	250
Bibliothèque	250
Maternité	250
Polyclinique	250
Crèche	250
Deux écoles	500
Reserve foncière	250
Complexe sportif	400
Reserve foncière	250
Maison de jeune	250
Lycée	250
Reserve foncière	250

TABLE 3.2 – Consommation des différentes structures pour la région A

Consommation totale = 8300 KVA

La consommation totale estimée pour la région A est de : **$8300+8203.84=16503.4$ KVA**

Région B :

Nombre de logements	Consommation total des logements (KVA)	Nombre de rez-de-chaussée	Consommation des rez-de-chaussée (KVA)	Consommation total (rez-de-chaussée +logements)(KVA)	Charge final(KVA)
300	480	9	172.8	652.8	938.4
200	320	7	134.4	454.4	653.2
250	400	9	172.8	572.8	823.4
190	304	6	115.2	419.2	602.6
190	304	6	115.2	419.2	602.6
280	448	12	230.4	678.4	975.2
380	608	14	268.8	876.8	1260.4
100	160	4	76.8	236.8	340.4
250	400	7	134.4	534.4	768.2
250	400	10	192.2	592.2	851.28
250	400	10	192.2	592.2	851.28
300	480	9	172.8	602.8	866.52
270	432	8	153.6	585.6	841.8
190	304	6	115.2	419.2	602.6
160	256	6	115.2	371.2	533.6
90	144	3	57.6	201.6	289.8
120	192	5	96	288	414
220	352	7	134.4	486.6	699.48

TABLE 3.3 – Consommation des logements de la région B

Consommation totale =10617.65 KVA

Autre structure	Consommation (KVA)
Parking a étage	250
Complexe touristique	250
complexe sportif	400
Deux écoles primaires	500
Sureté urbaine	250
Protection civile	250
Bibliothèque	250
Médiathèque	250
Mosquée	250
Deux écoles primaires	500
Lycée	250
Deux écoles primaires	500
Crèche	250
CEM	250
Centre commerciale	250
Hyper marcher	250
Algérie des postes	250
Centre culturelle	250

TABLE 3.4 – Consommation des differentes structures pour la région B

Consommation totale =5400 KVA

La consommation totale estimée pour la région B est de :**5400+10617.65=16017.65KVA**

Région C :

Nombre de logements	Consommation total des logements (KVA)	Nombre de rez-de-chaussée	Consommation des rez-de-chaussée (KVA)	Consommation total (rez-de-chaussée +logements)(KVA)	Charge final(KVA)
140	224	5	96	320	460
280	448	10	192	640	920
80	128	3	57.6	185.6	266.8
220	352	8	153.6	505.6	726.8
160	256	4	76.8	332.8	478.4
120	192	5	96	288	414
200	320	7	134.4	454.4	653.2
220	352	7	134.8	486.4	699.2
280	448	13	249.6	697.6	1002.8
160	256	7	134.4	390.4	561.2
340	544	14	268.8	812.8	1181.33
180	288	7	134.4	422.4	607.2
160	256	7	134.4	390.4	561.2
180	288	6	115.2	403.2	579.6

TABLE 3.5 – Consommation des logements de la région C

Consommation totale =6208.5 KVA

Autre structure	Consommation (KVA)
CEM	250
Reserve de foncier	250
Deux écoles primaires	500
Mosquée	250
Reserve foncier	250
Maison de jeune	250

TABLE 3.6 – Consommation des différentes structures pour la région C

Consommation totale =1750 KVA

La consommation totale estimée pour la région C est de :**1750+6208.5=7958.5 KVA.**

Tel que :

- La consommation total des logements= nombre de logement * 4* 0.4
Où 4 : représente la charge estimée pour un logement.
0.4 : représente un coefficient de simultanéité pour les logements.
- La consommation des rez-de-chaussée= nombre de rez-de-chaussée*8*6*0.4
Où 8 : représente nombre de locaux par rez-de-chaussée.

6 : représente la charge estimée pour un local.

0.4 : représente un coefficient de simultanéité pour les locaux.

- La consommation total= la consommation total des logements + la consommation des rez-de-chaussée.

- Charge final= $(\text{la consommation total} + \text{l'inflation}) / 0.80$.

Où

L'inflation : représente le taux de croissance de la consommation sur 5ans, tel que :

L'inflation= la consommation total*0.03*5.

Où

0.03 : représente le paramètre de croissance de la consommation.

0.80 : coefficient qui pousse les postes à travaillé à 80% de leur puissance.

Dans notre travail, on ne va s'intéresser qu'aux régions B et C.

3.3 Modélisation du problème des postes

3.3.1 Généralités et définition

La modélisation d'un problème donné est une étape qui consiste à extraire une image aussi fidèle que possible du système. Cette image peut prendre plusieurs formes ; algébrique comme en programmation linéaire ; statistique comme dans un modèle statique et sous forme d'un graphe comme en théorie de graphes ou alors sous forme virtuelle comme en simulation.

3.3.2 Construction d'un modèle

Le but est d'aider les responsables de la direction de distribution de Béjaia à déterminer scientifiquement un réseau électrique optimal à un coût minimal pour la ville d'Ighzer Ouzarif.

Dans cette partie nous proposons deux approches de modélisation du problème de planification de réseau :

- Approche graphes.
- Approche programmation linéaire en nombres entiers.

3.3.3 Détermination des postes MT/BT à traver la P.L

Pour la construction de notre réseau de distribution, il faut déterminer les sommets qui représentent les postes qu'il faut pour alimenter chaque quartier.

On note que Sonelgaz préfère dans son installation de réseau urbain des postes de 400 kVA et 250 kVA pour les quartiers.

Pour résoudre ce problème, on le modélise sous forme de programme linéaire en nombres entiers.

Définitions des variables :

On définit les variables entières suivantes x_1 et x_2

x_1 :représente le nombre de postes 400 kVA.

x_2 : représente le nombre de postes 250 kVA.

Fonction objectif :

On souhaite minimiser le coût total (achat et installation) des postes prévus pour chaque quartier, sachant que :

C_1 :représente le coût d'un poste p_1 qui est de 3094 KDA.

C_2 :représente le coût d'un poste p_2 qui est de 2746 KDA.

Notre fonction objectif sera donc : $Z=C_1p_1 + C_2p_2$

Avec Z à minimiser.

Contraintes :

- Contraintes sur les charges :

La charge installée doit être supérieurs ou égal à la charge demandée.

$$\Rightarrow 400p_1 + 250p_2 \geq L.$$

L : représente la charge demandée par quartier.

- Contraintes sur le nombre de postes.

p_1 et p_2 ne doivent pas dépassés respectivement n_1 et n_2 ,tel que :

$$n_1 = \lceil L \div 400 \rceil.$$

$$n_2 = \lceil L \div 250 \rceil.$$

- Le nombre de poste est positif ou nul

$$p_1, p_2 \geq 0.$$

Modèle :

Le modèle de la programmation linéaire en nombres entiers, se présente sous la forme suivante :

$$P = \begin{cases} \text{Min} Z = 3094 p_1 + 2746 p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400 p_1 + 250 p_2 \geq L \\ p_1 \leq n_1 \\ p_2 \leq n_2 \end{cases} \quad (3.1)$$

3.3.4 Représentation du réseau électrique sous forme d'un graphe

Le réseau électrique peut être modélisé comme un graphe planaire où l'ensemble des nœuds représentent les postes MT/BT et les arcs des lignes électriques, dans notre cas les lignes qui relie les postes entre eux.

Soit deux approches basiques pour la conception du réseau en fonction du cahier des charges (programme technique)[7].

- Dans la première approche, les données initiales sont l'ensemble des points représentant les postes MT/BT avec les coordonnées géographiques qu'il faut relier de manière efficace par des arêtes en respectant l'ensemble des contraintes. Pour ce cas, il n'y a pas de prescriptions sur le placement des lignes et on est libre dans le choix de la structure élémentaire du réseau. Dans ce cas, le réseau initial contenant toutes les lignes potentielles sera représenté sous forme d'un graphe planaire maximal. Pour définir ce graphe on relie (sur le plan) les sommets du graphe que l'on construit de telle façon que deux conditions soient systématiquement vérifiées :

- Chaque triplet de sommets forme un triangle contenu dans le cercle circonscrit et aucun autre sommet n'est dans l'intérieur de ce cercle.

- L'intersection de deux triangles est soit l'ensemble vide, soit un sommet, soit une arête.

- La deuxième approche implique l'existence d'un plan topologique (fond de carte) d'une zone urbaine ou rurale liée au réseau électrique. Ce plan peut contenir un marquage des rues de la ville ou des routes à travers des quelles les futures lignes électriques passeront, ainsi que les coordonnées géographiques des postes MT/BT. La façon de raccorder les charges à des lignes peut être donnée dans les prescriptions du réseau. A partir de ce plan géographique nous construisons le graphe initial de façon suivante :

- Nous raccordons chaque nœud de charge ou poste MT/BT par une projection orthogonale à une rue la plus proche sur le plan ;

- Les points représentant des postes et des intersections de rues et des raccordements de postes forment l'ensemble de sommets du graphe ;

- L'ensemble d'arêtes contient toutes les rues et les raccordements de sommets des postes.

Dans ces deux approches, nous modélisons le réseau électrique sous forme d'un graphe planaire non orienté pondéré. Le poids sur les arêtes est des distances euclidiennes entre les extrémités des arêtes. Le graphe contient des cycles mais la distribution doit être dans une arborescence ayant un (des) poste(s) MT/BT comme racine(s).

Donc on modélise le problème par un réseau planaire $R=(V,U,C)$.
V et U sont des ensembles finis.

Où :

- V : ensemble des sommets j , représente les postes MT/BT qui alimentent les quartiers et les équipements publics de la ville avec $j=1,2,\dots, N$.
- U : ensemble des arêtes, correspond aux lignes électriques possibles entre les postes.

Une arête relie deux sommets i, j si et seulement si :

- i et j sont adjacents.
- la propriété de graphe planaire est vérifiée.
- $C : U \rightarrow \mathfrak{R}$ associe à chaque arête (i, j) . R : ensemble des réels. Le poids de l'arête est égal à la distance entre deux postes.

3.3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons construit un programme linéaire en nombres entiers pour déterminer les postes MT/BT, qui seront ensuite les sommets de notre graphe planaire, avec laquelle on a modélisé notre problème.

Application et interprétation des résultats

4.1 Introduction

Ce chapitre illustre l'application des algorithmes et méthodes, relatives à la planification d'un réseau de distribution d'énergie électrique, proposés dans les chapitres précédents et une interprétation des résultats déduits.

4.2 Application

4.2.1 Calcul du nombre de postes MT/BT

Pour déterminer le nombre de postes MT/BT qu'il faut, afin d'alimenter les quartiers de la ville d'Ighzer Ouzarif, on résout le PLNE ci-dessous avec la méthode graphique, tout en faisant varier l'inconnu L qui représente la charge finale pour chaque quartier.

$$(P) = \begin{cases} \text{Min}(Z) = 3094p_1 + 2746p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400p_1 + 250p_2 \geq L \\ p_1 \leq n_1 \\ p_2 \leq n_1 \\ p_1, p_2 \text{ entiers} \end{cases} \quad (4.1)$$

4.2.1.1 Exemple d'application numérique :

Pour $L = 266.8$ KVA correspondante à la consommation 80 logements de la région C. Le PLNE s'écrit sous la forme suivante :

$$(P) = \begin{cases} \text{Min}(Z) = 3094p_1 + 2746p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400p_1 + 250p_2 \geq 266.8 \\ p_1 \leq 1 \\ p_2 \leq 2 \\ p_1, p_2 \text{ entiers} \end{cases} \quad (4.2)$$

Le PL relaxé est le suivant :

$$(Q) = \begin{cases} \text{Min}(Z) = 3094p_1 + 2746p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400p_1 + 250p_2 \geq 266.8 \\ p_1 \leq 1 \\ p_2 \leq 2 \\ p_1 \geq 0, p_2 \geq 0 \end{cases} \quad (4.3)$$

4.2.1.2 Résolution du programme (Q) par la méthode graphique

Soit la présentation graphique de PL dans la figure suivante avec S l'ensemble de solutions réalisables :

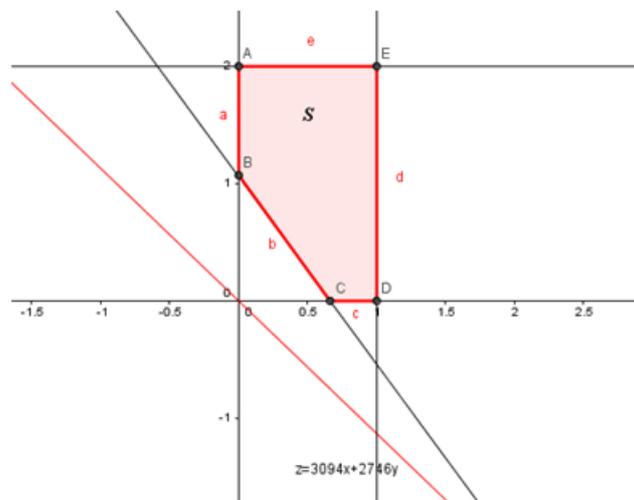


FIGURE 4.1 – Présentation graphique du PL et l'ensemble de solutions réalisables S.

La solution optimale est atteinte au point $C = (p_1 = 0.67, p_2 = 0)$ avec $Z = 2072.98$, comme le montre la figure ci-dessous

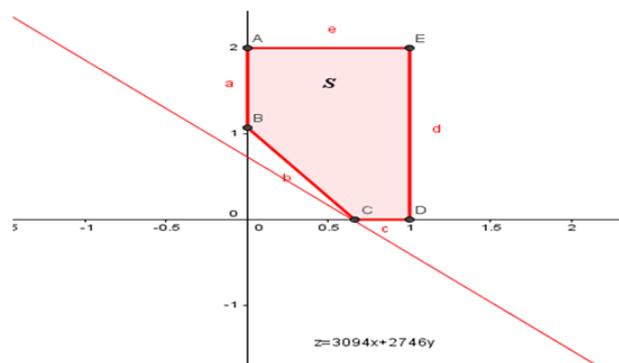


FIGURE 4.2 – Représentation de la solution optimale du PL

Cette solution n'est pas entière, on sépare sur la variable p_1 .
On définit deux sommets.

$$P_{1,0} = \begin{cases} P_{0,0} \\ P_1 \leq 0 \end{cases} \quad \text{et} \quad P_{1,1} = \begin{cases} P_{0,0} \\ P_1 \geq 1 \end{cases} \quad (4.4)$$

On choisit la stratégie en profondeur d'abord pour résoudre notre problème.

On explore d'abord le nœud $P_{1,0}$

On résouds le programme linéaire $Q_{1,0}$ associé à $P_{1,0}$

$$(Q_{1,0}) = \begin{cases} \text{Min}(Z) = 3094p_1 + 2746p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400p_1 + 250p_2 \geq 266.8 \\ p_1 \leq 1 \\ p_2 \leq 2 \\ p_1 \leq 0 \\ p_1 \geq 0, p_2 \geq 0 \end{cases} \quad (4.5)$$

La solution optimale est atteinte au point B = ($p_1 = 0$, $p_2 = 1.07$) avec $Z=2938.22$, présenté dans la figure ci-dessous :

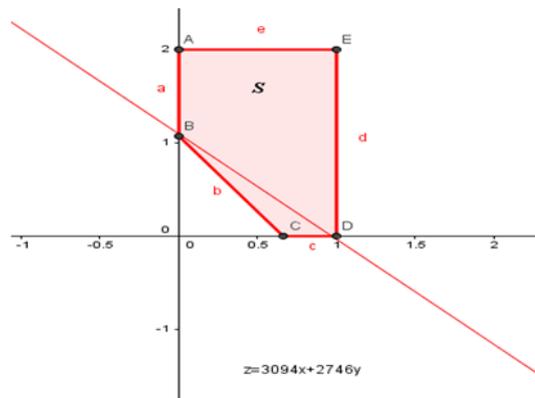


FIGURE 4.3 – Représentation de la solution optimale du PL $Q_{1,0}$

Cette solution n'est pas entière, on sépare sur la variable p_2

On définit deux sommets.

$$P_{2,0} = \begin{cases} P_{1,0} \\ P_2 \leq 1 \end{cases} \quad \text{et} \quad P_{2,1} = \begin{cases} P_{1,0} \\ P_2 \geq 2 \end{cases} \quad (4.6)$$

On explore le nœud $P_{2,0}$

On résoud le PL $Q_{2,0}$ associé à $P_{2,0}$

$$(Q_{2,0}) = \begin{cases} \text{Min}(Z) = 3094p_1 + 2746p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400p_1 + 250p_2 \geq 266.8 \\ p_1 \leq 1 \\ p_2 \leq 2 \\ p_1 \leq 0 \\ p_2 \leq 1 \\ p_1 \geq 0, p_2 \geq 0 \end{cases} \quad (4.7)$$

L'ensemble de solutions réalisables pour $Q_{2,0}$ n'existe pas, on coupe le nœud $P_{2,0}$.

On résouds le PL $Q_{2,1}$ associé à $P_{2,1}$

$$(Q_{2,1}) = \begin{cases} \text{Min}(Z) = 3094p_1 + 2746p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400p_1 + 250p_2 \geq 266.8 \\ p_1 \leq 1 \\ p_2 \leq 2 \\ p_1 \leq 0 \\ p_2 \geq 2 \\ p_1 \geq 0, p_2 \geq 0 \end{cases} \quad (4.8)$$

Soit S' ensemble de solutions réalisables de $Q_{2,1}$ représenté dans la figure suivante :

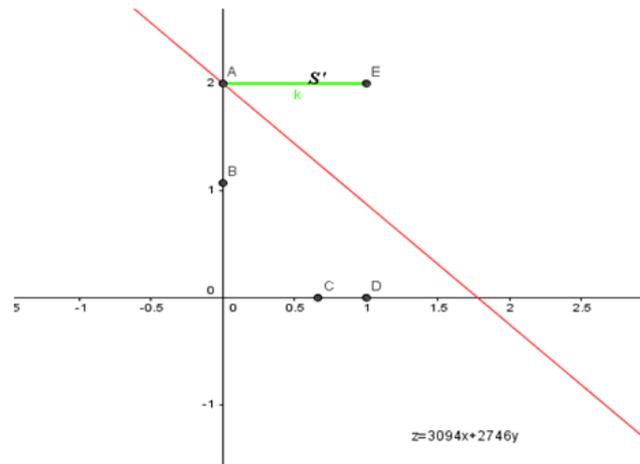


FIGURE 4.4 – Représentation de la solution optimale de $Q_{2,1}$

La solution optimale est atteinte au point $A = (p_1 = 0, p_2 = 2)$ avec $Z = 5492$, comme le montre la figure ci-dessous :

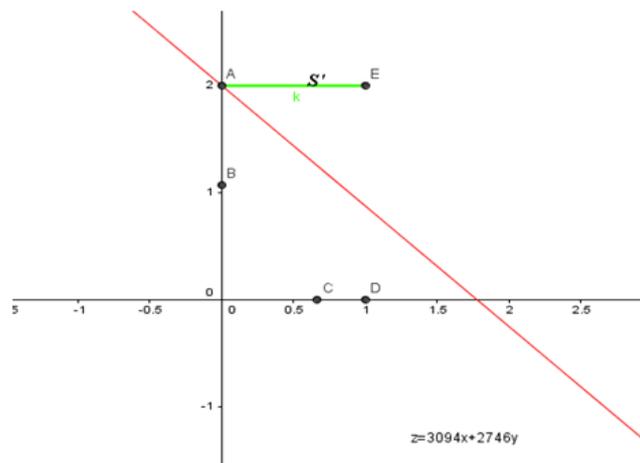


FIGURE 4.5 – Représentation de la solution optimale de $Q_{2,1}$

Cette solution est entière, en coupe le nœud $P_{2,1}$

On explore le nœud $P_{1,1}$

On résouds le PL $Q_{1,1}$ associé à $P_{1,1}$

$$(Q_{1,1}) = \begin{cases} \text{Min}(Z) = 3094p_1 + 2746p_2 \\ \text{soumis à} \\ 400p_1 + 250p_2 \geq 266.8 \\ p_1 \leq 1 \\ p_2 \leq 2 \\ p_1 \geq 1 \\ p_1 \geq 0, p_2 \geq 0 \end{cases} \quad (4.9)$$

Soit S ensemble de solutions réalisables de $Q_{1,1}$ représenté dans la figure suivante :

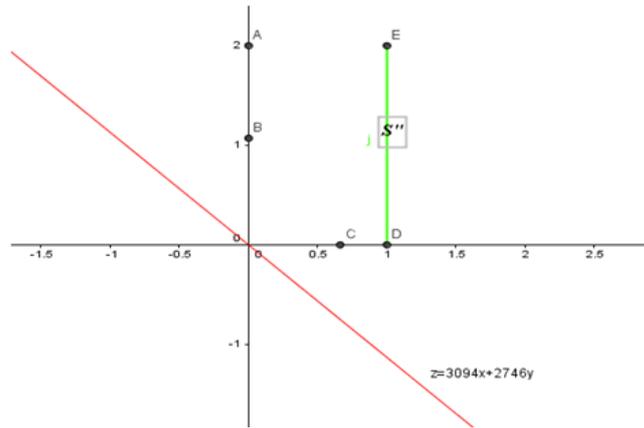


FIGURE 4.6 – Représentation de l'ensemble de solutions réalisables $Q_{1,1}$

La solution optimale est atteinte au point $D = (p_1 = 1, p_2 = 0)$ avec $Z = 3094$, comme le montre la figure ci-dessous :

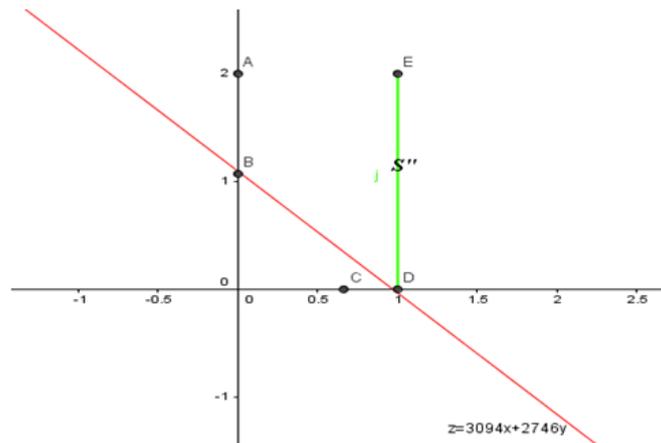


FIGURE 4.7 – Représentation de la solution optimale de $Q_{1,1}$

Cette solution est entière, en coupe le nœud $P_{1,1}$.

L'arborescence :

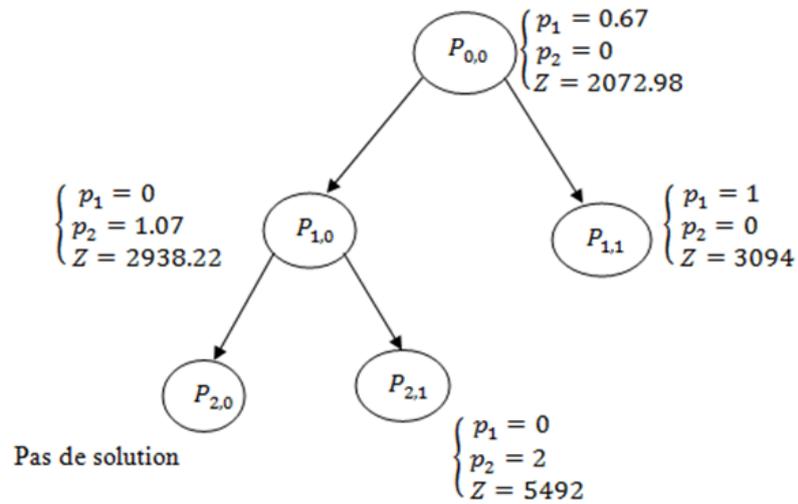


FIGURE 4.8 – Représentation des coupes de Branch and Bound.

En appliquant la méthode de Branch and Bound, on trouve deux solutions optimales entières obtenues en explorant les nœuds $P_{2,1}$ et $P_{1,1}$, mais la solution optimale retenue est celle de $P_{1,1}$ car $Z_{1,1}=3094 < Z_{2,1}=5492$.

Donc la solution optimal est : $p_1^* = 1, p_2^* = 0$ et $Z^* = 3094$

4.2.1.3 Résultats

Après la résolution du PLNE pour tous les quartiers comme l'exemple illustratif précédent, en faisant varier le paramètre L correspondant à chaque quartier, on aura les résultats représentés dans les tableaux 4.1 et 4.2 pour les régions B et C :

Région B :

Nombre de logement	Nombre de postes associé	
300	$p_1 = 2$	$p_2 = 1$
200	$p_1 = 2$	$p_2 = 0$
250	$p_1 = 1$	$p_2 = 2$
190	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$
190	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$
280	$p_1 = 2$	$p_2 = 1$
380	$p_1 = 2$	$p_2 = 2$
100	$p_1 = 1$	$p_2 = 0$
250	$p_1 = 2$	$p_2 = 0$
250	$p_1 = 1$	$p_2 = 2$
250	$p_1 = 1$	$p_2 = 2$
300	$p_1 = 1$	$p_2 = 2$
270	$p_1 = 1$	$p_2 = 2$
190	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$
160	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$
90	$p_1 = 1$	$p_2 = 0$
120	$p_1 = 0$	$p_2 = 2$
220	$p_1 = 2$	$p_2 = 0$

TABLE 4.1 – Nombre de postes associé aux quartiers de la région B.

Région C :

Nombre de logement	Nombre de postes associé	
140	$p_1 = 0$	$p_2 = 2$
280	$p_1 = 2$	$p_2 = 1$
80	$p_1 = 1$	$p_2 = 0$
220	$p_1 = 2$	$p_2 = 0$
160	$p_1 = 0$	$p_2 = 2$
120	$p_1 = 0$	$p_2 = 2$
200	$p_1 = 2$	$p_2 = 0$
220	$p_1 = 2$	$p_2 = 0$
280	$p_1 = 2$	$p_2 = 1$
160	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$
340	$p_1 = 3$	$p_2 = 0$
180	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$
160	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$
180	$p_1 = 1$	$p_2 = 1$

TABLE 4.2 – Nombre de postes associé aux quartiers de la région C.

4.2.2 Positionnement des postes MT/BT et graphe initial

4.2.2.1 Positionnement

Dans le cadre d'une alimentation adéquate des quartiers en énergie électrique, le positionnement des postes MT/BT doit vérifier les conditions suivantes :

- Un accès facile et permanent (de préférence en bordure de voie publique)
- La manutention aisée de tous les éléments et en particulier le transformateur.
- la mise en place du transformateur à l'abri des inondations (+0.20 m au dessous des des plus hautes eaux).
- l'emplacement est aussi choisi en tenant compte des nécessités d'exploitation, des possibilités d'évolution des puissance demandée et du cadre d'environnement.
- l'emplacement soit dans un bâtiment, soit sur un support.

l'implémentation des postes MT/BT sur la carte en respectant les conditions ci-dessus est présenté dans l'annexe II

4.2.2.2 Graphe initial

Soit $R=(V,U,C)$ le graphe planaire qui modélise notre réseau de distribution d'énergie électrique représenté dans la Figure 4.10.

Tel que :

V : ensemble des sommets j , représentent les postes MT/BT, dans notre cas 100 sommets j avec $j=0, \dots, 99$.

U : ensemble d'arêtes (i, j) , il existe une arête en les sommets i et j si et seulement s'il existe une route urbaine reliant les deux postes MT/BT correspondant respectivement aux sommets i et j avec $i=0, \dots, 99$ et $j=0, \dots, 99$.

C : ensemble de poids associé aux arêtes (i, j) et il représente les distances réels entre deux postes MT/BT.

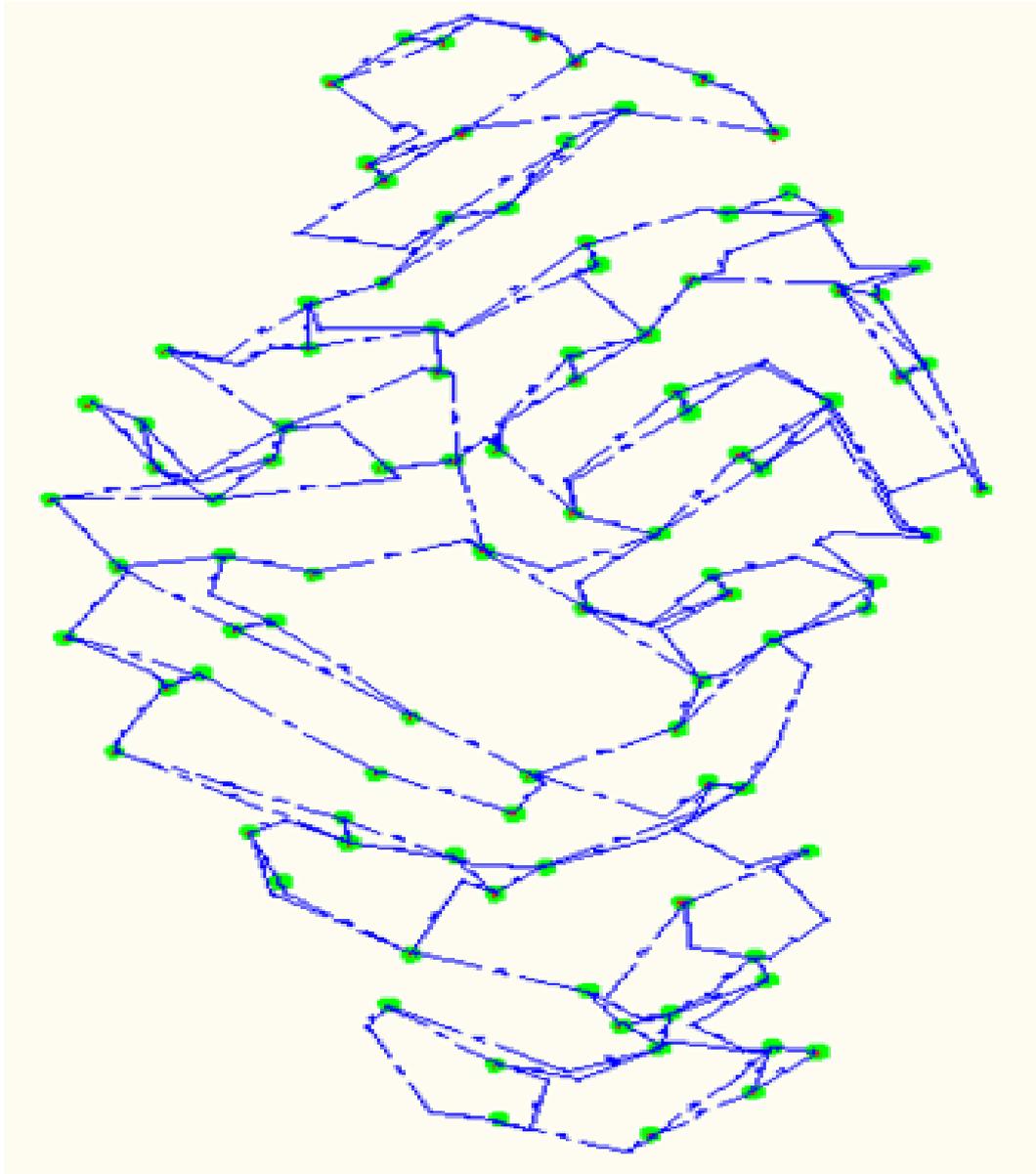


FIGURE 4.9 – Représentation du graphe modélisant le réseau de distribution d'énergie électrique.

4.2.3 Détermination d'une structure optimale

Pour déterminer une structure de réseau de distribution d'énergie électrique optimale on procède comme suit :

- On applique l'algorithme de Prim qui détermine un arbre couvrant à poids minimum pour faire un recouvrement global des sommets.
- On boucle notre arbre, en créant des cycles au niveau des sommets pondérés afin d'avoir une structure bouclée qui est la plus utilisée par Sonelgaz.
- On suppose des départ HT/MT de 10MVA qui seront utilisés à 50% de leur puissance pour déterminer l'emplacement des ouvertures pour une structure bouclée à coupure d'artères.

4.2.4 Algorithme de Prim[15]

Soit le réseau $R=(V,U,C)$, le schéma de l'algorithme est le suivant :

$T := \phi$;

$A := v$;

While $|T| < n - 1$ **do**

$u := xy$ telle que $x \in A$ et $y \in A, xy$ de poids minimal;	
	$T \cup = u$;
	$A \cup = y$;

4.2.4.1 Exemple illustratif [11]

Voici un exemple où on va déterminer un arbre couvrant de poids minimum.

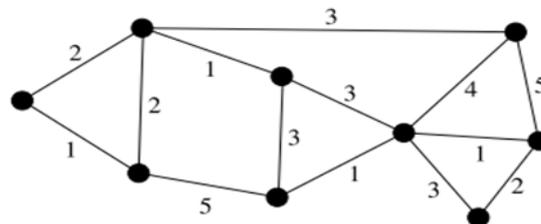
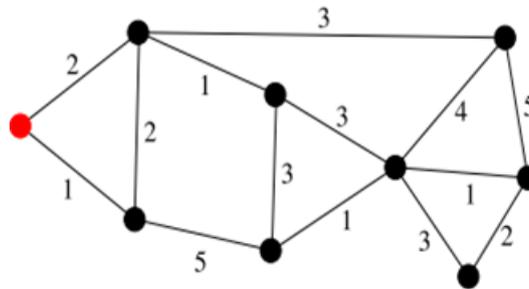
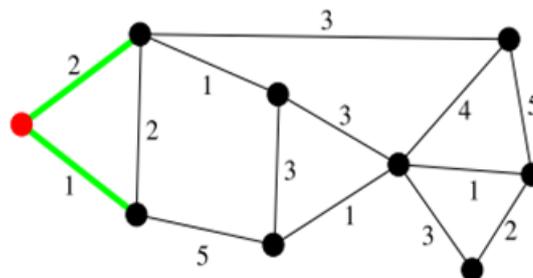


figure d'un graphe initiale

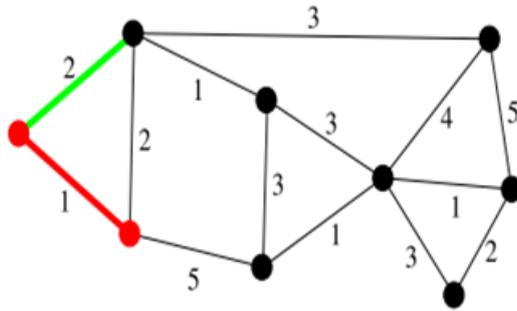
1 : On choisit le sommet de départ.



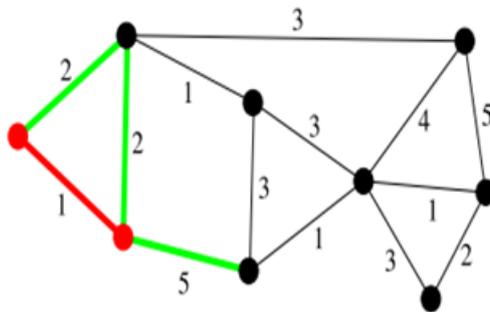
2 : On évalue les arêtes reliées à ce sommet



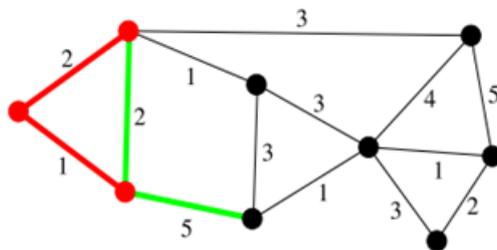
3 : On choisit l'arrête de poids minimum.



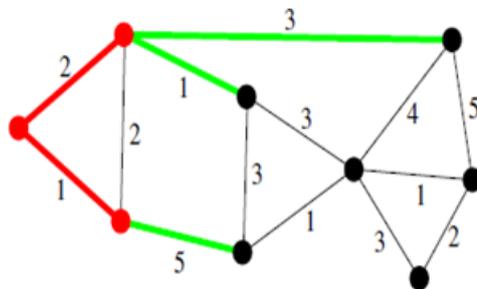
4 : On évalue les arêtes reliées aux sommets de T.



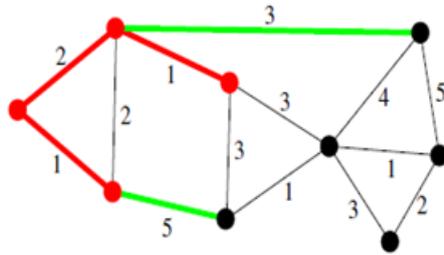
5 : On choisit l'arrête de poids minimum.



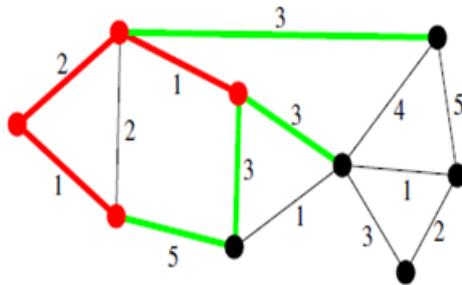
6 : On évalue les arêtes reliées aux sommets de T.



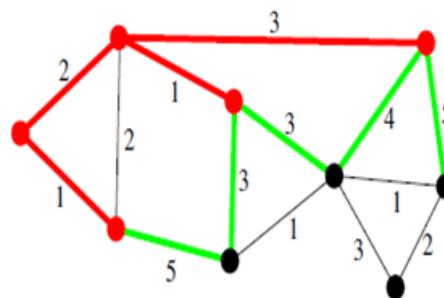
7 : On choisit l'arrête de poids minimum.



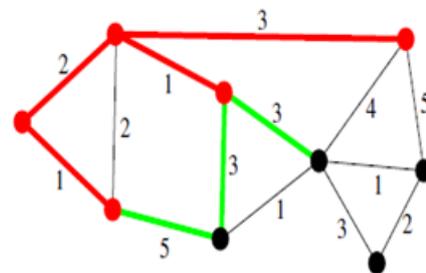
8 : On évalue les arêtes reliées aux sommets de T.



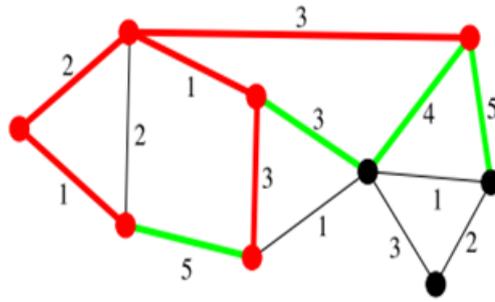
9 : On choisit l'arrête de poids minimum.



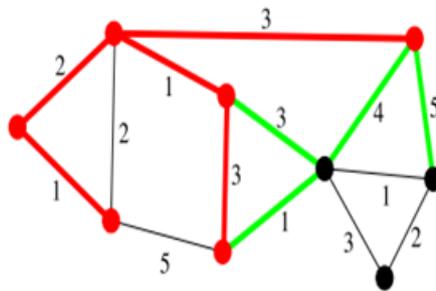
10 : On évalue les arêtes reliées aux sommets de T.



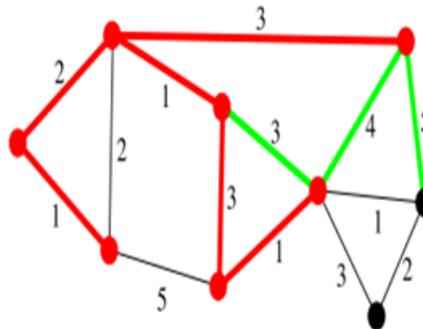
11 : On choisit l'arrête de poids minimum.



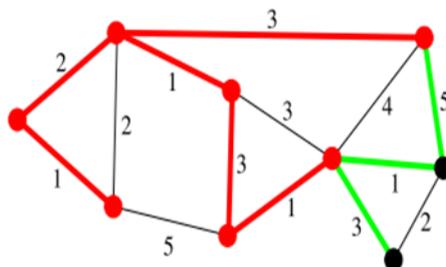
12 : On évalue les arêtes reliées aux sommets de T.



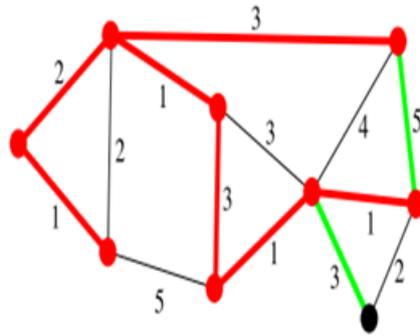
13 : On choisit l'arrête de poids minimum.



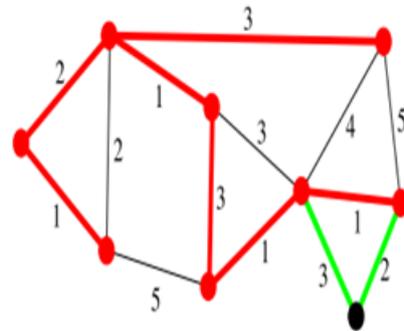
14 : On évalue les arêtes reliées aux sommets de T.



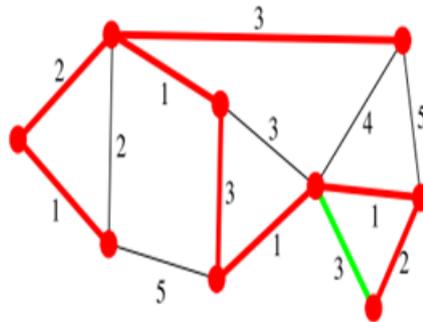
15 : On choisit l'arrête de poids minimum.



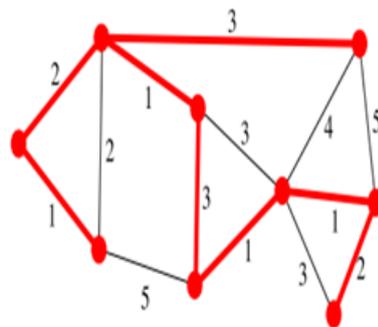
16 : on évalue les arêtes reliées aux sommets de T.



17 : On choisit l'arrête de poids minimum.



18 : Tous les sommets de G sont marqués.



Alors on arrête l'algorithme, on obtient l'arbre de poids minimal de l'étape 8, avec un poids total de $1+2+1++13+3+1+2=14$.

4.2.5 Structure optimale

On implémente l'algorithme de Prim dans le logiciel Java présenté dans l'Annexe III, en introduisant notre graphe de la manière présentée en Annexe IV dans un document texte et on aura l'arbre couvrant à poids minimum présenté dans Annexe V.

En présentant les résultats de l'Annexe V, on aura la représentation graphique sous forme d'un arbre présenté dans la Figure 4.10.

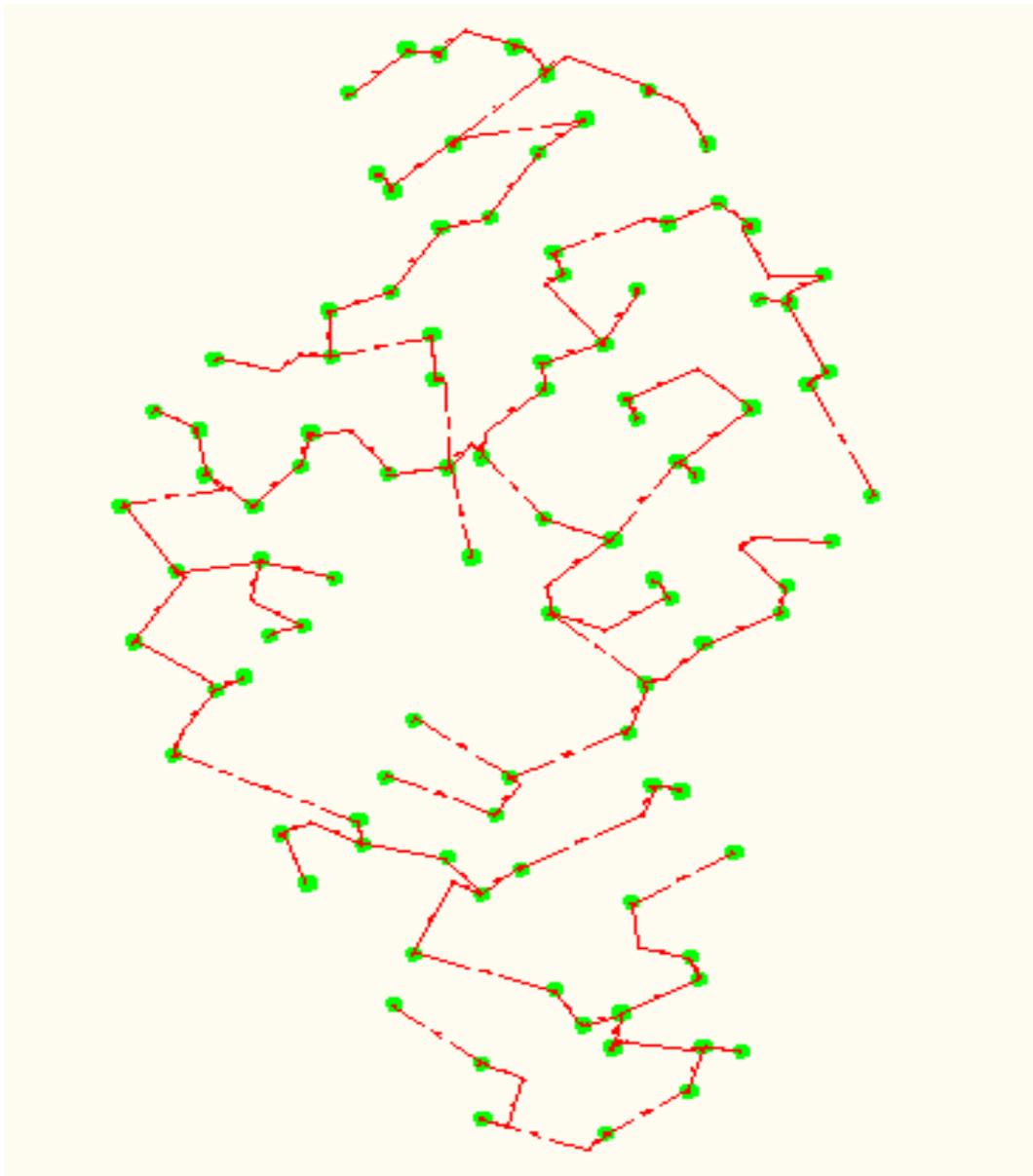


FIGURE 4.10 – Représentation de l'arbre couvrant à poids minimum.

Pour déterminer la structure optimale bouclée à coupure d'artères à partir du graphe précédent, on suit les étapes ci-dessous :

- On forme des cycles avec les sommets pondérés pour avoir un graphe bouclé.

- On vérifie que chaque sommet de graphe bouclé a deux arêtes.
- On suppose que nos postes MT/BT travaillent au pire des cas à 80% de leurs puissances.
- On choisit un départ HT/MT de 10MVA, travaillent à 50% de sa puissance.
- On choisit un sommet racine qui sera le premier point alimenté par notre départ HT/MT.
- On somme au fur et à mesure les sommets jusqu'à atteindre les 5MVA.
- On implante des cellules ouvertes dans le premier et dernier poste MT/BT du départ choisit.
- On répète le procédé jusqu'à ce que tous les postes MT/BT soient alimentés.

Le résultat de ce processus est présenté sous forme d'un graphe dans la Figure 4.11.

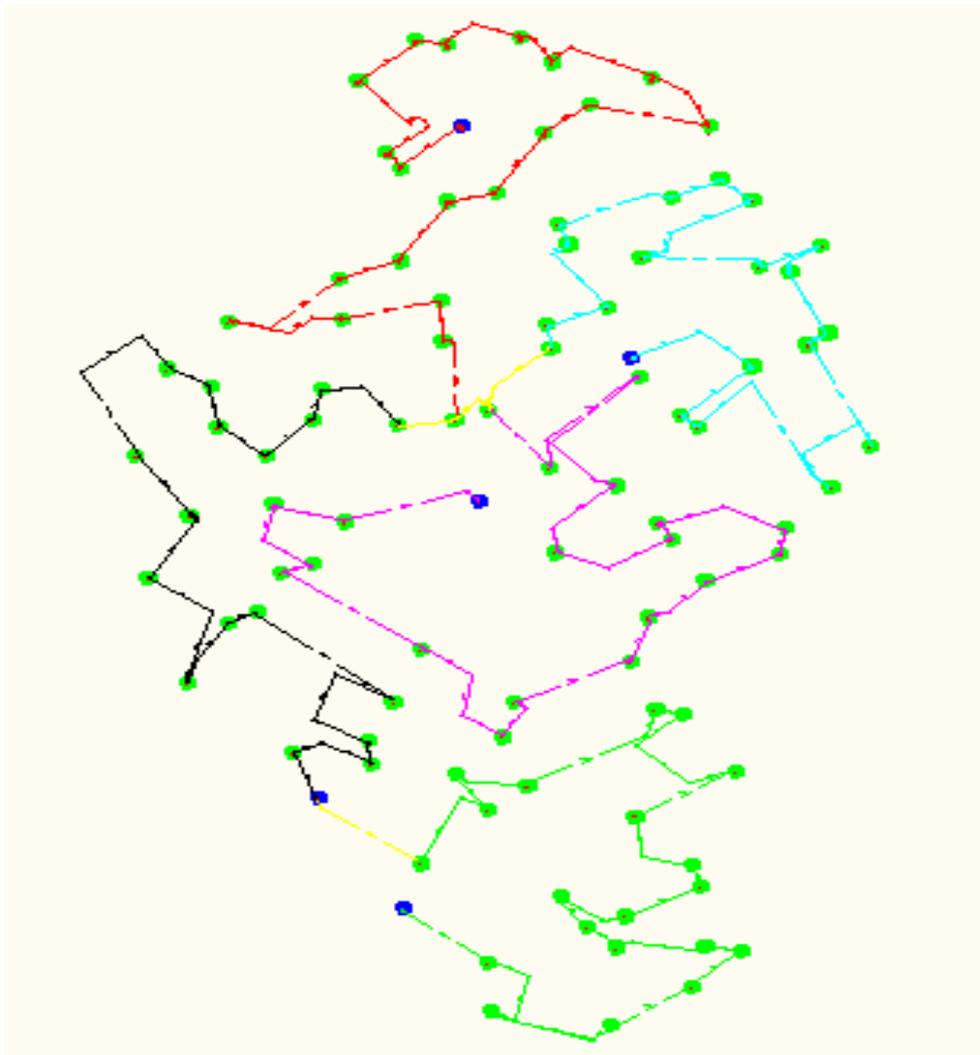


FIGURE 4.11 – Représentation de la structure optimale de notre réseau.

4.3 Simulation du montant du projet

Soient les tableaux 4.3 et 4.4 qui représentent respectivement le coût unitaire de fournitures et pose et le coût total des différents postes et câbles souterrains estimés pour

alimenter les régions B et C du projet.

Avec :

Le coût du câble de 120mm^2 en aluminium est de $3299 \text{ KDA/Km} = 3.299 \text{ KDA/m}$.

Postes	Nombre de postes	Coût d'un poste (KDA)	Coût total (KDA)
250	58	2746	159268
400	42	3094	129948

TABLE 4.3 – Coût unitaire et total des postes prévus pour les régions B et C.

total= 289216 KDA

Départ	Longueur des câbles (m)	Coût total (KDA)
Départ 1(rouge)	1924.86	6350.11
Départ 2(bleu)	1948.2	6427.11
Départ 3(noir)	1838.57	6065.44
Départ 4(rose)	2032.03	6703.67
Départ 5(vert)	2032.03	6703.67
Lignes connectant les différents départs	394.17	1300.37

TABLE 4.4 – Coût unitaire et total des longueurs des câbles prévus pour les régions B et C.

total= 33550.37 KDA

Et on aura le montant total estimé à 356248.74 KDA.

4.4 Interprétation des résultats

Partant de la Figure 4.10, qui représente le couvremnt total des sommets de notre graphe et suivant la politique de Sonelgaz qui stipule que le réseau de distribution d'énergie électrique doit vérifier que :

- La topologie utilisée est une structure en boucle à coupure d'artère.
- Les postes MT/BT doivent avoir une seule arrivée et un seul départ.
- Les départs HT/ MT doivent être bouclés entre eux pour des mesures de sécurité.

D'où le résultat de la Figure 4.11 qui représente le réseau de distribution d'énergie électrique en moyenne tension pour les régions B et C, modélisé sous forme d'un graphe, les sommets représentent les postes MT/BT de 400KVA ou 250KVA, déterminés par un programme linéaire qui a pour objectif de minimiser le coût total du poste (fournitures et pose) et les arêtes représente les câbles souterrains reliant les différents postes MT/BT d'une façon à satisfaire la structure topologique de distribution désiré.

On remarque dans ce graphe (Figure 4.11) que chaque départ HT/MT est représenté par une couleur alimentant un nombre fini de postes MT/BT de telle sorte que la somme du fonctionnement de ces postes à 80 de leurs puissances soit inférieur ou égal à 5MVA, les sommets colorié en bleu représente les premiers postes MT/BT des différents départs HT/MT et les arêtes en jaune représente les artères connectées aux cellules ouvertes entre les départs HT/MT fermés en cas de pannes ou de surcharges pour ce secourir mutuellement .

Les Tableaux 4.3 et 4.4 représentent respectivement le coût des fournitures et poses des postes MT/BT et des câbles souterrain des différents départs HT/MT en plus des câbles qui les reliés, avec un coût total de 356248.74 KDA qui représente le montant estimé pour l'installation du réseau de distribution d'énergie électrique présenté dans la Figure 4.11 pour les régions B et C de notre site.

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, on a déterminé le nombre de postes MT/BT qu'il faut pour l'alimentation les régions B et C de notre projet, puis on a procédé à leurs implémentation selon certains critères de Sonelgaz pour obtenir une structure de réseau de distribution optimale.

Conclusion Générale

Simultanément En raison de la crise économique que traverse notre pays, et les objectifs de la compagnie de Sonelgaz elle-même, la planification est l'aspect le plus prépondérant en investissement.

L'objectif de notre étude est de proposer aux décideurs de Sonelgaz une planification du réseau de distribution d'énergie électrique pour la ville d'Ighzer Ouzarif commune d'Oued Ghir, satisfaisant leurs conditions d'installation. Donc, il s'agit de déterminer un réseau de distribution souterrain tout en minimisant les longueurs de câbles et le nombre de postes MT/BT qu'il faut pour alimenter les différents quartiers et équipements publics de cette ville pour une structure bouclée à coupure d'artères optimale.

Notre étude s'est étalée sur plusieurs étapes, la première partie de ce mémoire a été consacrée à la présentation de l'entreprise Sonelgaz et une généralité sur les réseaux de distribution électrique dans laquelle nous avons mis en évidence, les différentes structures topologiques de distribution. Ensuite, nous sommes passés, à la deuxième partie, à la définition de quelques notions de la théorie des graphes et la programmation linéaire en nombre entiers utilisée pour la modélisation et la résolution de notre problème. Dans le troisième chapitre, nous avons présentés la ville d'Ighzer Ouzarif, calculés les charges consommées par chaque quartier et équipement public. Après, on a écrit un programme linéaire qui calcule le nombre de postes MT/BT qu'il faut pour alimenter cette ville et on a modélisé notre problème sous forme d'un graphe planaire pour déterminer un arbre recouvrant à poids minimal qui sera la base de notre structure. Enfin, dans le quatrième chapitre, on a résolu le programme linéaire défini dans le chapitre précédent par la méthode Branch and Bound pour un résultat entier, puis on a appliqué l'algorithme de Prim implémenté sur Java pour déterminer l'arbre recouvrant à poids minimal et avec les conditions de Sonelgaz sur la configuration d'un réseau de distribution d'énergie électrique on est sorti à une structure optimale volue et on a fini par une estimation du montant total du projet qui est de 356248.74 KDA.

Comme perspectives, nous proposons ce qui suit :

- Lors du positionnement des postes, on a procédé suivant le processus de Sonelgaz et on a constaté que les postes sont placés aléatoirement. C'est pour cela qu'on propose d'utiliser une méthode plus exacte pour déterminer une position exacte et optimale.
- Dans ce travail on a déterminé un réseau optimal pour la distribution de

l'énergie électrique. On propose une étude de fiabilité de ce réseau pour une mieux planification de réseau.

Bibliographie

- [1] A. Latibi et A. Zitoune. Réseau de distribution d'énergie électrique. Projet de Fin d'Etude, Département Electronique, Université de Béjaia, 1991.
- [2] A.Toudert et N.Abdoune. Résolution graphique d'un problème de gestion des stocks. Projet de Fin d'Etude, Département RO, Université de Béjaia, 2002.
- [3] A. Yaiche et A. Haddad. Modélisation de la gestion des stocks au niveau de l'ALFA-DITEX de Remila, Université de Béjaia, 1998.
- [4] B. Benmazouz. Recherche opérationnelle de gestion. Atlas Edition, 1995.
- [5] C. Prins, Ph.Lacomme et M.Servaux. Algorithmes des graphes. Eyrolles Edition, 2003.
- [6] D. Thiel. Recherche opérationnelle et management des entreprises.
- [7] E. Gladkikh. Optimisation de l'architecture des réseaux de distribution de l'énergie électrique. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 2015.
- [8] Groupe Sonelgaz. XD, Guide technique de distribution. Document technique de Groupe Sonelgaz, 1984.
- [9] J. F .Scheid. Graphes et recherche opérationnelle. Note de cours, ESIAL 2ème année, 2010.
- [10] Ph. Carrive. Réseaux de distribution- structure et planification. Techniques de l'Ingénieur, Traité Génie Electrique D 4210, 2006
- [11] Ph. Lac et M. More. Arbre Recouvrant de Poids Minimal. IREM Clermont Ferrand, 2010.
- [12] R. Amrane et B. Bensikhaled. Exploitation des réseaux de distribution MT de point de vue fiabilité. Projet de Fin d'Etude, Département Electrotechnique, Université de Béjaia, 1991.
- [13] Schneider Electric. Architecture de réseau de distribution. HAL archives-ouvertes.fr, 2007.
- [14] Technique de l'ingénieur.1990.
- [15] V. Bouchitté. Graphes et algorithmes des graphes. 3ème année Licence d'Informatique, Ecole Normale Supérieure de Lyon, 1998.

Annexes I

Plan d'aménagement de la ville d'Ighzer Ouzarif et positionnement des postes MT/BT

Plan d'aménagement de la ville d'Ighzer Ouzarif et positionnement des postes MT/BT

Plan d'aménagement de la ville d'Ighzer Ouzarif et positionnement des postes MT/BT

Annexes II

Présentation du Logiciel Java

Annexes II

Présentation du Logiciel Java :

Java est un langage de programmation à usage général, évolué et orienté objet dont la syntaxe est proche du C. Ses caractéristiques ainsi que la richesse de son écosystème et de sa communauté lui ont permis d'être très largement utilisé pour le développement d'applications de types très disparates. Java est notamment largement utilisé pour le développement d'applications d'entreprises et mobiles.

Parmi ces package on cite :

- java.lang : classes de bases.
- java.util : utilitaires.
- java.applet : applets.
- java.awt : interface graphique portable.
- java.awt.image : manipulation d'images
- java.awt.peer : interaction avec le système d'exploitation pour. l'affichage de composants graphiques.
- java.io : gestion des entrées/sorties grâce aux flux.
- java.net : gestion des communications à travers le réseau.
- javax.jws : Support des services web.

Son interface ce présente comme suit :

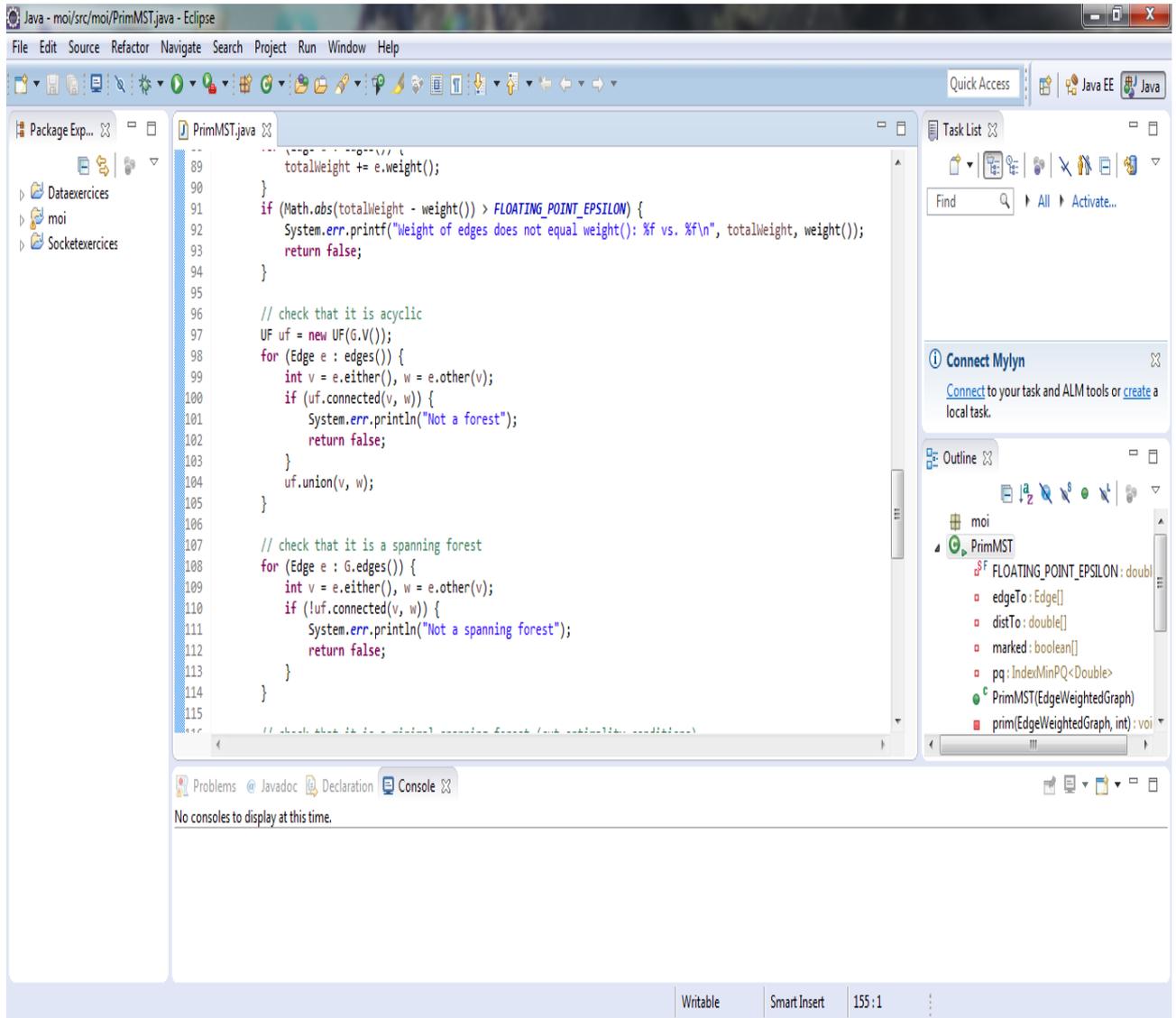


FIGURE 4.12 – Interface du logiciel Java (Eclipse).

Pour écrire un programme Java, en suit les étapes suivantes :

1. création du projet java :

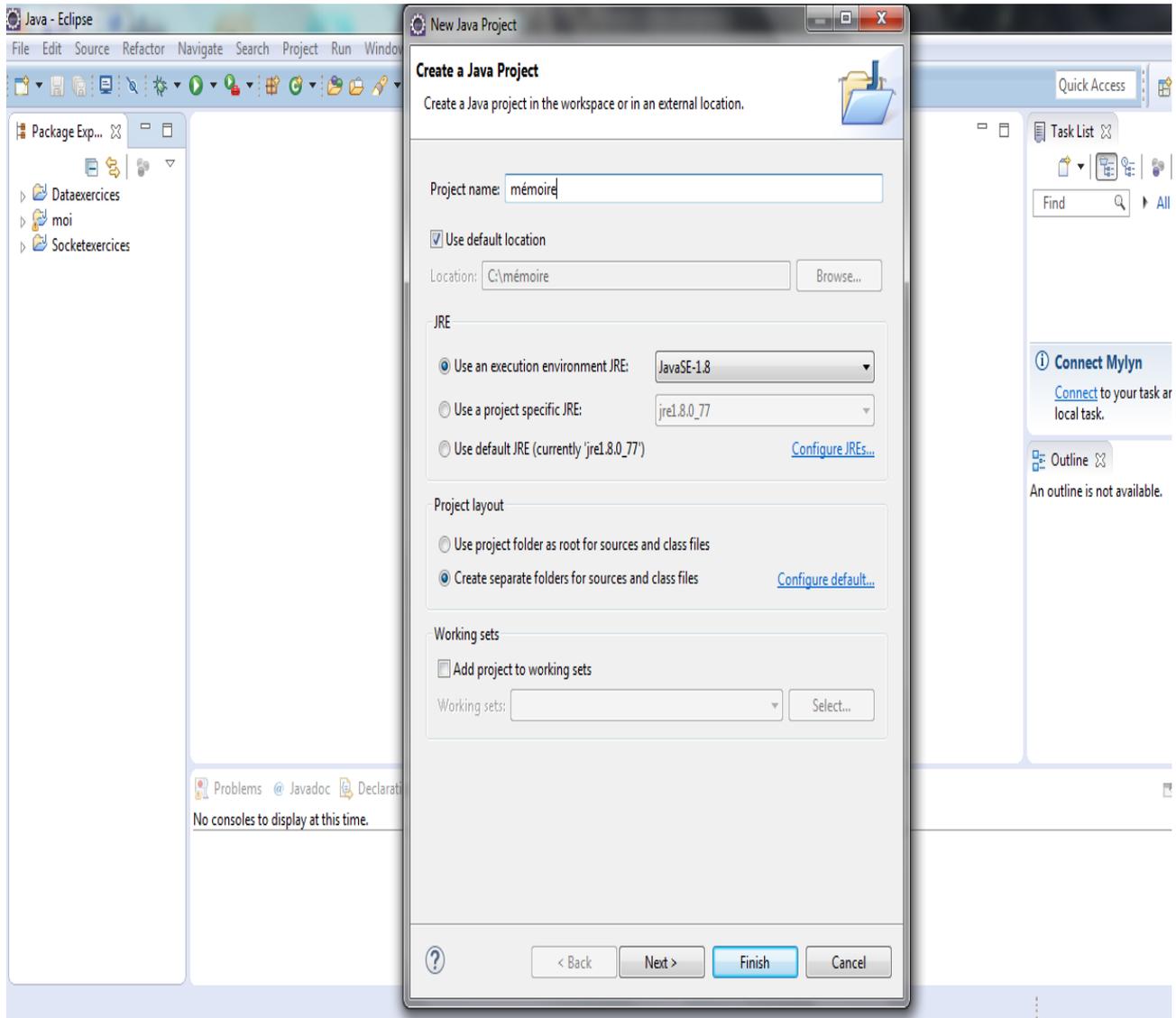


FIGURE 4.13 – Création d'un projet Java.

2. Création du Java package :

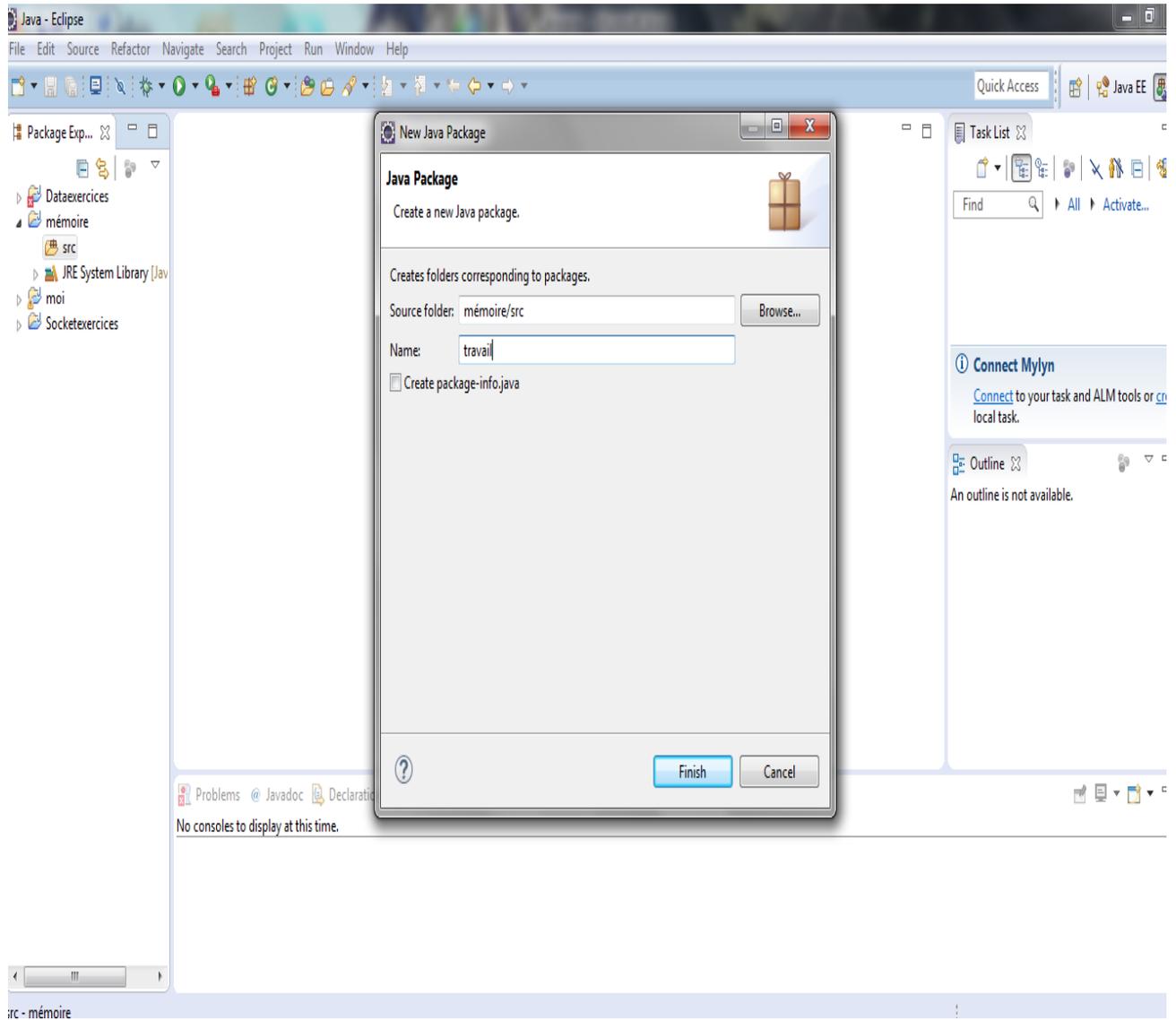


FIGURE 4.14 – Création d'un package java.

3. Création de la classe java :

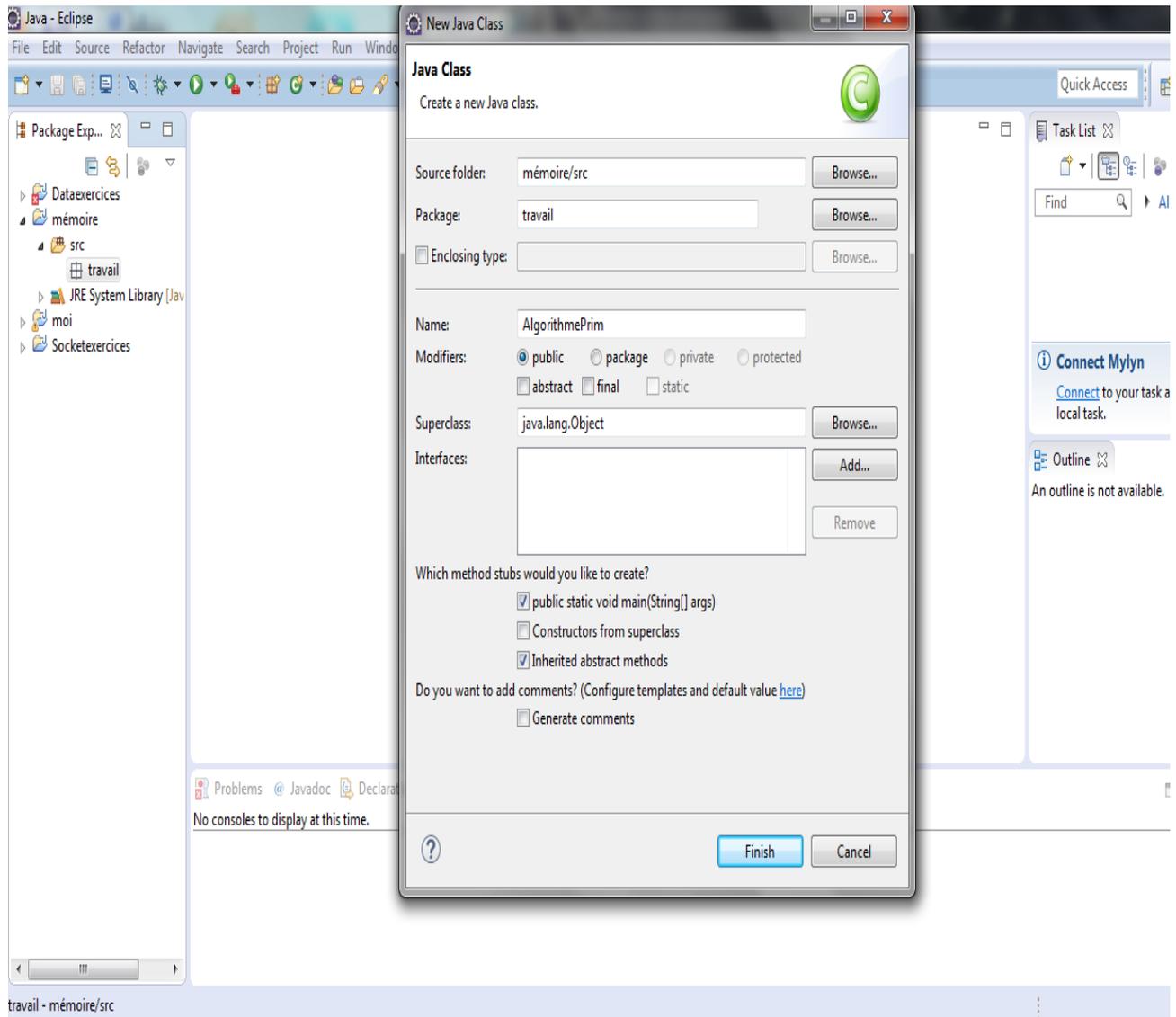


FIGURE 4.15 – Création d'une classe Java

Annexes III

Introduction du graphe initial sur java et résultat

100	55 58 34.57	55 73 205.03	74 76 110.67
161	55 57 133.61	56 72 132.6	82 84 164.17
0 1 88.34	54 56 195.65	57 58 113.01	82 99 84.3
0 2 33.25	53 56 176.64	58 59 97.35	83 85 206.54
0 3 133.15	53 54 34.32	59 74 227.44	84 91 131.35
1 2 113.65	51 62 173.4	59 79 243.29	84 90 115.41
1 4 178.64	50 62 82.02	60 79 99.49	87 92 122.8
2 3 103.09	49 51 119.21	60 80 67.34	87 94 273.95
3 5 49.72	48 50 107.02	60 86 232.22	88 89 45.09
4 10 27.37	48 49 58.8	61 62 123.55	88 94 45.2
4 8 93.62	47 62 121.67	62 64 129.93	89 96 95.47
5 6 135.59	47 61 23.24	63 69 24.51	89 94 41.24
5 8 140.2	45 50 194.66	63 67 159.34	97 98 57.9
6 19 98.98	46 50 181.13	63 64 148.4	97 99 39.48
7 8 135.29	45 46 25.59	64 71 139.82	98 99 75.5
7 9 62.85	44 48 118.31	64 69 141.74	24 25 138.03
7 19 140.31	43 44 89.37	66 67 180.87	24 26 27.04
7 23 165.4	42 46 169.74	67 68 31.92	74 79 28.73
8 10 91.97	42 45 166.52	67 70 117.35	73 75 134.18
9 11 154.39	42 66 196.66	76 79 96.8	24 29 188.19
9 23 101.07	42 47 105.15	76 83 88.37	23 28 145.91
11 23 55.6	42 61 134.68	76 81 60.03	72 75 61.81
11 28 101.79	41 65 162.72	78 85 29.51	26 29 180.73
12 28 73.41	40 41 120.3	78 83 193.92	22 38 54.15
12 29 141.63	39 65 167.61	80 86 154.51	72 77 144.13
12 14 55.81	39 40 123.01	81 83 55.7	26 43 122.5
12 13 156.19	39 41 24.32	81 86 137.01	22 40 74.08
13 14 139.98	38 40 33.4	82 86 166.32	70 77 142.55
13 15 145.81	38 39 98.54	82 88 51.68	27 43 76.71
14 29 117.22	37 57 111.29	89 90 103.13	21 22 130.72
15 31 163.09	37 54 133.14	90 96 27	71 77 61.17
15 32 40.75	36 37 103.33	90 91 203.3	21 27 159.65
15 33 113.79	35 53 117.38	92 94 164	29 31 53.85
15 16 183.78	35 62 83.76	92 93 149.99	70 85 241.24
16 17 53.15	35 37 98.33	93 95 160.13	30 43 74.07
16 18 54.35	34 36 148.2	94 97 106.51	21 25 91.42
17 18 101.49	33 49 62.85	95 98 108.63	70 71 86.23
18 34 66.8	33 34 186.57	95 97 154.69	30 48 141.9
18 32 117.09	32 34 70.97	96 97 170.63	20 25 59.45
18 36 142.89	31 49 121.97	68 70 93.59	
20 21 42.58	30 44 30.66	69 71 151.25	

TABLE 4.5 – Introduction du graphe initial sur java

0-1 88,34000	9-23 101,07000	44-48 118,31000	67-68 31,92000
0-2 33,25000	24-26 27,04000	44-48 118,31000	68-70 93,59000
2-3 103,09000	24-25 138,03000	42-45 166,52000	64-69 141,74000
4-10 27,37000	26-43 122,51000	45-46 25,59000	70-71 86,23000
3-5 49,72000	27-43 76,71000	47-62 121,67000	72-77 144,13000
5-6 135,59000	11-28 101,79000	48-49 58,80000	64-71 139,82000
7-8 135,29000	14-29 117,22000	31-49 121,97000	73-75 134,18000
5-8 140,20000	30-44 30,66000	48-50 107,02000	59-74 227,44000
7-9 62,85000	29-31 53,85000	49-51 119,21000	72-75 61,81000
8-10 91,97000	15-32 40,75000	35-53 117,38000	71-77 61,17000
11-23 55,60000	33-49 62,85000	53-54 34,32000	76-79 96,80000
12-28 73,41000	32-34 70,97000	55-58 34,57000	78-83 193,92000
13-14 139,98000	35-52 83,76000	56-72 132,60000	74-79 28,73000
12-14 55,81000	36-37 103,33000	37-57 111,29000	60-80 67,34000
15-33 113,79000	36-18 142,89000	57-58 113,01000	76-81 60,03000
16-18 54,35000	35-37 98,33000	58-59 97,35000	82-86 166,32000
16-17 53,15000	22-38 54,15000	60-79 99,49000	81-83 55,70000
18-34 66,80000	38-39 98,54000	47-61 23,24000	84-90 115,41000
6-19 98,98000	38-40 33,40000	50-62 82,02000	78-85 29,51000
20-25 59,45000	39-41 24,32000	63-69 24,51000	81-86 137,01000
20-21 42,58000	42-47 105,15000	62-64 129,93000	87-92 122,80000
21-22 130,72000	30-43 74,07000	41-65 162,72000	82-88 51,6800
88-89 45,09000	90-96 27,54000	84-91 131,35000	92-93 149,99000
93-95 160,13000	89-94 41,24000	95-98 108,63000	89-96 95,47000
97-99 39,48000	97-98 57,90000	94-97 106,51000	8801.58000

TABLE 4.6 – L'arbre couvrant à poids minimum présentée sur Java

Annexes IV

Poste cabine en coupure d'artère et poste MT/BT

Annexes IV

Poste cabine en coupure

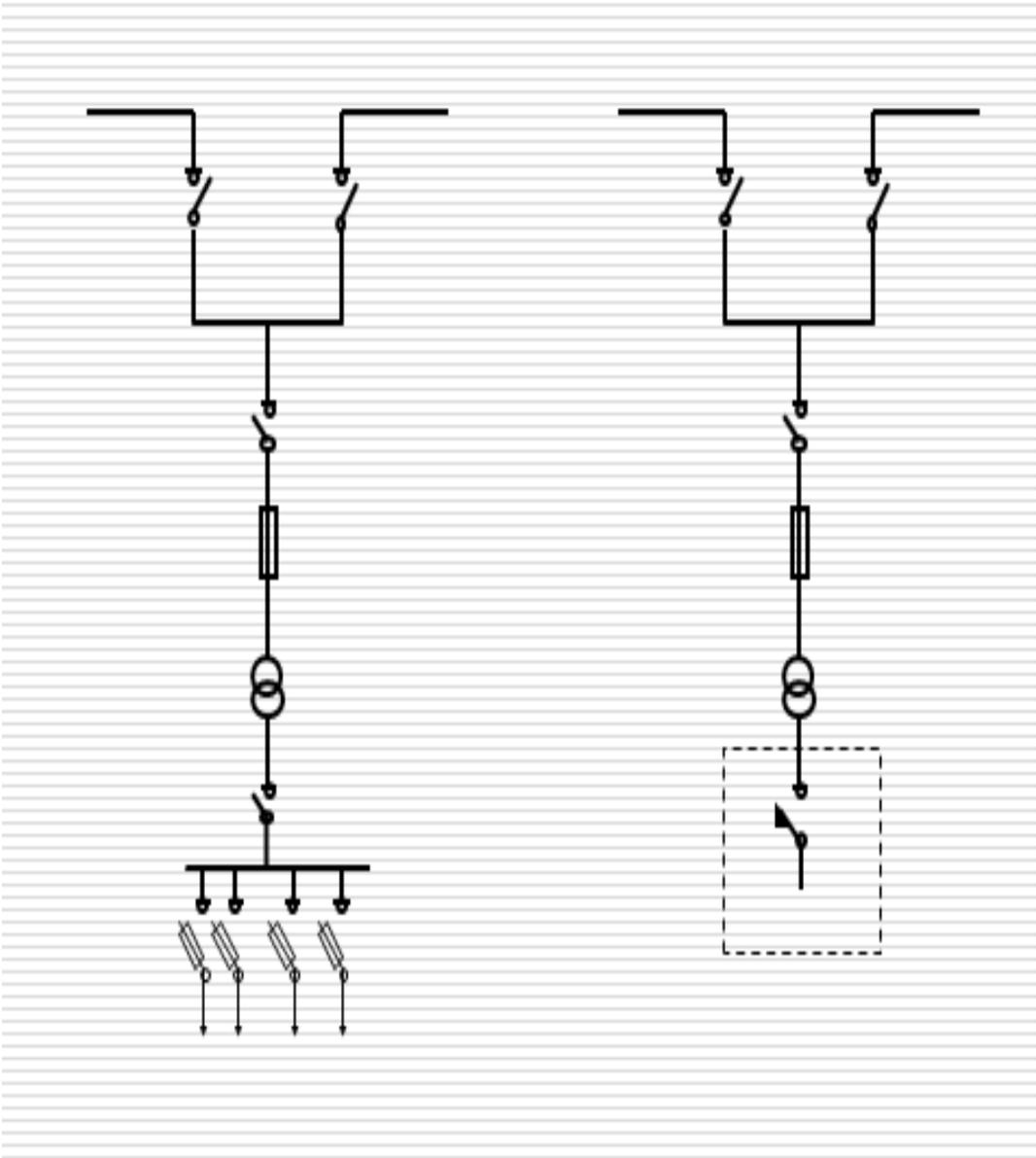


FIGURE 4.16 – Poste cabine en coupure d’artère

Présentation du poste MT/BT

Le poste MT/BT doit respecter les conditions suivantes :

- L'exécution des manœuvres et intervention d'exploitation dans de bonnes conditions de sécurité du personnel.
- Eloigner le transformateur de la porte d'accès, pour garantir la sécurité du personnel en cas d'incendie ou d'explosion, et faciliter l'accès aux appareils à manœuvrer.
- Placer de préférence le tableau de distribution basse tension (BT) et l'appareillage moyenne tension (MT) perpendiculairement à la face d'accès (qui est le plus souvent celle de l'arrière des câbles) et le plus rapprochés possible de celle-ci, afin de réduire la longueur des caniveaux et des câbles MT et BT à l'intérieur du poste.
- Placer le tableau BT le plus près possible du transformateur pour obtenir la liaison BT la plus courte.
- Placer les bornes BT du transformateur, qui ne sont pas protégés du côté du mur.

Alors le poste MT/BT se présente comme dans les figures qui suit :

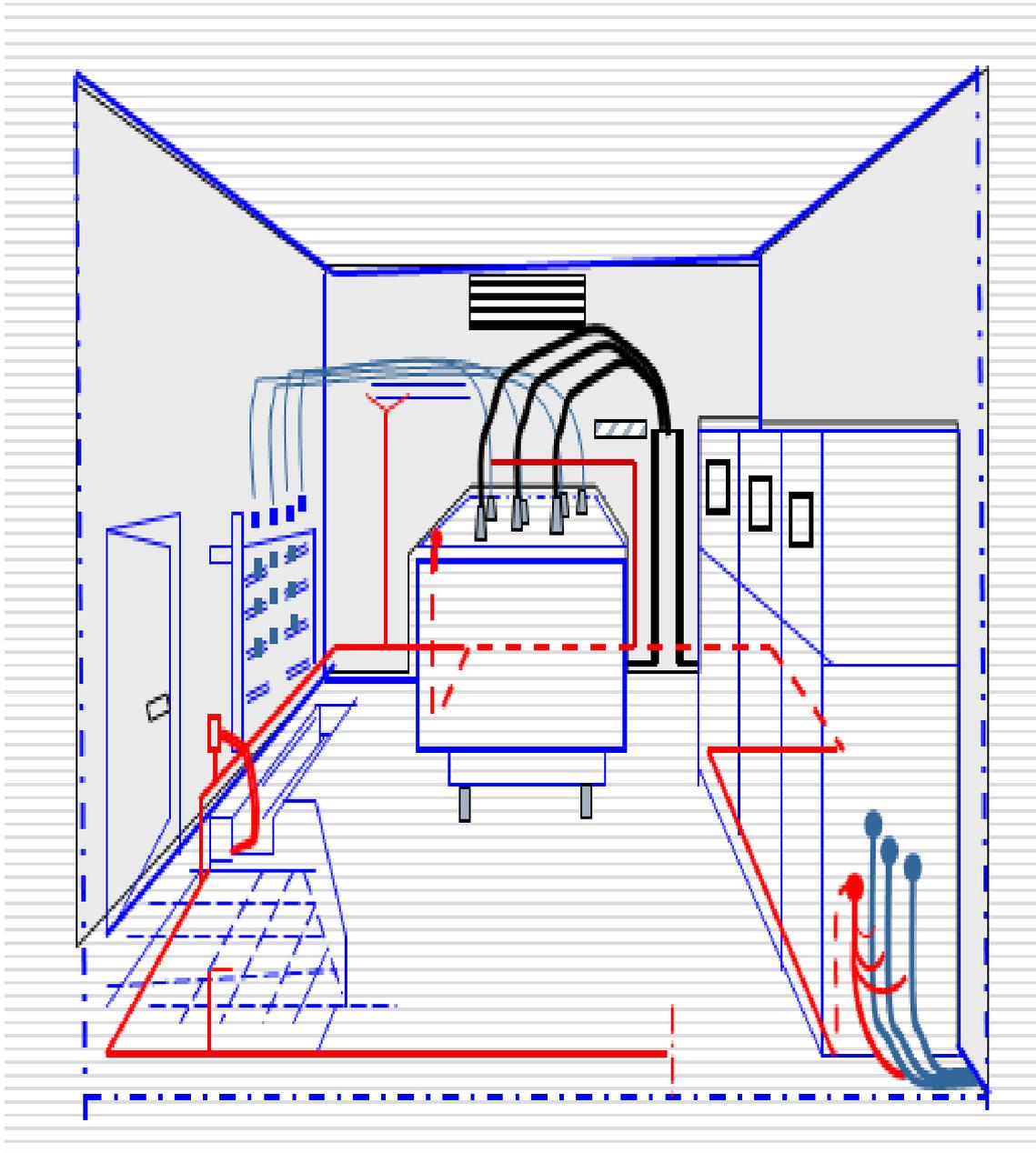


FIGURE 4.17 – Disposition d'équipements MT/BT.

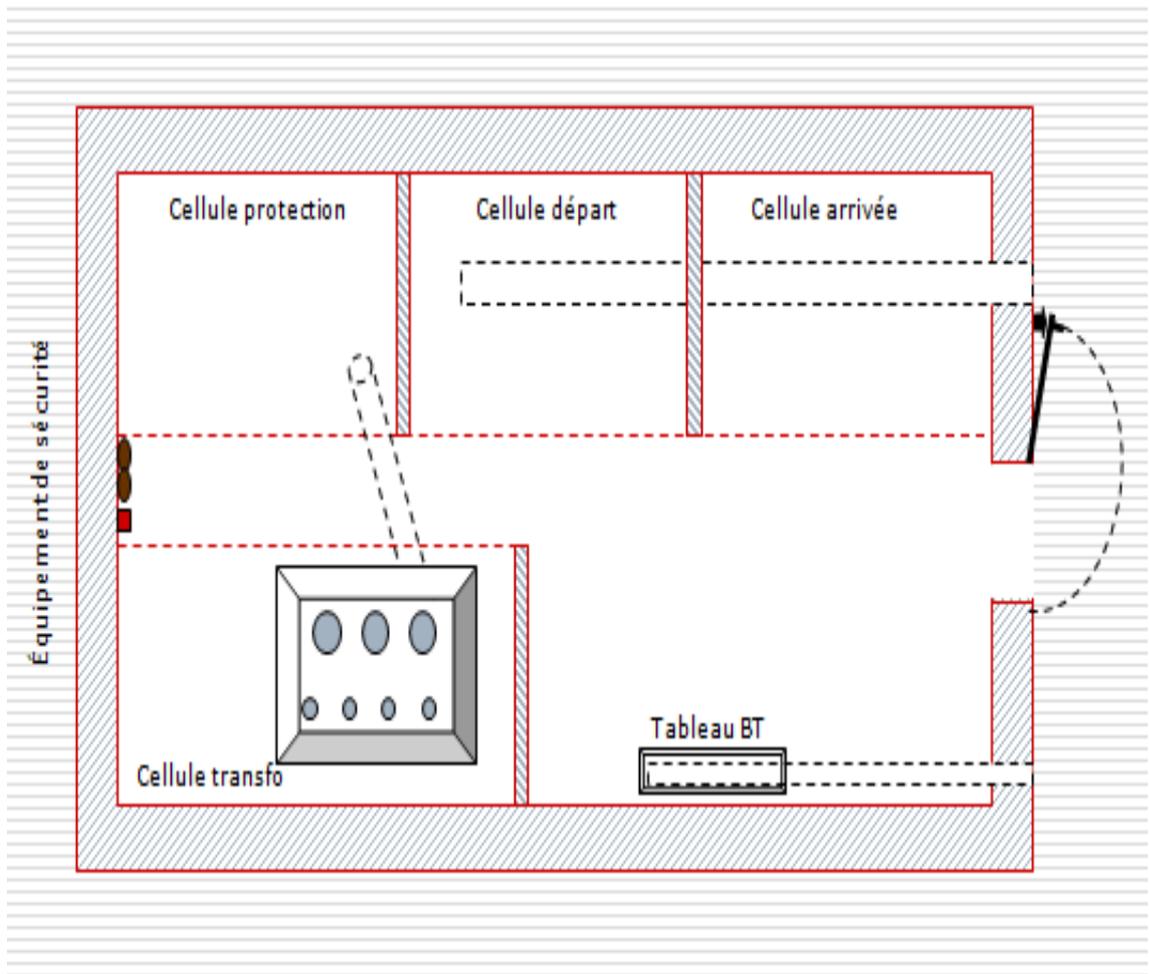


FIGURE 4.18 – Schéma du poste MT/BT.

résumé

Dans le cadre de l'extension de la ville de Béjaia au niveau de la nouvelle ville d'Oued Ghir intitulée Ighzer Ouzarif, Sonelgaz à pour objectif de planifier un réseau de distribution d'énergie électrique pour cette ville. Donc, le but de ce mémoire est de proposé aux décideurs de Sonelgaz un réseau de distribution optimal et à coût minimal, en utilisant la programmation linéaire en nombres entiers pour déterminer le nombre de postes MT/BT qu'il faut pour satisfaire la consommation et l'algorithme de Prim pour déterminer un recouvrement à distance minimum. Ainsi, avec les critères de Sonelgaz pour le choix d'une structure adaptée on aura notre réseau de distribution optimal.

Mot clés : planifier, réseau de distribution d'énergie électrique, réseau de distribution optimal, programmation linéaire en nombres entiers, algorithme de Prim.

Abstract

Within the framework of the urban expansion of Béjaia to the level of the new town of Oued Ghir entitled Ighzer Ouzarif, Sonelgaz with for objective to plan a distribution network of electric power for this city. Therefore, the goal of this memory of is proposed to the decision makers of Sonelgaz an optimal distribution network and at minimal cost, by using the linear programming of whole numbers to determine the number of stations MT/BT which it is necessary to satisfy the consumption and the algorithm of Prim to determine a covering remotely minimum. Thus, with the criteria of Sonelgaz for the choice of an adapted structure one will have our optimal distribution network.

Keywords : to plan, distribution network of power electric, optimal distribution network, linear programming of whole numbers, algorithm of Prim.