



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Électrotechnique
Option : Réseau Electrique.

Thème

*Etude et dimensionnement électrique d'un réseau
d'alimentation des pompes de chargement du terminal
marin Nord de SONATRACH de Bejaia.*

Réalisé par :

BOUNEHAR Katia

GHANEM Hanane

Encadré par :

Mr. ATROUNE Salah

Mr. BOURAOUI Seif-eddine

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

A notre promoteur : Mr Atroune Salah

Nous avons bénéficié de vos enseignements pendant notre parcours en génie électrique. Votre simplicité, vos qualités scientifiques et vos qualités humaines font de vous un enseignant apprécié et aimé de tous.

Tout au long de ce travail nous avons apprécié votre grande disponibilité nous sommes très sensibles à l'honneur et au privilège que vous nous avez accordé en acceptant d'encadrer ce travail malgré vos multiples occupations.

Plus qu'un enseignant vous êtes un modèle pour nous, Qu'Allah vous récompense et vous comble au-delà de vos attentes ! Sincères remerciements.

Nous remercions aussi tout le personnel de l'entreprise SONATRACH de Bejaïa surtout notre Co-Encadreur Mr BOURAOUI Seïf-Eddine pour son aide de faire ce stage pratique, ainsi sa disponibilité pour finir ce travail.

A nos membres de jury

Tout au long de notre cursus vous nous avez accompagnés en contribuant à notre formation à travers votre amour du travail bien fait, votre patience, vos compétences et votre rigueur dans le travail nous ont beaucoup attirés et appréciés. Vos connaissances et vos grandes qualités humaines forcent le respect et l'admiration.

C'est pour nous un privilège d'avoir bénéficié de votre enseignement et d'avoir réalisé ce travail sous votre direction.

Et enfin, on tient à témoigner toute notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie Ce travail :

A dieu, merci pour nous avoir donné le courage et la volonté d'accomplir ce modeste travail.

A mes très chers parents : Malika et Moussa

Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer à leur juste valeur la gratitude et l'amour que je vous porte. Je mets entre vos mains le fruit de vos souffrances, de votre patience. Ma demeure dans ce demain est le résultat de votre renforcement. Chaque ligne de ce mémoire chaque mot et chaque lettre vous exprime la reconnaissance, le respect, l'estime et le merci d'être mes parents. Je prie l'éternel pour qu'il vous accorde santé et une longue vie.

A mon défunt grand père Ismaïl

L'homme heureux, honnête et courageux. Connue par sa générosité, son énergie et son sourire. Tu nous as transmis tes valeurs humanistes, tes principes, ta force et surtout ta bravoure ; tu nous as transmis ta vie. C'est grâce à toi que nous avançons dans la vie et que nous continuerons à nous réunir et nous entraider. J'aurais ton voulu que tu sois présent avec moi mais dieu on a voulu autrement tu es toujours dans mon esprit que dieu te pardonne et t'accueille dans son vaste paradis.

A mes sœurs : « Hassiba », « Zahra », « Wissam » et ma défunte Meriem ainsi mon frère « Ishaq »

Vous m'avez toujours témoigné et entouré de votre amour fraternel, trouvez en ce travail le fruit de cet amour. Restons unis et complices.

A ma meilleure amie Roza

Tu n'es pas juste une amie tu es ma sœur tu m'as accompagné dans toutes les étapes de ma vie. Merci pour tous les bons moments qu'on a passés ensemble, merci d'être toujours là pour moi. Que dieu nous garde l'une pour l'autre.

A toi mon cher oncle Fatah

A le meilleur oncle que je puisse avoir dans cette vie. Plus qu'un oncle tu es un ami. Tu m'as toujours soutenu, encouragé, et motivé. Grand merci pour toi tonton.

A toute ma famille, mes oncles, mes tantes, mes cousines, mes cousins et à mes amis de loin et de près. Merci pour votre amour et encouragements.

Je veux également dédier ce travail à ma chère binôme et amie Katia pour son soutien moral et sa compréhension tout au long de ce projet.

GHANEM Hanane

Dédicaces

Je dédie Ce travail :

A dieu, merci pour nous avoir donné le courage et la volonté d'accomplir ce modeste travail.

A mes chers parents « Rabañ, Naïma » :

L'épaule solide, l'œil compréhensif et les personnes les plus dignes de mon estime et de mon respect, Ce travail est le fruit de vos souffrances, de votre patience, et le résultat de votre renforcement, je prie et je prierai l'éternel pour qu'il vous accorde santé et longue vie.

A la mémoire de mon grand-père « Mohand Akli ».

Ce qui nous unit c'est ce que tu nous as appris et qui restera pour nous un héritage précieux toute notre vie, j'aurais ton voulu que tu sois présent avec moi mais dieu on a voulu autrement tu n'es plus là où tu étais, mais tu es partout là où je suis que le paradis soit ta demeure éternelle.

A mes sœurs « Amína, Meriem ».

A mon frère « Amine ».

A mes grands-mères et mon grand-père

A ma tante et son mari

A mon Michou

A toute ma grande famille « BOUNEHAR ».

A tous mes cousins.

A tous mes oncles surtout la famille «HAMICHE ».

Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de ma profonde affection que dieu tout puissant vous garde et vous donne santé, bonheur et longue vie

A toi « Fouad » :

Que j'estime trop, Mon soutiens moral, et ma source de force merci pour ton aide précieux, merci pour m'avoir encouragé et soutenu sur tous les plans

A tous mes amis (es) et ma chère binôme « Hanane » et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à accomplir ce travail.

Je vous prie de bien vouloir trouver en ce modeste travail le couronnement de vos multiples efforts. je vous aime !

BOUNEHAR Katia

Sommaire

Introduction Générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Généralités sur les installations électriques

1.1	Introduction	2
1.2	Les réseaux électriques	2
1.3	Les différents types des réseaux électriques	3
1.3.1	Les réseaux de transport et d'interconnexion	3
1.3.2	Les réseaux de répartition.....	4
1.3.3	Les réseaux de distribution	4
1.4	Les différentes structures du réseau électrique.....	5
1.4.1	Réseau à structure radiale :	5
1.4.2	Réseau à structure bouclée	5
1.4.3	Réseau à structure maillée	5
1.5	Les différents types des postes électriques	6
1.5.1	Les postes à fonction d'interconnexion	6
1.5.2	Les postes de transformation,.....	6
1.5.3	Les postes mixtes.....	7
1.6	Les différents éléments de poste électrique.....	7
1.6.1	Transformateur de puissance	8
1.6.2	Disjoncteur.....	8
1.6.3	Sectionneur.....	8
1.6.4	Sectionneur de mise à la terre.....	8
1.6.5	Transformateur de courant	8
1.6.6	Transformateur de tension	9
1.6.7	Jeux de barres	9
1.7	La protection électrique.....	9
1.7.1	Le rôle de système de protection dans un poste	10
1.7.2	Qualités fondamentales d'une protection électrique	10
1.7.3	Protection de ligne HTB.....	10
1.7.4	Protection des départs HTA	10
1.7.5	Protection des lignes HTA contre les surcharges	11
1.7.6	Protection des jeux de barres.....	11
1.7.7	Protection d'un transformateur	11
1.8	La Normalisation en électricité	12

1.8.1	Organisme de normalisation.....	13
1.9	Conclusion.....	14

Chapitre II : Présentation de l'entreprise

II.1	Introduction	15
II.2	Description de l'entreprise SONATRACH.....	15
II.3	Principale activités de SONATRACH	16
II.3.1	Activité amont	16
II.3.2	Activité avale.....	16
II.3.3	Activité transport par canalisations	16
II.3.4	Activité commercialisation.....	16
II.4	La direction régionale de Bejaia (D.R.G.B) :	16
II.5	Le terminal marin de Bejaia	17
II.5.1	Le terminal Nord.....	19
II.5.1.1	Parc de stockage	19
II.5.1.2	Manifold	19
II.5.1.3	Tour de contrôle	20
II.5.2	Organigramme RTC de Bejaia.....	21
II.6	Notions divers	22
II.6.1	Pétrole.....	22
II.6.2	Condensat.....	22
II.6.3	Station de pompage	22
II.6.4	Pipeligne	22
II.6.5	Raffinerie.....	22
II.6.6	La gare racleur	22
II.6.7	Système anti incendie	23
II.7	Conclusion.....	23

Chapitre III : Bilan de puissance de l'installation

III.1	Introduction	24
III.2	Présentation du projet.....	24
III.3	Présentation du réseau existant	24
III.3.1	Terminal Marin Nord :.....	24
III.3.1.1	Poste de livraison MT de 30kV :	24
III.3.2	Plaque signalétique des groupes électropompes	26
III.3.3	Schéma unifilaire de l'installation	28

III.4	<i>Méthodologie de calcul du Bilan de puissance</i>	29
III.4.1	<i>Puissance installée</i>	29
III.4.2	<i>Puissance utilisée</i>	29
III.4.3	<i>Facteur d'utilisation K_u</i>	29
III.4.4	<i>Facteur de simultanéité K_s</i>	30
III.4.5	<i>Facteur d'extension K_e</i>	31
III.5	<i>Calcul du bilan de puissance de l'installation</i>	31
III.5.1	<i>Calcul de la puissance installée</i>	31
III.5.2	<i>Calcul de la puissance d'utilisation :</i>	33
III.5.3	<i>Calcul du facteur de puissance de l'installation :</i>	35
III.5.4	<i>Choix du transformateur</i>	35
III.6	<i>Conclusion</i>	35
Chapitre IV : Dimensionnement des équipements de l'installation		
IV.1	<i>Introduction</i>	36
IV.2	<i>Les conditions de dimensionnement des câbles</i>	36
IV.3	<i>La section d'un câble</i>	36
IV.4	<i>Constitutions d'un câble MT</i>	37
IV.5	<i>Détermination de la section du câble MT</i>	38
IV.5.1	<i>Principe de la méthode</i>	39
IV.5.1.1	<i>Dimensionnement des câbles</i>	39
IV.5.1.2	<i>Caractéristiques des câbles</i>	40
IV.5.2	<i>Détermination de la section S1 des canalisations</i>	40
IV.5.2.1	<i>Calcul de courant maximal d'emploi I_b</i>	40
IV.5.3	<i>Facteurs de correction et choix de la section S1 satisfaisant l'échauffement</i>	41
IV.5.4	<i>Le courant admissible :</i>	41
IV.6	<i>Vérification de la contrainte thermique S2</i>	43
IV.7	<i>Vérification thermique de toutes les canalisations de l'installation</i>	45
IV.8	<i>Vérification de la contrainte thermique S3</i>	46
IV.9	<i>Vérification des chutes de tensions</i>	46
IV.10	<i>Choix de la section technique</i>	49
IV.11	<i>Conclusion</i>	49
Conclusion générale		50

Liste des figures

Figure I-1: Schémas globale d'un réseau électrique [1].....	2
Figure I-2: Interconnexions internationales existantes avec l'Algérie [4].....	3
Figure I-3: Poste électrique [6].....	6
Figure II-1: D.R.G.B de Bejaia [7]	17
Figure II-2: Le Terminale marin de Bejaia [7].	18
Figure II-3: Back de stockage	19
Figure II-4: Manifold	20
Figure II-5: Tour de contrôle.	20
Figure II-6: Organigramme de RTC Bejaia.....	21
Figure III-1: Schéma unifilaire de l'installation.....	28
Figure IV-1: Constitution d'un câble MT.....	37
Figure IV-2: Logigramme de détermination de la section minimale d'un câble en moyenne tension.....	38

Liste des tableaux

Tableau I-1: Organismes de normalisations et normes internationales.....	13
Tableau I-2: Décret et norme en France.	14
Tableau I-3: Les niveaux de tension en France selon la norme NF C 15-100 et la NF C13-200.	14
Tableau III-1: Les plaques signalétique des groupes électropompes.....	27
Tableau III-2: Facteur d'utilisation.	30
Tableau III-3 : Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs.	30
Tableau III-4: Bilan de puissance installé de l'installation M.N.O P.R.S.T.....	32
Tableau III-5: Le bilan des puissances installées de l'installation.....	32
Tableau III-6: Bilan de puissance utilisé de l'installation M.N.O P.S.T. R.....	34
Tableau III-7: La charge totale de l'installation après l'application du facteur d'extension.....	34
Tableau IV-1: La section S1 des canalisations de l'installation.....	42
Tableau IV-2: Les résultats de calcul des impédances de la canalisation.....	45
Tableau IV-3: Vérification thermique de la section S2 des canalisations.....	46
Tableau IV-4: Les chutes de tension des canalisations.....	48
Tableau IV-5: la section technique des canalisations.....	49

Introduction générale

L'énergie électrique est un facteur essentiel de développement et de l'évolution des sociétés humaines. Que cela soit sur le plan de l'amélioration des conditions de vie ou sur le plan du développement des activités industrielles.

De nos jours, la production et le transport d'électricité d'une manière efficace et continue est nécessaire pour répondre à la consommation croissante d'électricité. Le système industriel qui sera étudié « réseaux électriques » est conçu et exploité pour acheminer l'électricité depuis les sites de production jusqu'aux usagers en grand quantités, ce système complexe en volume et en diversité des composants à maintenir (générateurs, transformateurs, lignes, contrôleurs, systèmes de protection...) nécessite un savoir-faire en entretien non négligeable.

Le travail que nous allons effectuer se situe au niveau de l'entreprise SONATRACH de Bejaia. Cette dernière est alimentée par deux lignes 30kV pour une puissance apparente de 500MVA. Et qui est l'étude et dimensionnement électrique des pompes de chargements de terminal marin Nord SONATRACH Bejaia.

Ce travail sera structuré comme suit :

Le premier chapitre sera consacré aux définitions et généralités des réseaux électriques ces composants, ça sureté et ça protection....

Le deuxième chapitre donne un aperçu général sur l'organisme d'accueil (SONATRACH) pour la présentation générale de l'entreprise.

Dans le troisième chapitre nous aborderons une présentation brève des différents tronçons présentés dans le schéma unifilaire, puis nous procèderons au calcul du bilan de puissance et choisir le transformateur adéquat pour notre installation.

Au dernier chapitre, nous choisirons les sections des conducteurs, la détermination des courts de courts circuits et les chutes de tensions.

Enfin, nous terminerons ce mémoire par une conclusion, où nous évoquerons les principaux apports de ce travail.

Chapitre I : Généralités sur les installations électriques

I.1 Introduction

L'exploitation du réseau électrique consiste à produire, transporter et distribuer l'énergie demandée par les charges installées. Cette énergie doit être fournie sous tension et fréquence dans de limites acceptables afin de garantir un bon fonctionnement des charges et des équipements du réseau.

Dans ce chapitre nous illustrons les différents types des réseaux et postes électriques ainsi que les équipements utilisés en arrivant à la protection électrique, et en finissons par les normes électriques.

I.2 Les réseaux électriques

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité. Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs (voir la figure I-1 ci-dessous) [1].

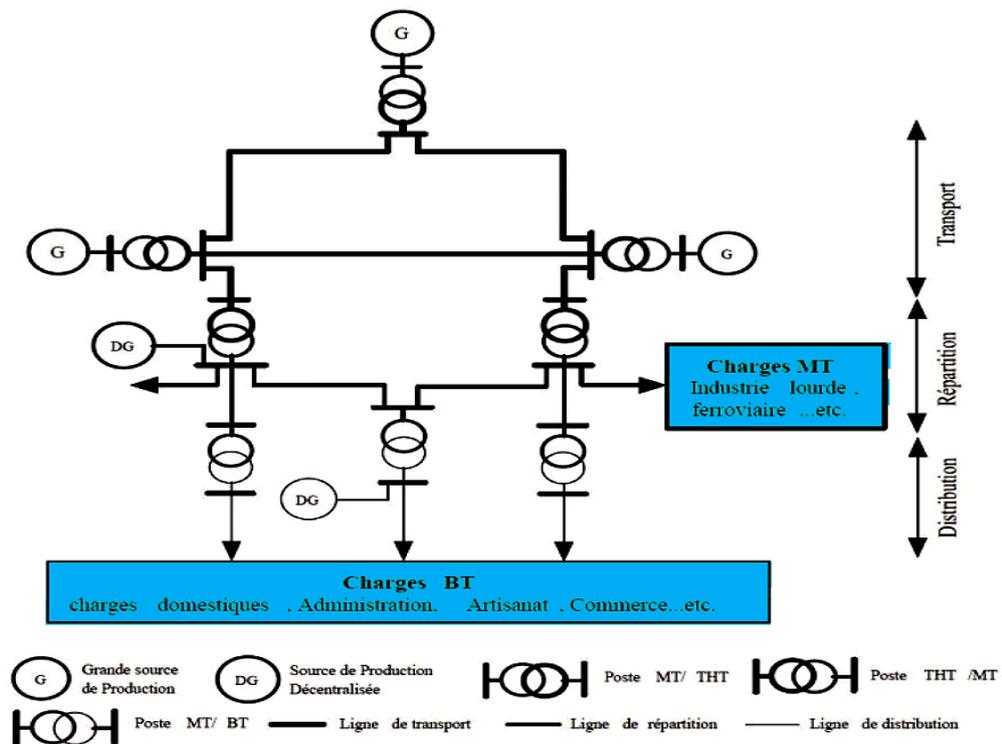


Figure I-1: Schémas globale d'un réseau électrique [1].

I.3 Les différents types des réseaux électriques

Les réseaux électriques sont décomposés en trois sous-systèmes : la production, le transport et la distribution. Chaque sous-système est relié par des postes chargés de l'adaptation des niveaux de tension. Ces réseaux utilisent des courants alternatifs à basse fréquence (50Hz ou 60Hz) [2].

Nous distinguons trois types de réseaux électriques :

I.3.1 Les réseaux de transport et d'interconnexion

Ces réseaux assurent le transport et l'interconnexion (voir la figure I-2 ci-dessous) en très haute tension et en haute tension vers les points de consommation et de répartition. Ces réseaux comprennent les centrales de production ainsi que les lignes et les postes de transformation, leurs rôles sont :

- ♦ De collecter l'électricité produite par les centrales importantes et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport).
- ♦ De permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation des différents aléas (fonction interconnexion)[3].

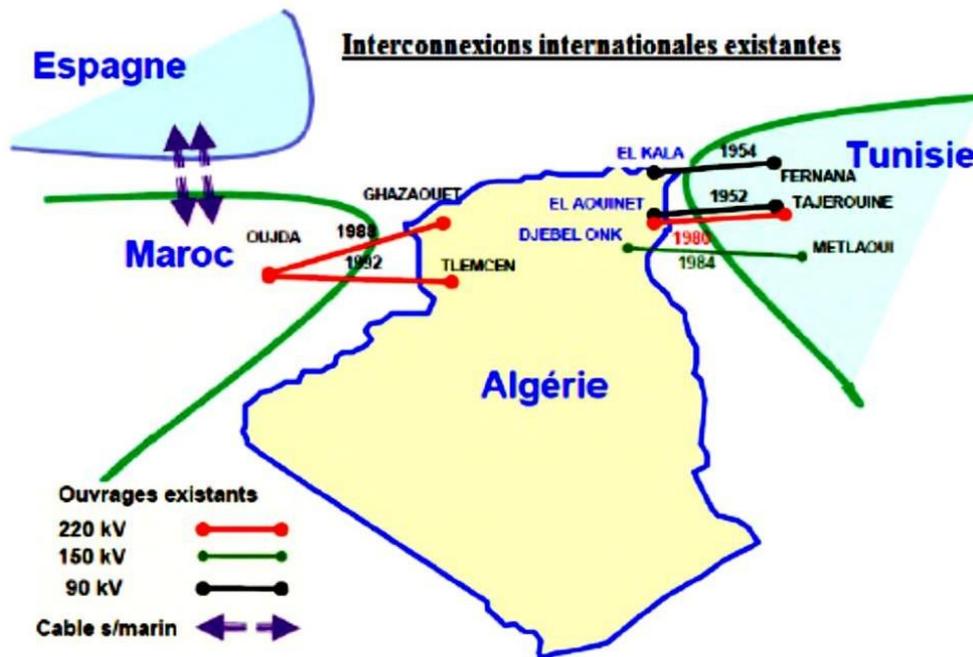


Figure I-2: Interconnexions internationales existantes avec l'Algérie [4].

I.3.2 Les réseaux de répartition

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

Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation.

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

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

- ◆ La tension est 90 kV ou 63 kV.
- ◆ Neutre à la terre par réactance ou transformateur de point neutre.
- ◆ Limitation courant neutre à 1500 A pour le 90 kV.
- ◆ Limitation courant neutre à 1000 A pour le 63 kV.
- ◆ Réseaux en boucle ouverte ou fermée. [3].

I.3.3 Les réseaux de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV et des postes de transformation HTB/HTA avec l'aide des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA. Le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique [3].

Ils ont pour rôle de fournir aux réseaux d'utilisation la puissance dont ils ont besoin. Ils utilisent deux tensions :

- ◆ Des lignes à moyenne tension (MT ou HTA) alimentées par des postes HT/MT et fournissant de l'énergie électrique, soit directement aux consommateurs importants soit aux différents postes MT/BT.

- ◆ Des lignes à basse tension qui alimentent les usagers soit en monophasé soit en triphasé. Les réseaux MT font pratiquement partie, dans leur totalité des réseaux de distribution.

I.4 Les différentes structures du réseau électrique

Il existe 3 structures basées sur les qualités de service [3] :

I.4.1 Réseau à structure radiale :

C'est une structure ultra simple dont le schéma unifilaire est une arborescence, à l'origine se trouve un poste (HT/MT) relié a des réseaux de répartition constitués de postes (MT/BT) qui assure la distribution de l'énergie électrique.

Parmi les avantages de ce type de réseau c'est qu'il est extra simple à étudier et à construire, en cas de défaut il suffit d'ouvrir l'appareille de protection placée en tête de ligne, ainsi dans toutes les branches. L'énergie circule dans un sens bien défini, ce qui permet de protéger et de commander celle-ci d'une façon simple, donc par un matériel peut onéreux.

Toutefois, ce genre de réseau présent des lacunes, en effet il provoque une grande chute de tension comparativement à d'autres distributions. De plus, le réseau radial ne peut assurer une bonne continuité de service, du fait qu'un incident ou une coupure entraîne la mise hors service du réseau sans aucune possibilité de réalimentation de secours.[3]

I.4.2 Réseau à structure bouclée

Une structure bouclée se distingue par l'existence d'un certain nombre de boucles fermées, contenant un nombre limité de sources.

L'avantage principal de ce type de réseau est qu'en cas de défaut d'un élément la continuité de service est toujours assurée, car la mise hors tension d'un tronçon bien défini n'entraîne pas des surcharges inadmissibles pour les autres.

L'inconvénient de ce type de réseau est lié au coup de réalisation et de sa mise en œuvre qui est très importante sans compter le coup des protections [3].

I.4.3 Réseau à structure maillée

Les réseaux maillés sont des réseaux où les liaisons forment des boucles réalisant une structure semblable à la maille d'un filet.

Ce type de réseau présente l'avantage d'offrir d'une meilleure sécurité d'exploitation et une continuité de service pour les consommateurs, car en cas de défaut il suffit d'isoler le tronçon défectueux entre les deux nœuds.

Son inconvénient réside au niveau de l'étude de ce type de réseau qui est très complexe, aussi sa réalisation est plus coûteuse par rapport à d'autres types de réseaux électriques [3].

I.5 Les différents types des postes électriques

Le poste est un ensemble de nœuds ou les différentes branches du réseau (lignes aériennes, souterraine, transformateurs...) sont interconnectés (voir la figure I-3). [3]



Figure I-3: Poste électrique [6].

On distingue, suivant les fonctions qu'ils assurent, plusieurs types de postes :

I.5.1 Les postes à fonction d'interconnexion

Des postes qui comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs, etc.) de même tension peuvent être aiguillés.

I.5.2 Les postes de transformation,

Les postes de transformation dans lesquels il existe au moins deux jeux de barres à des tensions différentes liés par un ou plusieurs transformateurs.

I.5.3 Les postes mixtes

Les plus fréquents, qui assurent une fonction dans le réseau d'interconnexion et qui comportent en outre un ou plusieurs étages de transformation.

Les actions élémentaires inhérentes aux fonctions à remplir sont réalisées par l'appareillage à haute et très haute tension installée dans le poste et qui permet :

- ◆ D'établir ou d'interrompre le passage du courant, grâce aux disjoncteurs.
- ◆ D'assurer la continuité ou l'isolement d'un circuit grâce aux sectionneurs.
- ◆ De modifier la tension de l'énergie électrique, grâce aux transformateurs de puissance.

I.6 Les différents éléments de poste électrique

On distingue parfois les éléments d'un poste en "éléments primaires" (les équipements moyenne tension) et "éléments secondaires" (équipements basse tension)

Parmi les équipements primaires, on peut citer [5] :

- ◆ Transformateur électrique.
- ◆ Autotransformateur électrique.
- ◆ Disjoncteur à haute tension.
- ◆ Sectionneur.
- ◆ Sectionneur de mise à la terre.
- ◆ Parafoudre.
- ◆ Transformateur de courant.
- ◆ Transformateur de tension.
- ◆ Combiné de mesure (courant + tension).
- ◆ Jeux de barres.

Parmi les éléments secondaires on peut citer :

- ◆ Relais de protection.
- ◆ Équipements de surveillance.
- ◆ Équipements de contrôle
- ◆ Système de télé conduite.
- ◆ Équipements de télécommunication.

I.6.1 Transformateur de puissance

Un transformateur, est un appareil électromagnétique statique destiné à transformer une tension d'une certaine valeur (grandeur) à une autre tension de valeur plus grande ou plus petite. [6]

Il existe deux types de transformateur : [6]

- ◆ Transformateur éleveurs U primaire inférieur à U secondaire.
- ◆ Transformateur abaisseurs U primaire supérieur à U secondaire.

I.6.2 Disjoncteur

Un disjoncteur, est un appareil qui est destiné à établir, supporté et interrompre des courants sous sa tension assigne (tension maximale de réseau). Son ouverture n'est pas considérée comme une coupure visible : C'est-à-dire les contacts fixes et mobiles se trouvent dans une chambre de coupure (enveloppe en porcelaine) remplie soit de gaz SF6 ou air comprimé ou bien de l'huile isolante BORAK. Selon la nature du produit d'extinction de l'arc dans la chambre de coupure (gaz SF6 / air comprimé / huile) on les appelle : [6]

- ◆ Disjoncteur à gaz SF6.
- ◆ Disjoncteur à air comprimé.
- ◆ Disjoncteur à faible volume d'huile.

I.6.3 Sectionneur

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion, sa manœuvre doit s'effectuer hors charge, il permet de séparer un départ ou une ligne de la source d'énergie et d'assurer la garantie de l'isolement du circuit. Un sectionneur peut être motorisé ou pas c'est-à-dire équipé d'une commande électrique en local ou à distance (cas d'un sectionneur motorisé). [6]

I.6.4 Sectionneur de mise à la terre

Un sectionneur de mise à la terre, est un sectionneur de sécurité qui isole un circuit et qui grâce à la mise à la terre empêche l'apparition de toute tension sur la ligne pendant les réparations. [6]

I.6.5 Transformateur de courant

Le transformateur de courant, est un élément qui permet d'obtenir au niveau de son secondaire un courant d'une intensité proportionnelle à celle du courant du réseau sur lequel

il est raccordé. Il alimente des appareils de mesures et de comptage et des relais de protection. [6]

I.6.6 Transformateur de tension

Un transformateur de tension, est un élément qui permet d'obtenir au niveau de son secondaire une tension proportionnelle à celle du réseau sur lequel il est raccordé. Il alimente en général des appareils de mesure, de contage et des relais de protection. Il est constitué d'un enroulement primaire, d'un circuit magnétique, d'un ou plusieurs enroulements secondaires, le tout enrobé dans une résine isolante. [6]

I.6.7 Jeux de barres

Les jeux de barres, sont des éléments importants dans les schémas des réseaux électriques à exploitation industriels. Ils représentent les points de la concentration d'énergie électrique et en second lieu d'une organisation électrique répartie. Une barre est constituée par trois conducteurs, portés par des isolateurs sur un châssis métallique. Le rôle principal des barres est la répartition de la tension sur plusieurs départs autrement dit de les faire alimenter en dérivation. [6]

I.7 La protection électrique

Le rôle de protections d'un réseau électrique, est d'assurer la sécurité des personnes et des biens ainsi que la continuité de service, c'est à dire la permanence de l'alimentation des différents récepteurs. [6]

Pour cela ces protections doivent pouvoir faire face à un certain nombre d'incidents inévitables :

- ◆ Surcharges.
- ◆ Conditions anormales de fonctionnement.
- ◆ Fausse manœuvre.
- ◆ Vieillessement et détérioration des isolants.

En bref un système de protection bien établi doit répondre aux exigences suivantes :

- ◆ Eliminer seule la partie affectée d'un défaut.
- ◆ Être rapide et préserver la stabilité du réseau et la continuité de fonctionnement
- ◆ Avoir un comportement d'autonomie.
- ◆ Être fiable, et préserver la sécurité des personnes et des biens

I.7.1 Le rôle de système de protection dans un poste

Le système de protection permet d'éviter les conséquences et les incidents qui peuvent être dangereux pour les personnes et pour le matériel. Pour cela ils doivent : [6]

- ◆ Assurer la protection des personnes contre tout danger électrique.
- ◆ Limiter les contraintes thermiques, diélectriques et mécaniques auxquelles est soumis le matériel.
- ◆ Assurer la stabilité d'un réseau électrique.

I.7.2 Qualités fondamentales d'une protection électrique

Une protection électrique se doit de posséder les qualités suivantes : [6]

- ◆ Rapidité.
- ◆ Sureté.
- ◆ Sécurité.
- ◆ Fiabilité.
- ◆ Sélectivité.
- ◆ Sensibilité.
- ◆ Disponibilité

I.7.3 Protection de ligne HTB

La protection de ligne HTB peut être divisée en deux types principaux : [6]

- **Protection principale à distance (relais de distance)** : A la capacité de détecter une panne à une distance prédéfinie sur une ligne de transport ou un câble d'alimentation depuis son Emplacement.
- **Protection différentielle (relais différentielle)** : Le système de protection des lignes, contient un appareil sur chaque côté de la ligne qu'on veut protéger à condition d'y avoir un moyen pour transmettre le signal entre les deux appareils comme câble pilote

I.7.4 Protection des départs HTA

La protection de ligne HTA peut être divisée en deux types principaux :

- ◆ **Protection contre les défauts entre phases** : La protection contre les défauts entre phases est assurée par deux relais à d'intensités sensibles aux courants des deux

phases. La protection contre les défauts polyphasés sera à deux seuils de réglage et de temporisation à temps constant. [6]

- ♦ **Protection contre les défauts entre phases et terre** : La détection des défauts à la terre doit s'effectuer au niveau de chaque départ MT, à l'aide d'un relais de courant résiduel. Ce relais, est sensible en cas de défaut à la terre ou de la composante homopolaire du courant de défaut.

I.7.5 Protection des lignes HTA contre les surcharges

- ♦ **Parafoudre** : Ce sont des appareils de protection contre les surtensions dues à la foudre directe ou indirecte. Ils ont pour rôle de limiter en écoulant à la terre le courant de foudre.
- ♦ **Éclateurs** : Les éclateurs sont destinés à protéger les lignes et les appareils (transformateur), ils ont pour rôle la protection contre le court-circuit et la surcharge du a la foudre.

I.7.6 Protection des jeux de barres

Les jeux de barres sont rarement le siège de défauts à cause de leurs petites longueurs et leurs petits diamètres. Mais il est nécessaire de prévoir leurs éliminations le plus rapidement possibles, car ils peuvent engendrer des dégâts importants comme ils peuvent déstabiliser une partie ou tout le réseau. La protection des jeux de barres peut être effectuée par une protection différentielle comme elle peut être effectuée par une protection de masse. [6]

- ♦ **La Protection différentielle de jeu de barre** : C'est la protection la plus utilisée pour protéger les jeux de barres car elle est très rapide et Sélective. Elle est la plus efficace pour garantir l'élimination sûre de tout défaut sur le jeu de barre. Son principe repose sur la comparaison entre le courant arrivant de la source et la somme des courants sortant par les départs. On dit que le jeu de barre est sain si la différence des courants est nulle, dans le cas contraire, il existe un défaut et l'appareil de coupure associé se déclenche. [6]

I.7.7 Protection d'un transformateur

Le transformateur est un élément particulièrement important sur le réseau. Il est nécessaire de le protéger efficacement contre tous les défauts susceptibles de l'endommager (surcharge court-circuit) qu'ils soient internes ou externes. [6]

♦ **Surcharge** : On utilise une protection à image thermique pour le surveiller avec une meilleure sensibilité, l'élévation de la température et l'échauffement sont déterminés par simulation du dégagement de la chaleur en fonction du courant et de l'inertie thermique du transformateur.

♦ **Court-circuit** : Une protection de courant phase instantanée associée au disjoncteur situé au primaire du transformateur assure la protection court-circuit violents au primaire. Le seuil de courant est réglé à une valeur supérieure au courant du a un court-circuit au secondaire.

I.8 La Normalisation en électricité

Il existe en réalité trois normalisations en électricité : [1]

- ♦ Internationale : La CEI.
- ♦ Européenne : Le CENELEC.
- ♦ Française : L'UTE.

Lesquelles élaborent plusieurs types de documents :

- ♦ Publications ou recommandations de la CEI.
- ♦ Documents d'harmonisation (HD) ou normes européennes (EN) du CENELEC.
- ♦ Normes homologuées et normes enregistrées de l'UTE laquelle édite également des guides ou publications UTE (qui ne sont pas des normes).

Il existe deux grandes familles de normes qui visent d'une part la construction du matériel électrique et d'autre part la réalisation des installations électriques. Les principales normes de réalisation sont :

- ♦ La NF C 15-100 : Installations électriques à basse tension.
- ♦ La NF C 13-100 : Postes de livraison.
- ♦ La NF C 13-200 : Installations électriques à haute tension.
- ♦ La NF C 14-100 : Installations de branchement (basse tension)

Parmi les normes de conception beaucoup plus nombreuses citons en particulier :

- ♦ La NF C 20-010 : Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes
- ♦ La NF C 20-030 : Règles de sécurité relatives à la protection contre les chocs électriques.
- ♦ La NF C 71-008 : Baladeuses.

Une marque de conformité est gravée sur les appareils, un appareil conforme à une norme est un gage de sécurité.

I.8.1 Organisme de normalisation

Exemple d'organisme de normalisation : [1]

- ◆ AFNOR : Association Française de Normalisation.
- ◆ UTE : Union Technique de l'électricité.
- ◆ CEI : Commission Electrotechnique Internationale.
- ◆ CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique.

Des exemples de Norme CEI et leur domaine de spécification (voir le tableau I-1)

NORMES	DESIGNATION
CEI 60 364	Installations électriques Basse Tension
CEI 60 529	Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)
CEI 60 947-1	Appareillages Basse Tension – Règles générales
CEI 60 947-2	Appareillages Basse Tension _ Disjoncteurs
CEI 60 947.3	Appareillages Basse Tension – Interrupteurs, sectionneurs
CEI 61 000	Compatibilité électromagnétique (CEM)
CEI 61 140	Protection contre les chocs électriques
CEI 61 143_1	Parafoudres Basse Tension
CEI 61 921	Condensateurs de puissance – Batterie de compensation de facteur de puissance BT

Tableau I-1: Organismes de normalisations et normes internationales [1].

Le choix du niveau de tension et de la fréquence dépend du résultat techno-économique et des considérations historiques. Par ce fait chaque pays a ses différents niveaux de tensions et aussi ses fréquences (voir le tableau I-2) [1].

NORMES	DESIGNATION
NF C 15_100	Installation électrique BT et guide technique
NF C 14_100	Installations de branchement de 1ère catégorie comprises entre le réseau de distribution publique et l'origine des installations intérieures.
NF C 13_200	Installation électrique Haute Tension
NF C 13_102	Postes simplifiés préfabriqués sous enveloppe
NF C 13-100	Poste de livraison HTA/BT raccordé à un réseau de distribution de 2ème catégorie.

Tableau I-2: Décret et norme en Algérie [1].

La norme NF C 15-100 et NF C13-200 en Algérie définit les niveaux de tension comme l'indiqué le (tableau I-3 ci-dessous). [1]

Domaine de tension		Tension de connexion (Un)	
Domaine de basse tension	Domaine BT	TBT	$Un \leq 50V$
		BTA	$50 V \leq Un \leq 500 V$
		BTB	$500 V \leq Un \leq 1 kV$
Domaine de Haute Tension	Domaine HTA	HTA1	$1 kV \leq Un \leq 40 kV$
		HTA2	$40 kV \leq Un \leq 50 kV$
	Domaine HTB	HTB1	$50 kV \leq Un \leq 130 kV$
		HTB2	$130 kV \leq Un \leq 350 kV$
		HTB3	$350 kV \leq Un \leq 500 kV$

Tableau I-3: Les niveaux de tension en Algérie selon la norme NF C 15-100 et la NF C13-200.[1]

I.9 Conclusion

Dans ce premier chapitre nous avons présenté les différents types des réseaux électriques, ainsi qu'on a présenté les équipements des réseaux existants et le rôle de système de protection électrique et les différentes normes électriques en citant quelques exemples

Chapitre II : Présentation de l'entreprise

II.1 Introduction

Depuis de nombreuses années le pétrole est une source d'énergie très importante dans notre société, celui-ci étant une matière première jouant un rôle primordial qui demande une attention très particulière, du fait de son omniprésence dans tous les domaines de la société, son présent et son devenir restent au cœur de l'attention.

La production massive engendrée par les désirs de la société actuelle accroît la consommation en pétrole. De toute façon l'or noire devient un des moteurs de l'économie mondiale, mais l'enjeu pétrolier ne s'arrête pas à cela : des tensions politiques apparaissent à travers le monde car le pétrole est un matériau très polluant, au fur et à mesure le pétrole gagne de l'importance malgré les problèmes qu'il représente. [1]

II.2 Description de l'entreprise SONATRACH

Sonatrach-RTC (Bejaia) : société nationale de recherche d'exploitation du transport et la commercialisation des hydrocarbures, elle a été créée le 31 décembre 1963. La volonté de l'Algérie de récupérer ses richesses naturelles et d'assurer pleinement le contrôle de leurs exploitations amena à nationaliser la production des hydrocarbures le 24 février 1971, par la signature d'une ordonnance définissant le cadre d'activité des sociétés étrangères en Algérie.

Au début des années 80 La restructuration de SONATRACH se mit en œuvre, cette étape figure parmi les plus importantes dans le développement de la société. D'autres étapes ont été suivies toutes aussi importantes, notamment la réorganisation des structures de la société en activités particulièrement les activités Aval et Amont. Par ailleurs, de nombreux contrats de partenariats avec les compagnies étrangères américaines ainsi qu'à l'étranger, SONATRACH a pu développer son statut de compagnie pétrolière solide.

L'oléoduc Haoud El Hamra-Bejaïa, est le premier pipeline construit en Algérie en 1959 par la Société SOPEG. Elle est d'une longueur de 660,72 Km et d'un diamètre de 24 pouces.

Pour l'année 2017 le groupe pétrolier algérien Sonatrach occupe la première place du classement des 500 premières entreprises africaines. La société angolaise Sonangol occupe la deuxième place suivie par le grand groupe sud-africain. [1]

II.3 Principales activités de SONATRACH

Sonatrach opère dans des gisements géants, dans différentes régions du Sahara algérien et on trouve parmi ses principales activités [1] :

II.3.1 Activité amont

- ◆ Exploration.
- ◆ Recherches et développement.
- ◆ Production.
- ◆ Forage.
- ◆ Engineering et construction.
- ◆ Associations en partenariat.

II.3.2 Activité avale

- ◆ Liquéfaction du gaz naturel et séparation des GPL.
- ◆ Raffinage du pétrole.
- ◆ Pétrochimie.
- ◆ Études et développement de nouvelles technologies.

II.3.3 Activité transport par canalisations

- ◆ Stockage d'hydrocarbures liquides.
- ◆ Transport par canalisation d'hydrocarbures liquides gazeux depuis les lieux de la production primaires à travers le réseau secondaire et principal.
- ◆ Le chargement des navires pétroliers.

II.3.4 Activité commercialisation

- ◆ Commercialisation extérieure.
- ◆ Commercialisation sur le marché intérieur.
- ◆ Transport maritime des hydrocarbures.

II.4 La direction régionale de Bejaia (D.R.G.B) :

La DRGB est située à 2 Km au sud-ouest de la ville de Bejaia et se trouve dans la zone industrielle, elle est divisée en deux parcs de stockage (nord et sud), elle comprend également le port pétrolier qui se trouve à environ 8 Km au nord de cette dernière, où il y a un autre parc

de stockage (Boué). Elle a ainsi sa direction des stations de pompage qui a pour rôle d'aspirer et de pomper les produits de la source vers la raffinerie d'Alger et vers le terminal de Bejaia. (Voir la figure II-1 ci-dessous) [7].



Figure II-1: D.R.G.B de Bejaia [6]

La direction régionale de Bejaïa est une direction parmi les 7 directions opérationnelles composant l'activité de transport par canalisation avec les régions de [6]:

- ◆ Région transport de Haoud El- Hamra (RTS).
- ◆ Région transport centre - Bejaia (RTC).
- ◆ Région transport d'Ain Amenas (RTI).
- ◆ Région transport Ouest Arzew (RTO).
- ◆ Région transport Est-Skikda (RTE).
- ◆ Gazoduc Italie (par El Kala) (GEM).
- ◆ Gazoduc Espagne (par Mostaganem) (GPDF).

Ces deux derniers sont deux gazoducs traversant l'Italie et l'Espagne. La vocation de la DRGB est le transport des hydrocarbures par canalisation, le stockage et chargement des navires [6].

II.5 Le terminal marin de Bejaia

Le Terminal Marin de Bejaïa comporte :

- ◆ Les Parcs de stockage Nord et Sud (*voir figure II-2 ci-dessous*), avec leurs installations d'exploitation.
- ◆ Le réseau des collecteurs reliant les Parcs au Port.

- ◆ Le Port avec ses installations de réception des navires et tout L'équipement de manipulation du pétrole.

Chacun des Parcs de stockage se compose des installations de stockage proprement dites, d'un manifold, d'une pomperie, d'une centrale électrique pour le Parc Nord, d'une sous-station électrique pour le Parc sud. Le Parc Nord comprend douze (12) réservoirs à toile flottant de 35000 m³ de capacité, tandis que le Parc Sud comprend, en état actuel, quatre (4) réservoirs de 50000 m³. Dans chacun des parcs, les réservoirs sont disposés suivant des demi-circonférences concentriques dont le centre géométrique est le manifold.

Le manifold (collecteur) permet les manœuvres suivantes :

- ◆ Envoi du brut arrivant par la ligne vers l'un quelconque des réservoirs.
- ◆ Vidange d'une quelconque capacité de stockage par une ou deux pompes fonctionnant en parallèle.
- ◆ Envoi du brut vers les appoints.
- ◆ Transvasement éventuel d'un réservoir sur l'autre.



Figure II-2: Le Terminale marin de Bejaia [6].

La pomperie est composée essentiellement de sept (7) électropompes Guinard pour le Parc Nord ; six (6) sont des pompes à 3 étages de 2000 m³/h chacune, la septième est une pompe de 1250 m³/h de débit. Elles sont entraînées par des moteurs asynchrones à courant triphasé. Et pour le parc sud la pomperie est constituée actuellement de deux (2) électropompes, entraînées par des moteurs électriques.[6]

II.5.1 Le terminal Nord

On trouve dans ce terminal les éléments suivants [6] :

II.5.1.1 Parc de stockage

Leur Fonction principale est le stockage du brut, il contient douze bacs à toit flottant de capacité volumique de 35 000 m³ chaque bac contient une vanne, deux agitateurs, un jaugeur (transmetteur de niveau et de température) et un système anti-incendie à l'halon pour étouffer le feu en cas d'incendie.

Un bac 4Y1 à toit fixe de capacité de 2900 m³ utilisé pour emmagasiner le brut et le condensat en cas de surpression et lors de nettoyage des bacs. (Voir la figure II-3)



Figure II-3: Parc de stockage

II.5.1.2 Manifold

C'est un ensemble de canalisations de vannes et de pompes de chargement, utilisés pour réceptionner les hydrocarbures venant du Sahara. Il contient sept pompes six vannes chacune d'elle alimente deux bacs et d'autres vannes. Le manifold destiné à assurer en nombre et en direction tous les mouvements du produit (voir la figure II-4) [6] :

- ◆ Réception par pipeligne.
- ◆ Remplissage et vidange sélectif des groupes de réservoirs.
- ◆ Transfert d'un groupe de réservoirs à un autre.



Figure II-4:Manifold

II.5.1.3 Tour de contrôle

C'est une salle dans laquelle on trouve les tables de commande pour le terminal nord et sud, pour commander l'ouverture des vannes, la sélection du bac de la pompe et du chemin de circulation du fluide, en plus la tour est située à une hauteur importante permettant de visualiser l'état des vannes et des bacs. (Voir la figure II-5) [6]



Figure II-5:Tour de contrôle.

II.5.2 Organigramme RTC de Bejaïa

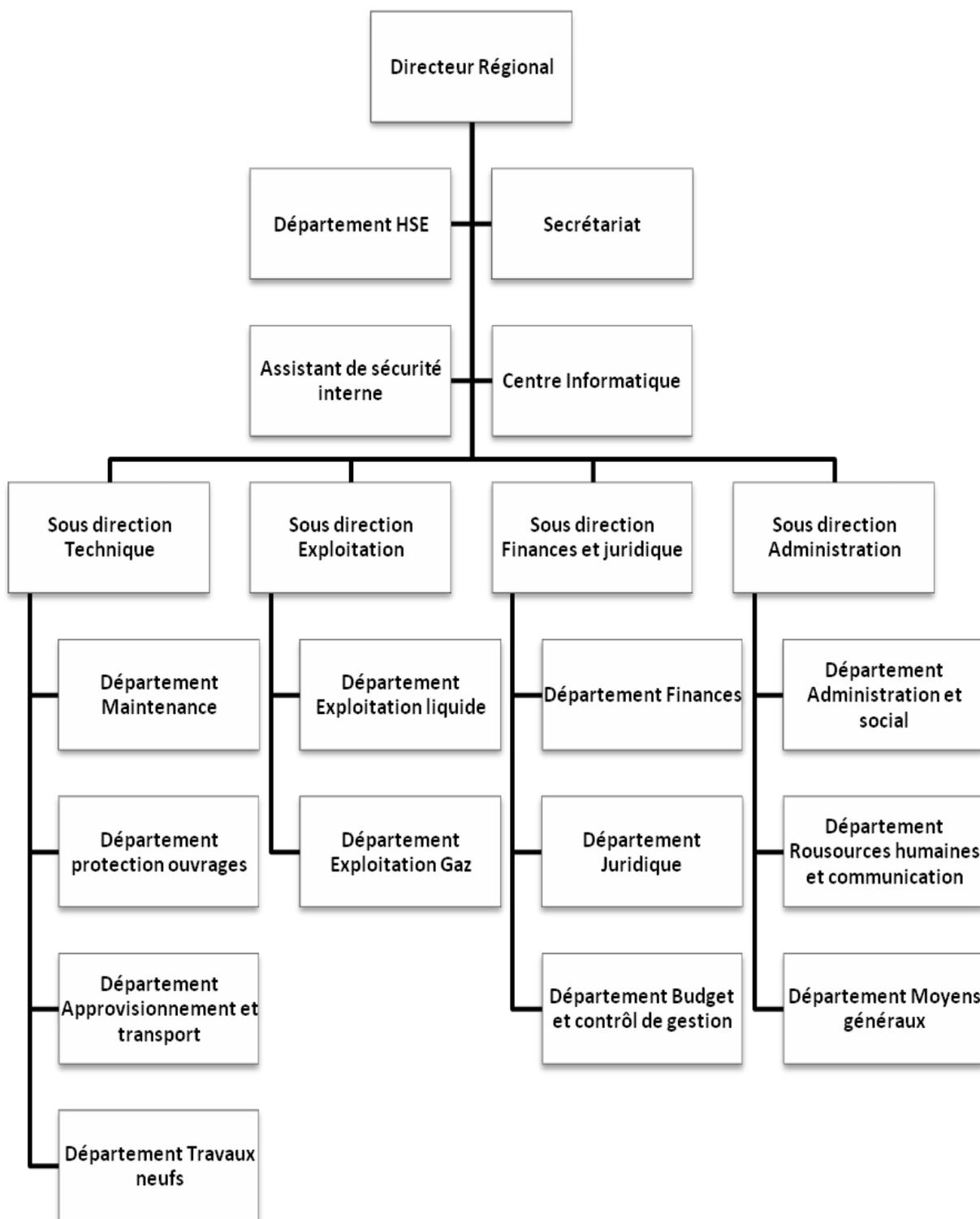


Figure II-6: Organigramme de RTC Bejaïa

II.6 Notions diverses

II.6.1 Pétrole

Mots latin « Petra deum » qui signifie huile de pierre. Liquide huileux inflammable dont la couleur varie du vert au noir. Le pétrole, est un mélange de substances appelées hydrocarbures. Constitués d'un nombre différent d'atomes, de carbone, d'hydrogène et de molécules de taille et de structure différentes, ce qui détermine leur état physique soit solide ou liquide ou bien gazeux. [1]

II.6.2 Condensat

Le condensat, est un liquide de gaz naturel composé d'un mélange d'hydrocarbures avec des fractions plus légères de gisements de gaz naturel, on l'appelle également essence naturelle. [1]

II.6.3 Station de pompage

C'est une installation composée de plusieurs machines qui permet de régulariser le débit des produits transportés en exerçant une pression pour les faire parvenir à la prochaine station de pompage. [1]

II.6.4 Pipeligne

Est une canalisation servant au transport à moyennes et grandes distances des liquides. Elle est appelée oléoducs, elle sert au transport du pétrole brut et gazoduc. Elle est caractérisée par son diamètre, son épaisseur et la matière dont elle est fabriquée ainsi que par sa résistance à la pression. [1]

II.6.5 Raffinerie

Le pétrole utilisé directement sous sa forme brute est soumis à diverses opérations de transformation (séparation et mélange... etc.) qui constituent le raffinage avant d'être consommé dans divers domaines. C'est ainsi que plusieurs entreprises s'engagent à construire des usines de raffinage du pétrole brut. [1]

II.6.6 La gare racleur

Chaque station de pompage possède une gare racleur d'arrivée et une autre de départ c'est un outil qu'on introduit à l'intérieur de l'oléoduc pour nettoyer les parois intérieures de la pipe. La gare racleur est la destination finale du racleur. [1]

II.6.7 Système anti incendie

Il comprend deux bassins d'eau d'une capacité de 8 000 m³ et de 600 m³ qui alimentent tout le réseau anti-incendie. [1]

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une description générale de l'entreprise Sonatrach et ses principales activités, et on a parlé sur la direction régionale de Bejaia (D.R.G.B) et les éléments qu'on trouve dans terminal Nord de Bejaia

Bilan de puissance de l'installation

III.1 Introduction

Tous les projets de réalisation d'ouvrages électriques doivent être dimensionnés selon la situation et les conditions du client, pour implémenter ce dimensionnement nous devons avoir les données nécessaires qui seront regroupées pour mettre au point le bilan de puissance.

Notre travail dans ce chapitre est de présenter le schéma unifilaire de l'installation, ainsi que les puissances des équipements, ensuite, nous allons calculer la puissance installée et la puissance utilisée afin de bien dimensionner le transformateur adéquat pour un bon fonctionnement.

III.2 Présentation du projet

Projet :

III.3 Présentation du réseau existant

La SONATRACH de Bejaia est alimentée par SONELGAZ par deux lignes électriques de 30 kV [7] :

Le réseau interne de l'entreprise est composé de :

- ◆ Poste de livraison MT.
- ◆ Trois transformateurs MT/MT et MT/BT (TR1 et TR2 de 5500 kVA, TR3 de 1250 kVA)
- ◆ Générateur de secours de 630 kVA.

Il existe trois niveaux de tension 30 kV, 5.5 kV et 0.4 kV.

III.3.1 Terminal Marin Nord :

III.3.1.1 Poste de livraison MT de 30 kV :

Le poste de livraison est équipé de diverses cellules qui sont [7] :

- Cellule de protection générale équipée d'un disjoncteur.
- Cellule de comptage équipée d'un appareil de comptage MT.
- Cellules de départ équipé de disjoncteurs.
- Jeux de barres de raccordement entre l'arrivée et les différentes cellules.

Terminal Marin Nord est composé aussi de :

- Deux transformateurs 30/5.5 kV de puissance de 5.5 MVA couplé en ΔyN .
- Deux transformateurs 30/0.4 kV de puissance de 1.25 MVA couplé en ΔyN .
- Un tableau général MT de 5.5 kV.
- Générateur de secours de 630 kVA.

a) Jeu de barre 30 kV :

Il comporte un seul jeu de barre de 30 kV où se concentre toute l'énergie électrique et l'organisation des transite de puissance vers les diverses lignes ou transformateur raccordés. Sur ce jeu de barre se raccorde une travée de transformation 30/5.5kV. [7]

b) Jeu de barre 5.5 kV :

Il comporte un seul jeu de barre où se raccorde :

- Trois travées de pompes principales.
- Deux travées de transformateurs 5.5kV/380V.

Il possède deux départs :

- Un départ qui alimente les pompes de chargement de dépôt nord protégé par un disjoncteur.
- Un départ qui alimente un tableau 5.5kV pour le dépôt sud protégé par un disjoncteur. [7]

c) Jeu de barre 0.4 kV :

Il est destiné à alimenter les différents départ basse tension du terminal marin nord. [7]

III.3.2 Plaque signalétique des groupes électropompes

Electropompe M	
Puissance moteur	515 kW
Tension	5500 V
Type Moteur	CS 4 3222
Code Autotransformateur	C 223 017603
Code EMA	C 223 005 336
N° Série	769 S 73
Type	VB185030
Marque	GUINARD
Date d'acquisition	01/06/1961
Emplacement	Terminal Nord
Débit	2500 m ³ /h

Electropompe N	
Puissance moteur	515 kW
Tension	5500 V
Type Moteur	CS 4 3222
Code Autotransformateur	C 223 017602
Code EMA	C 223 005 337
N° Série	796 572
Type	VB185030
Marque	GUINARD
Date d'acquisition	01/11/1961
Emplacement	Terminal Nord
Débit	2500 m ³ /h

Electropompe O	
Puissance moteur	515 kW
Tension	5500 V
Type Moteur	CS 43 222
Code Autotransformateur	C 223 017598
Code EMA	C 223 005 338
N° Série	796 S71
Type	VB 1850 30
Marque	GUINARD
Date d'acquisition	01/11/1961
Emplacement	Terminal Nord
Débit	2 500 m ³ /h

Electropompe P	
Puissance moteur	515 kW
Tension	5500 V
Type Moteur	CS 4 3222
Code Autotransformateur	C 223 017599
Code EMA	C 223 005 339
N° Série	796 S 71
Type	VB185030
Marque	GUINARD
Date d'acquisition	01/11/1961
Emplacement	Terminal Nord
Débit	2500 m ³ /h

Electropompe R	
Puissance moteur	317 kW
Tension	5500 V
Type Moteur	B 500 A
Code Autotransformateur	C 223 018102
Code EMA	C 223 005 340
N° Série	T 796 74
Type	VB 1150-253 ^E
Marque	GUINARD
Date d'acquisition	01/11/1959
Emplacement	Terminal Nord
Débit	1800 m ³ /h

Electropompe S	
Puissance moteur	368 kW
Tension	5500 V
Type Moteur	B 500 M
Code Autotransformateur	C 223 018101
Code EMA	C 223 005 341
N° Série	T 846 108
Type	VB 1850-302E
Marque	GUINARD
Date d'acquisition	01/02/1962
Emplacement	Terminal Nord
Débit	2 200 m ³ /h

Electropompe T	
Puissance moteur	368 kW
Tension	5500 V
Type Moteur	B 500 M
Code Autotransformateur	C 223 018101
Code EMA	C 223 005 341
N° Série	T 846 108
Type	VB 1850-302E
Marque	GUINARD
Date d'acquisition	01/02/1962
Emplacement	Terminal Nord
Débit	2 200 m ³ /h

Tableau III-1: Les plaques signalétique des groupes électropompes

III.3.3 Schéma unifilaire de l'installation

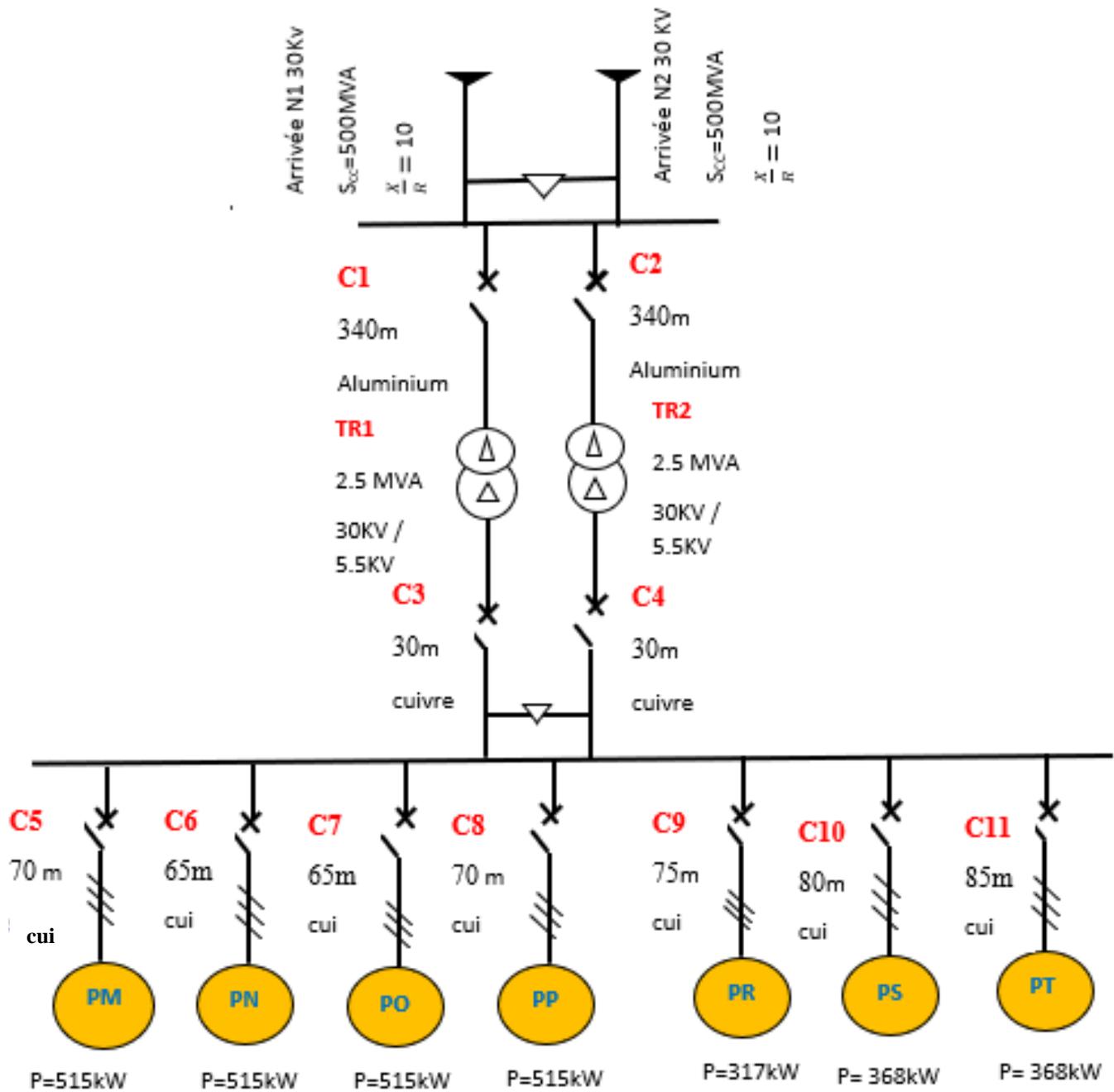


Figure III-1: Schéma unifilaire de l'installation

III.4 Méthodologie de calcul du Bilan de puissance

C'est la première étape essentielle de l'étude de conception d'un réseau. Elle doit cerner et localiser géographiquement les valeurs des puissances actives et réactives. Selon l'étendu du site, les puissances installées, leurs répartitions, l'installation sera divisée en plusieurs zones géographiques (3 à 8 zones). Le bilan des puissances actives et réactives sera alors fait pour chaque zone en appliquant aux puissances installées les facteurs d'utilisation propre à chaque récepteur et le facteur de simultanéité pour le groupement de plusieurs récepteurs ou circuits. [8]

III.4.1 Puissance installée

La puissance active installée, dans une entreprise représente la somme des puissances actives nominales de tous les récepteurs. Cette puissance servira ensuite, au calcul des puissances réellement consommées et ce, en utilisant des facteurs d'utilisation et de simultanéité correspondant à chaque niveau de l'installation et dont les définitions sont données ci-après. [9]

$$P_n = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi \quad (\text{III-1})$$

III.4.2 Puissance utilisée

Elle représente la puissance réellement demandée au point source par les divers circuits d'une installation électrique. Elle est plus faible que la puissance installée vu que les récepteurs n'absorbent pas tous simultanément leurs puissances nominales. Son estimation permet d'évaluer la puissance réellement utilisée. Néanmoins sa détermination nécessite la connaissance des trois facteurs suivants : d'utilisation (k_u), de simultanéité (k_s) et d'extension (k_e) [9]

$$P_u = K_u * P_n \quad (\text{III-2})$$

III.4.3 Facteur d'utilisation K_u

En général, les récepteurs électriques ne fonctionnent pas à leurs puissances nominales d'où l'introduction du facteur d'utilisation pour le calcul de la puissance absorbée. Sachant que pour chaque type de récepteur est associé un facteur d'utilisation bien déterminé. Dans une installation électrique, ce facteur peut être estimé en moyenne à 0.75 pour les moteurs, et 1 pour l'éclairage (voir le tableau III-2). [9]

Utilisation	Facteurs d'utilisation K_u
Eclairage, conditionnement d'air	1
Chauffage électrique, chauffage d'eau	1
Prise de courant (n : nombre de prise de courant alimenter par le même circuit)	Si : $n > 6 \rightarrow 0,6$ $n < 6 \rightarrow 0,1 + (0,9/n)$
Moteur électrique	0.75

Tableau III-2: Facteur d'utilisation.

III.4.4 Facteur de simultanéité K_s

Les récepteurs d'une installation ne fonctionnent pas simultanément. C'est pourquoi il est permis d'appliquer aux différents ensembles de récepteurs (ou de circuit) des facteurs de simultanéité.

La détermination des facteurs de simultanéité nécessite la connaissance détaillée de l'installation considérée et l'expérience des conditions d'exploitation, notamment pour les moteurs et les prises de courant.

On ne peut donc pas donner des valeurs précises applicables à tous les cas. Les normes NF C 14-100, NF C 63-410 et le guide UTEC 15-105 donnent cependant des indications sur ce facteur selon le nombre de récepteurs et selon l'utilisation. [9]

Nombre de récepteurs	Facteur de simultanéité K_s
1 à 3	0.9
4 à 6	0.8
6 à 9	0.7
10 et plus	0.6

Tableau III-3 : Facteur de simultanéité selon le nombre de récepteurs.

III.4.5 Facteur d'extension K_e

Le rôle du facteur d'extension, également appelé facteur de réserve, est de prévoir une augmentation de la puissance absorbée. Le coefficient K_e varie d'un TGMT et un autre de 1 à 1,3 Pour les installations électriques. [9]

III.5 Calcul du bilan de puissance de l'installation

III.5.1 Calcul de la puissance installée

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi} \quad (\text{III-3})$$

$$Q_n = \sqrt{3} * U_n * I_n * \sin \varphi \quad (\text{III-4})$$

$$S_n = \sqrt{3} * U_n * I_n \quad (\text{III-3})$$

$$P_a = \frac{P_n}{\eta} \quad (\text{III-6})$$

$$I_a = \frac{P_a}{\sqrt{3} * U_n * \cos \varphi} \quad (\text{III-7})$$

$$Q_a = \sqrt{3} * U_n * I_a * \sin \varphi \quad (\text{III-8})$$

$$S_a = \sqrt{3} * U_n * I_a \quad (\text{III-9})$$

Un Exemple de calcul pour l'électropompe M :

$$I_n = \frac{515 * 10^3}{\sqrt{3} * 5.5 * 10^3 * 0.87} = 62.14 \text{ A}$$

$$Q_n = \sqrt{3} * 5.5 * 10^3 * 62.14 * 0.5 = 295.98 \text{ kVAr}$$

$$S_n = \sqrt{3} * 5.5 * 10^3 * 62.14 = 591.963 \text{ kVA}$$

$$P_a = \frac{515 * 10^3}{0.98} = 525.52 \text{ kW}$$

$$I_a = \frac{525.52}{\sqrt{3} * 5.5 * 0.87} = 63.41 \text{ A}$$

$$Q_a = \sqrt{3} * 63.41 * 5.5 * 10^3 * 0.5 = 302.03 \text{ kVAr}$$

$$S_a = \sqrt{3} * 5.5 * 10^3 * 63.41 = 604.061 \text{ kVA}$$

Les résultats de calcul de la puissance installée de l'installation sont donnés dans les (Tableau III-4) ci-dessous :

Récepteurs	U (KV)	P_n (KW)	$\cos \varphi$	η	I_n (A)	Q_n (kVAr)	S_n (kVA)	P_a (kW)	I_a (A)	Q_a (kVAr)	S_a (kVA)
Electropompe M	5,5	515	0,87	0,98	62.14	295.98	591.96	525.51	63.41	302.03	603.13
Electropompe N	5,5	515	0,87	0,98	62.14	295.98	591.96	525.51	63.41	302.03	603.13
Electropompe O	5,5	515	0,87	0,98	62.14	295.98	591.96	525.51	63.41	302.03	603.13
Electropompe P	5,5	515	0,87	0,98	62.14	295.98	591.96	525.51	63.41	302.03	603.13
Electropompe S	5,5	368	0,87	0,98	44.4	211.48	422.96	375.51	45.31	215.82	430.97
Electropompe T	5,5	368	0,87	0,98	44.4	211.48	422.96	375.51	45.31	215.82	430.97
Electropompe R	5.5	317	0.87	0.98	38,25	182.19	364.38	323.46	39.01	185.81	371.19

Tableau III-4: Bilan de puissance installé de l'installation M.N.O P.R.S.T

On a donc le bilan des puissances installées de l'installation résumer dans le tableau suivant :

CIRCUIT	I_a (A)	P_a (kW)	Q_a (kVAr)	S_a (kVA)
TOTAL	383.27	3176.52	1825.55	3663.739

Tableau III-5: Le bilan des puissances installées de l'installation

III.5.2 Calcul de la puissance d'utilisation :

La détermination de cette puissance nécessite une bonne connaissance du facteur d'utilisation.

Elle est donnée par la relation suivante :

$$P_u = K_u * P_n \quad (\text{III-10})$$

$$Q_u = K_u * Q_n \quad (\text{III-11})$$

$$S_u = K_u * S_n \quad (\text{III-12})$$

$$P_{ua} = \frac{P_u}{\eta} \quad (\text{III-13})$$

$$O_{ua} = \frac{O_u}{\eta} \quad (\text{III-14})$$

$$S_{ua} = \sqrt{P_{ua}^2 + O_{ua}^2} \quad (\text{III-15})$$

P_u : Puissance active utile demandée.

Q_u : Puissance réactive utile demandée.

S_u : Puissance apparente utile demandée.

P_n : Puissance active nominale.

Q_n : Puissance réactive nominale

S_n : Puissance apparente nominale.

K_u : Facteur d'utilisation.

P_{ua} : Puissance active absorbé.

O_{ua} : Puissance réactive absorbé.

S_{ua} : Puissance apparente absorbé.

Un Exemple de calcul pour l'électropompe M :

$$P_u = 0.75 * 515 = 386.25 \text{ kW}$$

$$Q_u = 0.75 * 295.98 = 221.985 \text{ kVAr}$$

$$S_u = \sqrt{386.25^2 + 221.985^2} = 445.495 \text{ kVA}$$

$$P_{ua} = \frac{386.25}{0.98} = 394,13 \text{ (kW)}$$

$$O_{ua} = \frac{221.985}{0.98} = 226,52 \text{ (kVAr)}$$

$$S_{ua} = \sqrt{394,13^2 + 226,52^2} = 454,587 \text{ (kVA)}$$

Les résultats de calcul sont dans (tableau III-6) ci-dessous :

Récepteurs	P _n (kW)	K _u	K _s	η	P _u (kW)	Q _u (kVAr)	S _u (kVA)	P _{ua} (kW)	Q _{ua} (kVAr)	S _{ua} (kVA)
Electropompe M	515	0.75	/	0,98	386.25	221,985	445.495	394,13	226,52	454,587
Electropompe N	515	0.75	/	0,98	386.25	221,985	445.495	394,13	226,52	454,587
Electropompe O	515	0.75	/	0,98	386.25	221,985	445.495	394,13	226,52	454,587
Electropompe P	515	0.75	/	0,98	386.25	221,985	445.495	394,13	226,52	454,587
Electropompe S	368	0.75	/	0,98	276	158.61	318.323	281,63	161,85	324,821
Electropompe T	368	0.75	/	0,98	276	158.61	318.323	281,63	161,85	324,82
Electropompe R	317	0.75	/	0,98	135.642	136.64	192.533	143,41	139,43	200,02
TOTAL					2232,64	1341.80	2604,81	2283,19	1369,21	2662,27
K_s=0.7					1562,848	939.26	1823,36	1598,233	958,447	1863,59

Tableau III-6: Bilan de puissance utilisé de l'installation M.N.O P.S.T. R

En introduisant un facteur d'extension qui est égal à 1,2 on obtient les résultats suivants :

CICUIT	P _{ua(t)} (kW)	Q _{ua(t)} (kVAr)	S _{ua(t)} (kVA)
TOTAL	1598.330	958.447	1863.590
K_e=1.2	1917.876	1150.136	2236.308

Tableau III-7: La charge totale de l'installation après l'application du facteur d'extension.

Avec :

$P_{ua(t)}$: Puissance active absorbé total après l'utilisation de facteur d'extension.

$Q_{ua(t)}$: Puissance réactive absorbé après l'utilisation de facteur d'extension.

$S_{ua(t)}$: Puissance apparente absorbé après l'utilisation de facteur d'extension

III.5.3 Calcul du facteur de puissance de l'installation :

Le facteur de puissance de toute l'installation est le quotient de la puissance active totale consommée sur la puissance apparente totale fournie c'est-à-dire :

$$\cos \varphi = \frac{P_{ua(t)}}{S_{ua(t)}} \quad (\text{III-4})$$

$$\cos \varphi = \frac{1917.876}{2236.308} = 0.86$$

III.5.4 Choix du transformateur

Pour choisir le transformateur qui va y assurer la puissance totale de l'installation MT, on s'intéresse au bilan de puissance utile, Donc après l'avoir effectué on est arrivé à déterminer la puissance totale utilisé par notre installation qui va nous permettre de déterminer le transformateur de puissance adéquat (**$S_{ua(t)} = 2236.308 \text{ kVA}$**)

Le choix du transformateur se portera sur un transformateur **2500 kVA (30/5.5 kVA)**.

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on s'est basé sur la détermination de bilan de puissance de notre installation. Puis on a calculé les différents types de puissance (actives, réactive, apparentes), ainsi que l'utilisation des différents coefficients, on a pu estimer les puissances utiles des différents récepteurs et la puissance globale qui nous a permis de dimensionner le transformateur MT/MT qui servira à alimenter les sept pompes.

Dimensionnement des équipements de l'installation

IV.1 Introduction

Afin de déterminer les câbles idéals pour notre installation. Dans ce chapitre nous allons calculer les différentes grandeurs électriques (courant, court-circuit, coefficients de correction, les chutes de tension ...) puis les canalisations adéquates qui transitent le courant électrique en supportant toutes les contraintes et les différents appareillages qui constituent le poste dans un ordre bien organisé.

IV.2 Les conditions de dimensionnement des câbles

Le dimensionnement optimal des câbles doit tenir en compte les conditions suivantes :

- ◆ Le mode de pose et la nature des milieux traversés.
- ◆ La température extrême du milieu ambiant.
- ◆ La tension et la nature du courant
- ◆ L'intensité à transporter.
- ◆ La nature de l'âme.
- ◆ La longueur de la liaison.
- ◆ La chute de tension admissible.
- ◆ La valeur du courant de court-circuit et le temps de coupure sur défaut.
- ◆ Des conditions de sécurité, protection contre les contacts indirects.
- ◆ Une condition économique, cette condition, consiste à rechercher la section qui, en régime permanent, rend minimale la somme du coût d'investissement et du coût d'exploitation. [10]

IV.3 La section d'un câble

La détermination de la section de l'âme d'un câble consiste à calculer la plus petite section normalisée qui satisfait simultanément les trois conditions :

◆ Echauffement normal

La température de l'âme en fonctionnement normal et permanent ne doit pas dépasser la température maximale acceptable par les matériaux constituant le câble retenu. Cette condition détermine une section que nous appellerons S_z suivant le courant admissible par le câble.

♦ **Surintensité due à un court-circuit**

La température atteinte par l'âme à la fin d'une surintensité de courte durée due par exemple à un court-circuit, ne doit pas dépasser la température dite de court-circuit admise par les matériaux constituant le câble retenu. Cette condition détermine la section S_{min} .

♦ **Chute de tension**

La chute de tension, provoquée par le passage du courant dans les conducteurs, doit être compatible avec les tensions existantes au départ et souhaitées à l'arrivée. Cette condition détermine une section S .

IV.4 Constitutions d'un câble MT

Le câble MT est constitué de (voir la figure IV-1 ci-dessous) :

- ♦ Ame : cuivre ou Aluminium câblée circulaire de classe 2 (CEI 60128 ou NFC 32-013).
- ♦ Ecran semi-conducteur d'extrudé.
- ♦ Isolant PR.
- ♦ Ecran semi-conducteur extrudé pliable.
- ♦ Ecran en cuivre (posé en hélice).
- ♦ Gaine en PVC spécial

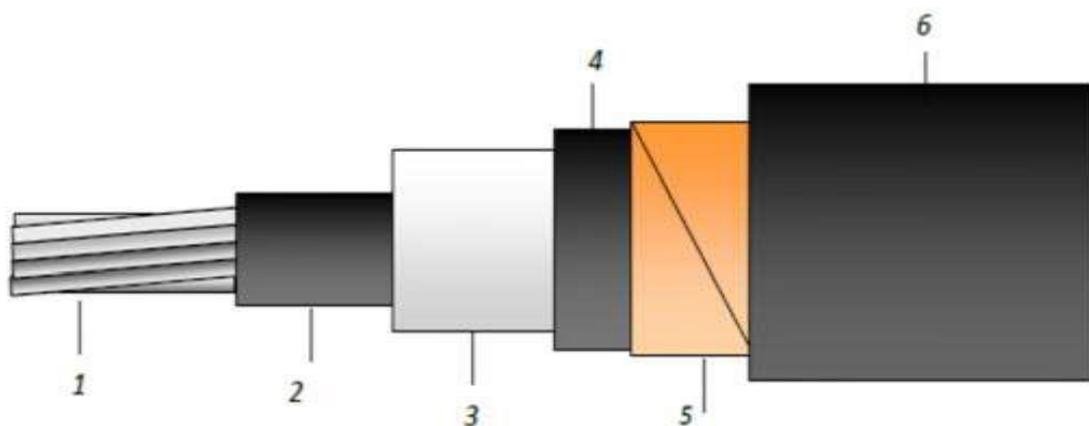


Figure IV-1: Constitution d'un câble MT. [11]

IV.5 Détermination de la section du câble MT

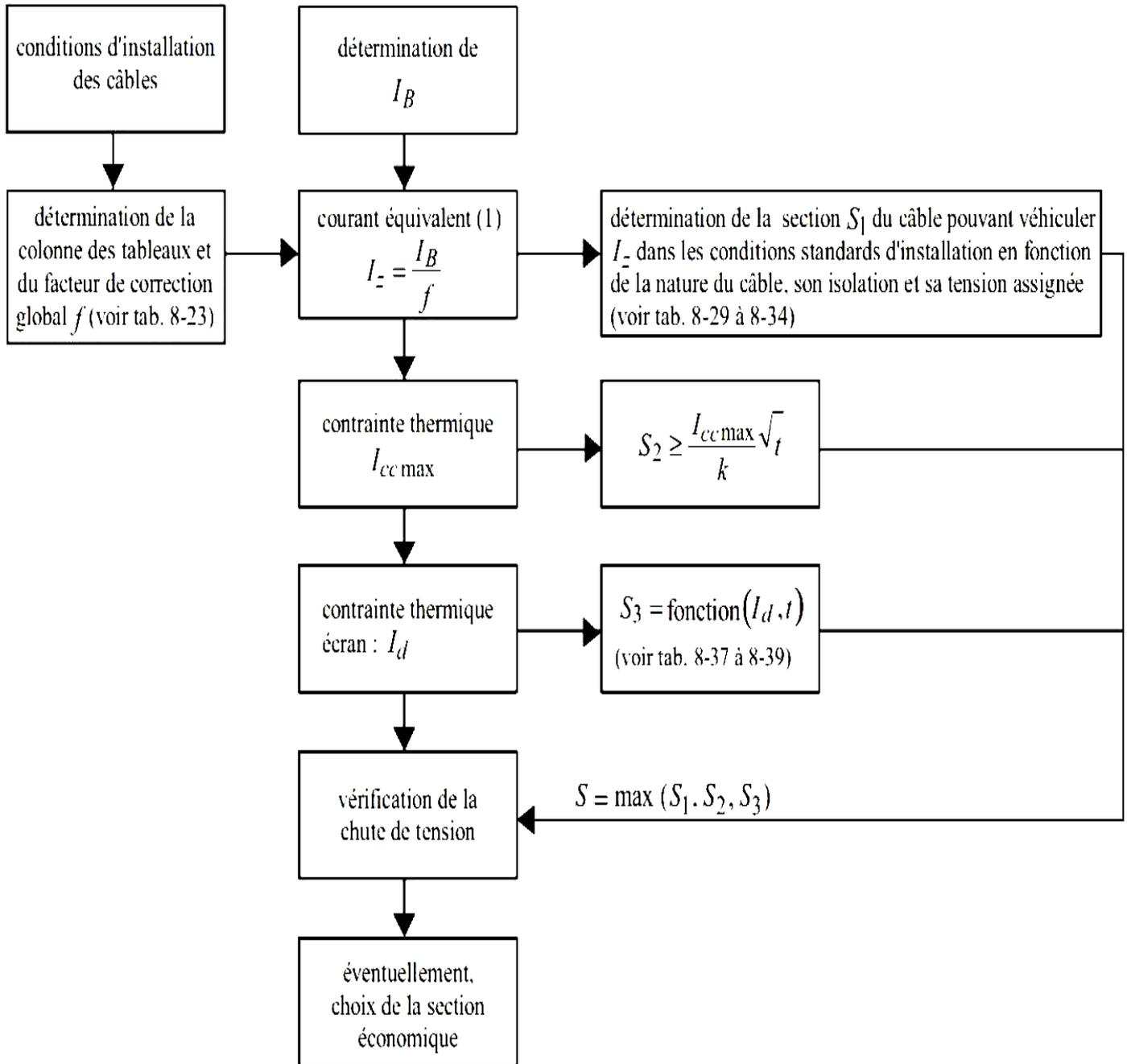


Figure IV-2: Logigramme de détermination de la section minimale d'un câble en moyenne tension. [9]

IV.5.1 Principe de la méthode

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

(Voir la figure IV-2) :

- ◆ Déterminer le courant maximal d'emploi I_b des récepteurs à alimenter.
- ◆ Déterminer la section S_1 satisfaisant l'échauffement de l'âme du câble en régime de fonctionnement normal, qui peut être permanent ou discontinu. Cette étape nécessite la connaissance :
 - Des conditions d'installation réelles de la canalisation, par conséquent du facteur de correction global f .
 - Des valeurs des courants admissibles des différents types de câble dans les conditions standards d'installation.
- ◆ Déterminer la section S_2 nécessaire à la tenue thermique du câble en cas de court-circuit triphasé.
- ◆ Déterminer la section S_3 nécessaire à la tenue thermique de l'écran du câble en cas de Court-circuit à la terre.
- ◆ Vérifier éventuellement la chute de tension dans la canalisation pour la section S retenue. La section technique S à retenir est la valeur maximale parmi les sections S_1 , S_2 et S_3 .
- ◆ Choisir la section économique.

IV.5.1.1 Dimensionnement des câbles

Schéma unifilaire de l'installation est indiqué (*figure III-1 ci-dessus*)

- ◆ Le câble C1 alimente le transformateur TR1 à partir de tableau de 30 kV.
- ◆ Le câble C2 alimente le transformateur TR2 à partir de tableau de 30 kV.
- ◆ Le câble C3 alimente le tableau 5.5 kV à partir de transformateur TR1.
- ◆ Le câble C4 alimente le tableau 5.5 kV à partir de transformateur TR2.
- ◆ Le câble C5 alimente la pompe PM à partir de tableau 5.5 kV.
- ◆ Le câble C6 alimente la pompe PN à partir de tableau 5.5 kV.
- ◆ Le câble C7 alimente la pompe PO à partir de tableau 5.5 kV.

- ◆ Le câble C8 alimente la pompe PP à partir de tableau 5.5 kV.
- ◆ Le câble C9 alimente la pompe PR à partir de tableau 5.5 kV.
- ◆ Le câble C10 alimente la pompe PS à partir de tableau 5.5 kV.
- ◆ Le câble C11 alimente la pompe PT à partir de tableau 5.5 kV.

IV.5.1.2 Caractéristiques des câbles

- ◆ Les canalisations C1 et C2 sont des câbles unipolaires 18/30 (36) kV en aluminium isolés en PR, posés en nappe espacés dans un caniveau préfabriqué, enterré directement dans un sol dans une température de 40°.
- ◆ Le reste des canalisations sont des câbles unipolaires 6/6 (7.2) kV en cuivre isolés en PR, posés en nappe espacés dans un caniveau préfabriqué, enterré directement dans un sol dans une température de 40°.

IV.5.2 Détermination de la section S1 des canalisations

IV.5.2.1 Calcul de courant maximal d'emploi I_b

Le courant maximal d'emploi (I_b) est défini selon la nature de l'installation alimentée par la canalisation. C'est le courant correspondant à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal.

- ◆ **En monophasé** : On utilise l'équation suivant :

$$I_b = \frac{P}{V \times \cos\varphi} \quad (IV.1)$$

- ◆ **En triphasé** : On utilise l'équation suivant :

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos\varphi} \quad (IV.2)$$

Avec :

U : tension composée en triphasée.

V : tension simple en monophasée.

P : Puissance absorbée, en tenant compte de l'ensemble des facteurs.

Cosφ : Facteur de puissance du récepteur.

On prend le câble C1 comme exemple de calcul.

Le câble C1 alimente le transformateur T1 de puissance **2500 kVA**

Le courant I_b est donc pris égal au courant nominal du transformateur

$$I_b = I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n} \quad (\text{IV-1})$$

$$I_b = \frac{2.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 30}$$

$$I_b = 48.12 \text{ A}$$

IV.5.3 Facteurs de correction et choix de la section S1 satisfaisant l'échauffement

La canalisation correspond au mode de pose S6 (voir tableau 1 de l'annexe).

La colonne (1) des tableaux de courant admissible doit être utilisée. f_0 f_2 f_3 f_4

Les facteurs de correction à appliquer sont :

- ◆ Mode de pose : $f_0 = 0.8$
- ◆ Température de sol : $f_2 = 0.85$ (voir tableau 2 de l'annexe).
- ◆ Résistivité thermique du sol : $f_3 = 1.06$ (voir tableau 3 de l'annexe)
- ◆ Groupement de plusieurs canalisations : $f_4 = 1$ (voir tableau 4 de l'annexe)

Le facteur de correction global est $f = f_0 * f_2 * f_3 * f_4$

$$f = 0.7208$$

IV.5.4 Le courant admissible :

Le courant équivalent que le câble doit pouvoir véhiculer dans les conditions standards d'installation est :

$$I_z = \frac{I_b}{f} \quad (IV-2)$$

$$I_z = \frac{48.12}{0.7208} = 66.76 \text{ A}$$

Le tableau (6) de l'annexe (colonne (1), PR, aluminium) donne une section minimale 16 mm² pour un courant admissible I₀= 98A.

Le tableau (5) de l'annexe (colonne (1), PR, cuivre) donne une section S1 des différentes canalisations pour un courant admissible adéquat.

Le tableau ci-dessous montre la section S1 des canalisations :

Canalisations	I _b (A)	I _z (A)	I ₀ (A)	S1 (mm ²)	REMARQUES
C1 et C2 Identiques	48.12	66.76	98	16	Le tableau (5) (colonne (1), PR, aluminium) donne une section minimale 16 mm ² pour un courant admissible I ₀ = 98A.
C3 et C4	268.289	372.21	405	150	Le tableau (5) (colonne (1), PR, cuivre) donne une section minimale 150mm ² pour un courant admissible I ₀ = 98A.
C5 ; C6 ; C7 ; C8	63.41	87.97	110	16	Le tableau (5) (colonne (1), PR, cuivre) donne une section minimale 16 mm ² pour un courant admissible I ₀ = 98A
C9	39.01	54.12	86	10	Le tableau (5) (colonne (1), PR, cuivre) donne une section minimale 10mm ² pour un courant admissible I ₀ = 98A
C10 ; C11	45 .30	62.84	86	10	Le tableau (5) (colonne (1), PR, cuivre) donne une section minimale 10 mm ² pour un courant admissible I ₀ = 98A

Tableau IV-1: La section S1 des canalisations de l'installation

IV.6 Vérification de la contrainte thermique S2

Un courant de court-circuit est un courant provoqué par un défaut d'impédance (conducteur à section réduite et canalisation de grande longueur...) et dont cette impédance a été en plus augmentée par l'échauffement de la canalisation en défaut. Il est nécessaire d'éliminer rapidement ce type de défaut dit impédant par des moyens appropriés.

L'équation de courant de court-circuit :

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * Z_{am}} \quad (IV-3)$$

Dans notre cas pour la canalisation C1 :

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * (Z_{am} + Z_{C1})} \quad (IV-4)$$

Avec :

Z_{am} : Impédance de réseau amont.

Z_{C1} : Impédance de la canalisation C1

On calcule par la suite :

$$Z_{am} = \frac{U_n^2}{S_{cc}} \quad (IV-5)$$

$$Z_{am} = \frac{(30 \times 10^3)^2}{500 \times 10^6} = 1.8 \Omega$$

$$Z_{C1} = \sqrt{(X^2 + R^2)} \quad (IV-6)$$

R : la résistance du câble en ohm (Ω)

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (IV-7)$$

ρ : $0.036 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ (résistivité du conducteur en service normal).

L : 340m (la longueur du câble C1).

S : 95 mm^2 (la section du câble).

On aura :

$$R = 0.036 * \frac{340}{16} = 0.765 \Omega$$

X : la réactance du câble

$$X = 0.08 \times 10^{-3} \times L \quad (\text{IV-8})$$

$$X = 0.08 \times 10^{-3} \times 340$$

$$X = 0.027 \Omega$$

On aura :

$$Z_{c1} = \sqrt{0.765^2 + 0.027^2}$$

$$Z_{c1} = 0.76 \Omega$$

Donc :

$$I_{cc} = \frac{30 * 10^3}{\sqrt{3} * (1.8 + 0.76)} = 6.765 \text{ kA}$$

La section des conducteurs satisfaisant à la contrainte du court-circuit est :

$$S2 \geq \frac{I_{cc}}{k} \sqrt{t_c} \quad (\text{IV-9})$$

- ♦ $K = 94$: valeur du coefficient correspondant à un conducteur en aluminium isolé au PR
- ♦ $T = 2 \text{ s}$: durée du court-circuit égale à la temporisation de la protection.

$$S2 = \frac{6.765 \times 10^3}{94} \times \sqrt{2}$$

$$S2 = 101.77 \text{ mm}^2$$

- ♦ La section minimale à retenir est donc :

$$S2 = 120 \text{ mm}^2.$$

IV.7 Vérification thermique de toutes les canalisations de l'installation

Nous allons calculer les impédances des canalisations qui seront résumées dans le (tableau IV-2) suivant :

Canalisations	L (m)	ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)	S (mm^2)	R(Ω)	X (Ω)	Z (Ω)
C1 et C2	340	0.036	16	0.765	0.0272	0.76
C3 et C4	30	0.0225	150	0.0045	0.0024	0.045
C5 et C8	70	0.0225	16	0.098	0.0056	0.098
C6 et C7	65	0.0225	16	0.091	0.0052	0.105
C9	75	0.0225	10	0.168	0.006	0.168
C10	80	0.0225	10	0.180	0.0064	0.181
C11	85	0.0225	10	0.191	0.0068	0.192

Tableau IV-2: Les résultats de calcul des impédances de la canalisation

On a aussi l'impédance de transformateur :

$$Z_{tr} = \frac{U_n^2}{S_n} \times \frac{U_{cc}}{100} \tag{IV-10}$$

Avec

Z_{tr} : L'impédance de transformateur

$$U_{cc} = 5.75\%$$

$$S_n = 2.5 \text{ MVA}$$

$$Z_{tr} = \frac{(5.5 \times 10^3)^2}{2.5 \times 10^6} \times \frac{5.75}{100}$$

$$Z_{tr} = 0.69\Omega$$

Après avoir calculé les impédances on peut déduire la section S2 des canalisations qui seront représenté dans (le tableau IV-3) suivant :

Canalisation	K	Impédances (Ω)	I_{cc} (kA)	S2 (mm^2)	Conclusion
C1 et C2	94	$Z_{am}+Z_{C1}=2.56$	6.765	101.77	Section minimale à retenir 120 mm^2
C3 et C4	143	$Z_{am}+Z_{C1}+Z_{tr}+Z_{C3}=3.295$	0.963	9.52	Section minimale à retenir 10 mm^2
C5 et C8	143	$Z_{am}+Z_{C1}+Z_{tr}+Z_{C3}+Z_{C5}= 3.393$	0.935	9.24	Section minimale à retenir 10 mm^2
C6 et C7	143	$Z_{am}+Z_{C1}+Z_{tr}+Z_{C3}+Z_{C6}= 3.4$	0.933	9.22	Section minimale à retenir 10 mm^2
C9	143	$Z_{am}+Z_{C1}+Z_{tr}+Z_{C3}+Z_{C9}= 3.463$	0.913	9.02	Section minimale à retenir 10 mm^2
C10	143	$Z_{am}+Z_{C1}+Z_{tr}+Z_{C3}+Z_{C10}=3.476$	0.951	9.41	Section minimale à retenir 10
C11	143	$Z_{am}+Z_{C1}+Z_{tr}+Z_{C3}+Z_{C11}= 3.487$	0.911	9	Section minimale à retenir 10

Tableau IV-3: Vérification thermique de la section S2 des canalisations

Avec

- ♦ $K = 94$: valeur du coefficient correspondant à un conducteur en aluminium isolé au PR
 - ♦ $K = 143$: valeur du coefficient correspondant à un conducteur en cuivre isolé au PR.
- (Voir le tableau 7 de l'annexe)

IV.8 Vérification de la contrainte thermique de l'écran du câble (S3)

Ce phénomène est à ce prendre en compte que pour les câbles de section supérieure à 240 mm^2 . [9]

IV.9 Vérification des chutes de tensions

La chute de tension sur un câble est calculée par la formule :

$$\Delta V = b \left(\rho * \frac{L}{S} * \cos\varphi + \lambda * L * \sin\varphi \right) * I_b \quad (IV-11)$$

Avec :

ΔV : Chute de tension, en volt ;

b : coefficient ; $b=1$ pour circuit triphasé, $b=2$ pour circuit monophasé ;

ρ : Résistivité du conducteur en service normal, $\rho = 0,036 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium

L : longueur du câble, en mètre ;

S : section des conducteurs, en mm^2 ;

$\cos\varphi$: facteur de puissance ; en l'absence d'indication précise on peut prendre

$\cos\varphi = 0,8$ ($\sin\varphi = 0,6$) ;

I_b : courant maximal d'emploi, en ampère ;

λ : Réactance linéique des conducteurs, en Ω / m , $0,15 \cdot 10^3 \Omega / \text{m}$ pour les câbles unipolaires espacés.

$$L = 340 \text{ m.}$$

$$S = 120 \text{ mm}^2.$$

$$\lambda = 0,15 \cdot 10^{-3} \Omega / \text{m.}$$

$$\rho = 0,036 \Omega \text{ mm}^2/\text{m.}$$

$$I_b = 7,698 \text{ A.}$$

$$\cos\varphi = 0,8 \text{ (} \sin\varphi = 0,6 \text{).}$$

$$\Delta V = \left(0,036 * \frac{340}{120} * 0,8 + 0,15 * 10^{-3} * 340 * 0,6 \right) * 48,12$$

$$\Delta V = 5,40 \text{ V}$$

Les chutes de tension en régime normal sont inférieures à 1 %, en tout point du réseau 30 kV, pour notre cas la chute de tension relative est de :

$$\frac{\Delta V}{V_n} \tag{IV-12}$$

$$\frac{\Delta V}{V_n} = \frac{5.40}{\frac{30000}{\sqrt{3}}} \times 100 = 0,031\%$$

Malgré une longueur de liaison très importante pour un réseau industriel, la chute de tension est acceptable.

On a obtenu deux sections différentes avec deux méthodes différentes $S_1=16\text{mm}^2$ et $S_2= 120 \text{ mm}^2$, la section technique à retenir est donc $S=120 \text{ mm}^2$.

Canalisation	Longueur(m)	$I_b(A)$	$\Delta V(V)$	$\Delta V/V_n(\%)$	Conclusion
C1 et C2	340	48.12	5.40	0.031	<p>Les chutes de tension en régime normal sont inférieures à 1 % Donc elle est acceptable.</p>
C3 et C4	30	268.289	1.7	0.05	
C5	70	63.41	2.63	0.08	
C6	65	63.41	2.44	0.07	
C7	65	63.41	2.44	0.07	
C8	70	63.41	2.63	0.08	
C9	75	39.01	1.73	0.05	
C10	80	45.30	2.29	0.06	
C11	85	45.30	2.44	0.07	

Tableau IV-4: Les chutes de tension des canalisations

IV.10 Choix de la section technique

Les calculs effectués donnent les sections suivantes (voir le tableau IV-5)

Canalisations	$S1 (mm^2)$	$S2 (mm^2)$	Choix de la section technique S
C1 et C2	16	120	120
C3 et C4	150	10	150
C5	16	10	16
C6	16	10	16
C7	16	10	16
C8	16	10	16
C9	10	10	10
C10	10	10	10
C11	10	10	10

Tableau IV-5: la section technique des canalisations

IV.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes méthodes de calculs et vérifications des sections des conducteurs au niveau de chaque tronçon de notre installation, puis on les a calculés et effectués le bon choix.

Toute l'étude et les choix que nous avons pris dans le dimensionnement dans ce chapitre a pour but d'assurer la disponibilité de l'énergie électrique, la sûreté de l'installation et la protection des équipements

Conclusion générale

Durant tout le travail que nous avons mené, nous avons passé en revue toutes les étapes utiles pour l'étude et la conception d'une installation électrique industrielle, qui permet d'assurer la continuité d'alimentation des récepteurs compatibles.

Pour cela, nous avons commencé par une description générale des installations et des réseaux électriques industriels. Dans la deuxième partie de notre travail, qui consiste à dimensionner le transformateur adéquat aux puissances et aux modes de fonctionnement des différentes machines (récepteurs), Afin de mener à terme cette étape, nous avons présenté la méthodologie à suivre pour tous dimensionnement d'une source électrique et cette étape s'appelle étude du bilan de puissance. Nous avons pu grâce à cette méthode, déterminer la puissance apparente adéquate pour le bon fonctionnement de l'installation. Au dernier lieu, après avoir déterminé les courants qui seront véhiculés par les canalisations pour chaque récepteur et départ d'alimentation, on passe aux calculs des sections de câble. Nous avons décrit la méthodologie à suivre afin de déterminer ces sections en fonction des différentes contraintes que nous avons rencontrées.

Enfin, nous souhaitons que nos résultats soient pris en considération et exploités par l'entreprise et que notre étude serve de base, aux autres projets d'alimentation en énergie électrique.

Bibliographie

[1]. **FEDILA, Nassim et AOUNIT, Yogharithene.** *Dimensionnement d'un poste transformateur alimentant un système électropompe au sein de SONATRACH.* 2019/2020.

[2]. **A, HAMMOUD.** *étude des convertisseurs hautes tension pour la protection et la cooedination de reseau de distribution . INSA de Lyon : s.n., 2010.*

[3]. **CHIBANE, Adel.** *Mémoire de fin d'étude. ETUDE ET DIMENSIONNEMENT DU NOUVEAU POSTE DE LIVRAISON 30KV A SONATRACH DE BEJAIA.* 2013/2014.

[4]. **MERAHI, Amir .** *Cours UEF. Analyses des reseaux de transport et distribution I.* 2018/2019 : s.n.

[5].**BELLAREDJ, Amina et GAOUAR, youcef.** *MEMOIRE. Conception et simulation d'une ligne aérienne de transport électrique 220KV.* 2016.

[6]. **BAUCHE, Salim et DEBA, Yacine.** *Mémoire de fin de cycle. Etude et redimensionnement d'un réseau et d'un poste MT/MT/BT au sein de la SONATRACH Bejaia.* 2017/2018.

[7]. **ISSAAD, Nassima et BENHADDAD, Souad.** *Mémoire de fin d'étude. Proposition d'une gamme de révision générale de la pompe centrifuge BF 10X18 BFD/2 au sein de SONATRACH.* 2019/2020.

[8]. **Schneider Electric,** « *Guide de l'installation électrique* », 2010

[9].**C. PRÉVÉ, R. JEANNOT,** « *Guide de conception des réseaux électriques industriels* », Schneider Electric (Février 1997).

[10]. *Guide technique professionnel à l'électricité industrielle et tertiaire, éclairage et domotique.* Lien (<http://techni-doc.blogspot.com/2008/09/le-dimensionnement-dune-installation.html>).

[11]. **SCHNEIDER ELECTRIC,** *Catalogue 2021 Basse tension Appareillages modulaires sur rail DIN (Acti9).*

Annexe

Paramètres normalisés des installations

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

Tableau N° 1 : Valeurs du facteur de correction f_0 lié aux principaux modes de pose

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

Tableau N°2 : facteurs de correction pour des températures du sol différentes de 20 °C
(câbles enterrés)

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

Tableau N°3 : facteurs de correction pour des résistivités thermiques

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

câbles unipolaires

câbles tripolaires

Tableau 4 : facteurs de correction pour groupement de plusieurs canalisations (câbles enterrés)

Isolé PVC			Section nominale (mm ²)	Isolé EPR ou PR		
(1)	(2)	(3)		Cuivre	(1)	(2)
72	78	62	10	86	94	78
94	100	81	16	110	120	100
120	130	105	25	145	155	130
145	160	130	35	170	190	165
185	205	165	50	215	240	205
225	250	205	70	260	295	255
270	300	250	95	315	355	310
310	345	290	120	360	405	360
345	390	330	150	405	455	410
385	430	370	185	450	505	460
445	500	440	240	525	590	550
(1)	(2)	(3)	Aluminium	(1)	(2)	(3)
56	61	48	10	67	73	60
72	79	62	16	86	94	79
94	100	82	25	110	120	105
115	125	100	35	135	145	125
145	160	130	50	165	185	160
175	195	160	70	205	230	195
210	235	195	95	245	275	240
240	270	225	120	280	315	280
270	300	255	150	315	355	320
300	335	285	185	350	395	360
350	390	345	240	410	460	430

(*) A partir de 50 mm², les valeurs sont calculés pour des câbles à âme sectoriale

Tableau 5 : courants admissibles dans les câbles tripolaires à champ non radial de tension assignée inférieure ou égale à 6/6 (7,2) kV

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

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

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

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

Tableau N° 7 : valeurs du coefficient k