

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

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTÉ DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Études de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et Technologies**

Filière : **Électrotechnique**

Spécialité : **Réseaux Electriques**

Présenté par

Sara AMARNI
Sarah SADOUN

Thème

Etude et Compensation de la Puissance Réactive d'une Installation Industrielle-cas de la BRIQUETERIE IZERKHEF de OUED AISSI

Mémoire soutenu publiquement le 27/06/2024 devant le jury composé de :

M Karim	HADJ SAID	M.A.A	UMMTO,	Président
M Chafik	BIROUCHE	M.A.A	UMMTO,	Promoteur
M Arezki	DICHE	M.A.A	UMMTO,	Examineur

Année universitaire 2023-2024

Remerciements

Je tiens à exprimer ma gratitude profonde et sincère à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

À dieu tout-puissant

Je rends grâce à Dieu pour la force, la sagesse et la persévérance qu'Il m'a accordées tout au long de ce parcours. Que Ses bénédictions continuent de guider mes pas et éclairer mon chemin.

À Monsieur Birouche, mon promoteur

Je vous remercie infiniment pour votre encadrement, vos conseils précieux et votre soutien constant. Votre expertise et votre dévouement ont été essentiels à l'aboutissement de ce travail.

Aux membres du jury

Je suis reconnaissant pour le temps que vous avez consacré à évaluer ce travail, ainsi que pour vos critiques constructives et vos suggestions précieuses.

Aux collaborateurs de la Sonelgaz et de l'entreprise Izerkhef

Merci à tous les collaborateurs de la Sonelgaz et de l'entreprise Izerkhef qui ont contribué de diverses manières à ce projet. Votre soutien, vos conseils techniques et votre disponibilité ont été d'une grande aide. Sans votre collaboration, ce travail n'aurait pas été possible.

À tous ceux qui ont, de près ou de loin, apporté leur aide et leur soutien, je vous adresse mes plus sincères remerciements.

Dédicace

Avec toute ma reconnaissance et mon respect, je consacre cette remise de diplôme et la joie qui l'accompagne.

À mes chers parents

Aucune dédicace ne pourrait exprimer tout mon respect et ma gratitude pour vos sacrifices envers mon éducation et mon bien-être. Merci pour votre soutien et amour constants depuis mon enfance. Que ce modeste travail soit la réalisation de vos souhaits les plus chers; Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mon frère Djillali et ma sœur Dalia

Chacun de vos sourires a éclairé mon chemin. Chaque mot d'encouragement a nourri mes rêves. Merci d'avoir été là pour me soutenir. Cette réussite est aussi la vôtre.

À toute ma famille et à tous mes amis

Aghilas et Nabil et Ania, Sihem je veux juste vous adresser un Merci pour votre soutien, votre présence et vos encouragements.

À mes professeurs

Merci pour vos précieux enseignements et vos conseils avisés.

À mon binôme Sarah

Merci pour notre fructueuse collaboration et notre amitié. Tu as été une source d'inspiration et de motivation pour moi tout au long de ce parcours.

Sara

Dédicace

Avec toute ma reconnaissance et mon respect, je consacre cette remise de diplôme et la joie qui l'accompagne.

À mes chers parents

Aucune dédicace ne pourrait exprimer tout mon respect et ma gratitude pour vos sacrifices envers mon éducation et mon bien-être. Merci pour votre soutien et amour constants depuis mon enfance. Que ce modeste travail soit la réalisation de vos souhaits les plus chers; Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie.

À mes frères et sœurs

Fayçal, Alycia et Ikram, Islam et Mélina ; Chacun de vos sourires a éclairé mon chemin. Chaque mot d'encouragement a nourri mes rêves. Merci d'avoir été là pour me soutenir. Cette réussite est aussi la vôtre.

À toute ma famille et à tous mes amis

Aghilas et Nabil et Nadine je veux juste vous adresser un Merci pour votre soutien, votre présence et vos encouragements.

À mes professeurs

Merci pour vos précieux enseignements et vos conseils avisés.

À mon binôme Sara

Merci pour notre fructueuse collaboration et notre amitié. Tu as été une source d'inspiration et de motivation pour moi tout au long de ce parcours.

Sarah

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

INTRODUCTION GENERALE :	1
Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques industriels	3
I.1. Introduction	4
I.2. Description des réseaux électriques :	4
I.3. Composantes principales des réseaux électriques	4
1.3.1 Centrales électriques	4
1.3.2 Lignes de transport haute tension	5
1.3.3 Sous-stations de transformation	5
1.3.4 Réseaux de distribution basse et moyenne tension	6
I.4. Types de réseaux électriques	6
1.4.1 Réseaux de transport	7
1.4.2 Réseaux de distribution	7
1.4.3 Micro-réseaux	7
I.4 Méthodes de Distribution de l'Énergie Électrique	8
I.4.1 Distribution Radiale :	8
I.4.2 Distribution en peigne :	9
I.4.3 Distribution en boucle :	10
I.5. Les concepts énergétiques :	11
1.5.1 Définition de l'énergie active :	11
1.5.2 Définition de l'énergie réactive :	11
1.5.3 Les notions de puissance:	11
1.5.3.1 Définition de la puissance active :	12
1.5.3.2 Définition de la puissance réactive :	12
1.5.3.3 Définition de la puissance apparente :	12
I.6. Importance et gestion du facteur de puissance :	13
1.6.1 Le facteur de puissance :	13
1.6.1.2 Avantage d'un facteur de puissance optimal :	14
1.6.1.3 Inconvénients d'un mauvais facteur puissance:	15
1.6.1.4 Causes et améliorations du facteur de puissance :	15

I.7.	Analyse des composantes actives et réactives du courant :.....	16
I.8.	Facteurs de correction à considérer :.....	16
I.8.1.	Le Facteur d'utilisation maximal (Ku) :	16
I.8.2.	Le facteur de simultanéité (Ks) :	17
I.8.3.	Le facteur d'extension (Ke) :	18
I.9.	Principales origines de l'énergie réactive :	18
1.9.1	Principaux consommateurs de l'énergie réactive :	19
1.9.2	Impacts de l'énergie réactive.....	19
I.10.	Stratégies de compensation de l'énergie réactive :.....	20
1.10.1	Méthodes de détermination de la compensation requise :.....	20
1.10.2	Moyens de compensation employés :	20
1.10.3	Avantages techniques et économiques :.....	20
1.10.4	Utilisation des batteries de condensateurs pour la compensation de puissance réactive :.....	21
1.10.5	Fonctionnalités des condensateurs de puissance :	22
1.10.6	Composition d'une batterie de condensateurs :	22
1.10.7	Types d'installation de batteries de condensateurs (Shunt, Série) :.....	22
1.10.7.1	Installation en parallèle (Shunt) :	23
1.10.7.2	Installation en série :	23
1.10.8	Modes de couplage et critères de sélection (Triangle, Étoile).....	23
1.10.8.1	Couplage en triangle :.....	24
I.10.8.2	Couplage en étoile :	24
	Critères de sélection :	24
I.11	Choix des emplacements pour les batteries (Individuelle, Partielle, Globale, Combinée).....	25
I.11.1	Batterie de condensateurs individuelle :.....	25
I.11.4	Batterie de condensateurs partielle (par secteur) :	25
II.11.4	Batterie de condensateurs globale :	26
III.11.4	Batterie de condensateurs combinée :	26
	Critères de sélection.....	27
	Conclusion	27
	Chapitre II : Tarification de l'énergie au niveau de la SONELGAZ	28

II.1.	Introduction :	29
II.2.	Approches tarifaires :	29
II.2.1.	Tarification basée sur la consommation d'énergie active :	29
II.2.2.	Tarification basée sur l'appel de puissance active :	29
II.2.3.	Tarification basée sur la puissance apparente :	29
II.3	Méthodes de tarification appliquées par la SONELGAZ.....	30
II.4	Organisation et structure des tarifs par la SONELGAZ	30
II.4.1.	Terme constant « a » :	30
II.4.2.	Facturation de la puissance:	31
II.4.2.1.	Facturation de la puissance maximale absorbée :	31
II.4.2.2.	Facturation de la puissance mise à disposition :	31
A.	Définition de la puissance mise en disposition :	31
B.	Révision de la hausse et de la baisse :	32
B.2.	Révision de la baisse :	32
B.3.	En cas de dépassement de la puissance de la mise en disposition:	32
II.4.3.	Facturation de l'énergie :	33
II.4.3.1.	Energie active :	33
II.4.3.2.	Energie réactive :	33
II.5	Gestion des plages horaires de consommation :	34
II.6	Présentation détaillée des différents tarifs et périodes tarifaires :	35
II.6.1.	Description approfondie des tarifs proposés :	35
II.6.1.1.	Profil des clients alimentés en haute tension (60-90 et 220kV) :	36
II.6.1.2.	Profil des clients alimentés en moyenne tension (5.5-10 et 30kV) :	36
II.6.1.3.	Profil des clients alimentés en basse tension (110V-220V et 380V) :	37
	Conclusion	41
Chapitre III : évaluation de l'installation électrique analysé		42
III.1	Introduction	43
III.2	Présentation des données de l'installation.....	43
III.2.1	Répartition des transformateurs :	43
III.2.1.1	Caractéristiques techniques :	44
III.2.2	Police d'abonnement :	45

III.3	Analyse de la consommation de l'installation électrique :	45
III.3.1	Consommation d'énergie active :	46
III.3.2	Consommation d'énergie réactive :	46
III.3.3	Coût de l'énergie active consommé :	47
III.4	Application des méthodes de réduction	47
III.4.1	Révision de la police d'abonnement :	47
Chapitre IV : Bilan de puissance		55
IV.2.	Compensation de l'énergie réactive de l'installation :	56
IV.3.	Dimensionnement de la batterie :	61
IV.4.	Détermination de la compensation fixe ou automatique	62
IV.5 Calcul de l'investissement sur la batterie de condensateur		62
IV.5.1.	Calcul de l'investissement en dinars :	62
IV.5.2.	Calcul de la durée d'amortissement :	62
Conclusion		64
<i>Conclusion générale</i>		<i>65</i>
<i>Bibliographie</i>		<i>65</i>

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE :

L'énergie réactive est une composante essentielle mais souvent méconnue de la consommation énergétique dans les installations industrielles. Contrairement à l'énergie active, qui effectue un travail utile tel que l'éclairage, le chauffage ou l'alimentation des machines, l'énergie réactive ne produit pas de travail direct. Elle est cependant indispensable au fonctionnement de nombreux équipements électriques, notamment ceux qui utilisent des champs magnétiques comme les moteurs et les transformateurs.

L'effet de l'énergie réactive sur les installations industrielles est double. D'une part, elle augmente les pertes de distribution et diminue l'efficacité globale du réseau électrique. D'autre part, elle entraîne des coûts supplémentaires pour les entreprises, car les fournisseurs d'électricité, tels que SONELGAZ, facturent les consommateurs industriels en fonction de leur consommation d'énergie réactive. Un facteur de puissance faible, indicateur d'une proportion élevée d'énergie réactive, peut donc alourdir significativement les factures d'électricité.

Comprendre et gérer l'énergie réactive est utile pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les coûts. La compensation de l'énergie réactive, notamment par l'utilisation de batteries de condensateurs, permettra d'améliorer le facteur de puissance et d'optimiser la consommation d'énergie. Cette démarche s'inscrira dans une stratégie globale de gestion énergétique, visant à rendre les installations industrielles plus performantes et compétitives.

Dans ce mémoire, nous avons entrepris une étude approfondie sur l'optimisation de la gestion énergétique dans une installation industrielle, plus précisément l'entreprise BRIQUETERIE IZERKHEF de OUED AISSI. Notre objectif principal sera d'explorer et de proposer des stratégies permettant une gestion plus efficace et rentable de l'énergie au sein de cette entreprise. Pour ce faire, nous avons structuré notre travail en quatre chapitres distincts, chacun abordant un aspect de la gestion énergétique.

Le premier chapitre sera consacré aux concepts fondamentaux de l'énergie. Nous y clarifierons des notions essentielles telles que l'énergie active et réactive, ainsi

que les différentes formes de puissance (active, réactive et apparente). La compréhension de ces concepts sera primordiale pour appréhender les défis techniques liés à la gestion énergétique dans un contexte industriel. Nous discuterons également de l'importance du facteur de puissance et de ses implications sur l'efficacité énergétique des installations.

Dans le deuxième chapitre, nous examinerons en détail la tarification de l'électricité telle qu'appliquée par SONELGAZ. Nous analyserons les différentes méthodes de facturation et les tarifs proposés pour diverses catégories de consommateurs, allant des ménages aux grandes industries. Cette partie mettra en lumière comment les structures tarifaires peuvent influencer les comportements de consommation et inciter à une utilisation plus rationnelle de l'énergie.

Une analyse détaillée de l'installation électrique de l'entreprise BRIQUETERIE IZERKHEF fera l'objet du troisième chapitre. Nous évaluerons la consommation d'énergie active et réactive de l'usine, identifierons les équipements principaux et mesurerons leur impact sur la consommation totale.

Enfin, le quatrième chapitre présentera un bilan de puissance de l'installation. Nous y aborderons la compensation de l'énergie réactive, une technique essentielle pour améliorer le facteur de puissance et réduire les coûts énergétiques. Nous détaillerons le dimensionnement de la batterie de condensateurs nécessaire et évaluerons l'impact potentiel de cette intervention sur l'efficacité énergétique de l'entreprise. Ce chapitre sera la base de compréhension des mesures correctives ciblées pouvant conduire à des économies substantielles et à une meilleure performance énergétique globale.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

***Chapitre I : Généralités
sur les réseaux
électriques industriels***

I.1. Introduction

Le premier chapitre de cette étude établit les bases théoriques nécessaires à la compréhension de la puissance réactive dans les installations industrielles. Nous définissons les concepts clés de l'énergie électrique, en mettant l'accent sur la puissance réactive, et examinons les principes de fonctionnement des réseaux électriques industriels. En outre, nous explorons les enjeux économiques et opérationnels liés à une mauvaise gestion de la puissance réactive.

I.2. Description des réseaux électriques :

Les réseaux électriques constituent l'infrastructure essentielle permettant la transmission et la distribution de l'énergie électrique des centrales de production vers les consommateurs finaux. Ces réseaux intègrent des systèmes complexes de génération, de transport et de distribution d'électricité, garantissant une fourniture fiable et continue.

I.3. Composantes principales des réseaux électriques

Les composantes clés des réseaux électriques incluent les centrales électriques, les lignes de transport hautes tensions, les sous-stations de transformation, et les réseaux de distribution basse et moyenne tension. Ces éléments collaborent pour assurer le transfert efficace de l'énergie depuis les sources de production jusqu'aux utilisateurs finaux [1].

1.3.1 Centrales électriques

Les centrales électriques sont les installations où l'énergie est produite à partir de différentes sources comme le charbon, le gaz naturel, le nucléaire, l'hydroélectricité, et les énergies renouvelables (éolienne, solaire). Elles convertissent l'énergie primaire en électricité utilisable par les consommateurs. Ces centrales peuvent être de grande échelle (centrales thermiques, nucléaires) ou de plus petite échelle (fermes solaires, parcs éoliens).

1.3.2 Lignes de transport haute tension

Les lignes de transport hautes tensions sont des câbles qui acheminent l'électricité sur de longues distances depuis les centrales électriques jusqu'aux zones de consommation.

Elles fonctionnent à des tensions élevées, souvent supérieures à 110 kV, pour minimiser les pertes énergétiques dues à la résistance des conducteurs. Ces lignes sont cruciales pour le transport efficace de grandes quantités d'électricité sur de vastes territoires.



Figure I.1 : Ligne de transport haute tension

1.3.3 Sous-stations de transformation

Les sous-stations de transformation jouent un rôle crucial dans la gestion des niveaux de tension. Elles utilisent des transformateurs pour augmenter la tension pour le transport sur de longues distances et pour la réduire avant la distribution aux

consommateurs finaux. Les sous-stations sont équipées de dispositifs de protection et de contrôle pour assurer la stabilité et la sécurité du réseau.

1.3.4 Réseaux de distribution basse et moyenne tension

Les réseaux de distribution basse et moyenne tension assurent la livraison de l'électricité des sous-stations aux utilisateurs finaux, tels que les résidences, les entreprises, et les industries. Les réseaux de moyenne tension (généralement entre 1 kV et 33 kV) transportent l'électricité jusqu'aux transformateurs de distribution locale, où la tension est réduite à des niveaux utilisables (230 V à 400 V) pour les consommateurs domestiques et commerciaux.

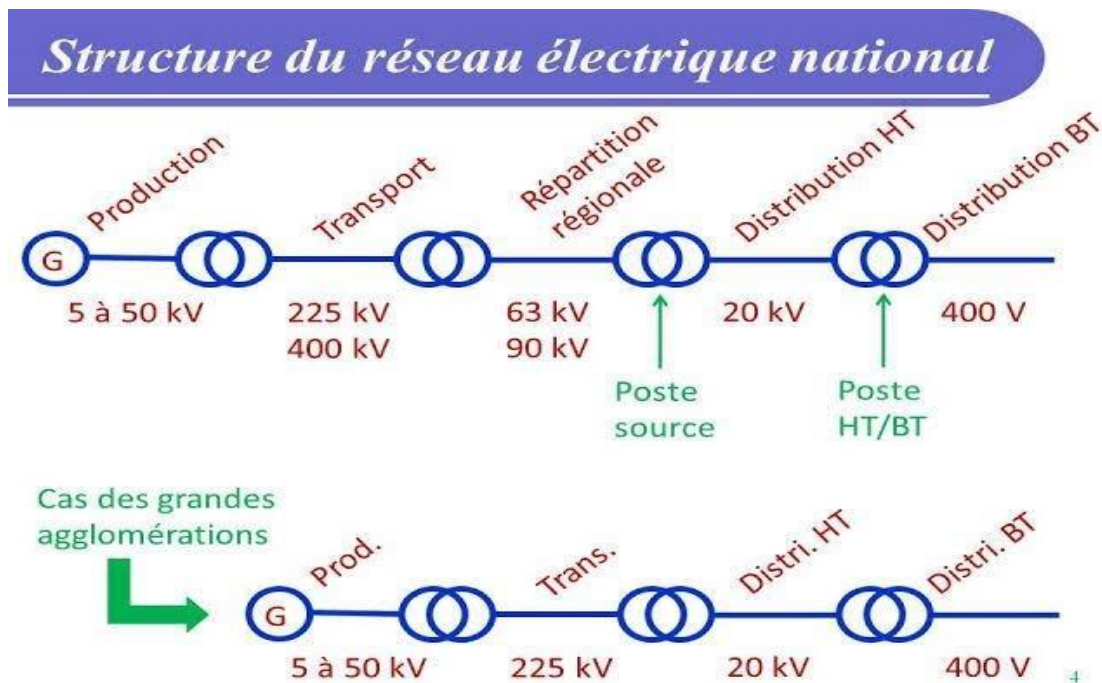


Figure I.2 : Structure du réseau électrique national [1].

I.4. Types de réseaux électriques

Les réseaux électriques se divisent en plusieurs catégories, notamment les réseaux de transport, les réseaux de distribution, et les micro-réseaux. Chaque type joue un rôle spécifique dans la gestion et la livraison de l'énergie électrique à différentes échelles géographiques et de consommation [2].

1.4.1 Réseaux de transport

Les réseaux de transport sont des infrastructures à haute et très haute tension (généralement supérieures à 110 kV) conçues pour acheminer l'électricité sur de longues distances, des centrales de production aux zones de consommation. Ils forment l'épine dorsale du système électrique, assurant la connectivité entre les différentes régions et permettant l'équilibrage de la production et de la consommation d'électricité à grande échelle. Les réseaux de transport minimisent les pertes d'énergie grâce à l'utilisation de tensions élevées et intègrent des dispositifs sophistiqués de contrôle et de protection pour maintenir la stabilité et la fiabilité du système [2].

1.4.2 Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution prennent le relais des réseaux de transport pour délivrer l'électricité aux consommateurs finaux. Ils fonctionnent à des tensions plus basses (généralement entre 1 kV et 33 kV pour la moyenne tension, et 230 V à 400 V pour la basse tension). Ces réseaux sont subdivisés en plusieurs niveaux pour desservir les résidences, les entreprises, et les industries locales. Ils incluent des transformateurs de distribution pour ajuster les niveaux de tension aux besoins des utilisateurs finaux et disposent de mécanismes de protection et de gestion pour assurer une distribution sécurisée et fiable [2].

1.4.3 Micro-réseaux

Les micro-réseaux sont des systèmes électriques autonomes de petite échelle, capables de fonctionner indépendamment ou en connexion avec le réseau principal. Ils intègrent diverses sources de production d'énergie (généralement renouvelable, comme le solaire et l'éolien), des systèmes de stockage d'énergie, et des dispositifs de gestion intelligente pour optimiser l'approvisionnement et la consommation d'électricité au niveau local. Les micro-réseaux offrent des solutions flexibles et résilientes pour les communautés isolées, les installations critiques, ou les zones où la fiabilité du réseau principal est compromise [2].

I.4 Méthodes de Distribution de l'Énergie Électrique

La distribution de l'énergie électrique implique le choix d'un schéma approprié pour acheminer l'énergie des sources ou des postes de transformation vers les charges. Trois principales méthodes de distribution en basse tension sont couramment employées :

- Distribution radiale
- Distribution en boucle
- Distribution en peigne

I.4.1 Distribution Radiale :

La distribution radiale est la méthode la plus répandue dans les installations industrielles basse tension. Elle est prisée pour sa capacité à garantir une bonne continuité de service, sa facilité d'exploitation des équipements, ainsi que ses avantages économiques [3].

➤ **Avantages de la distribution radiale :**

- Mise en œuvre simple.
- Facilité de localisation des pannes.
- Isolement du circuit en cas de défaut, limitant ainsi l'impact.
- Entretien facilité.
- Coûts de réalisation relativement bas.

➤ **Inconvénients de la distribution radiale :**

- Les défauts en amont perturbent les circuits en aval.
- Continuité de service moins fiable.

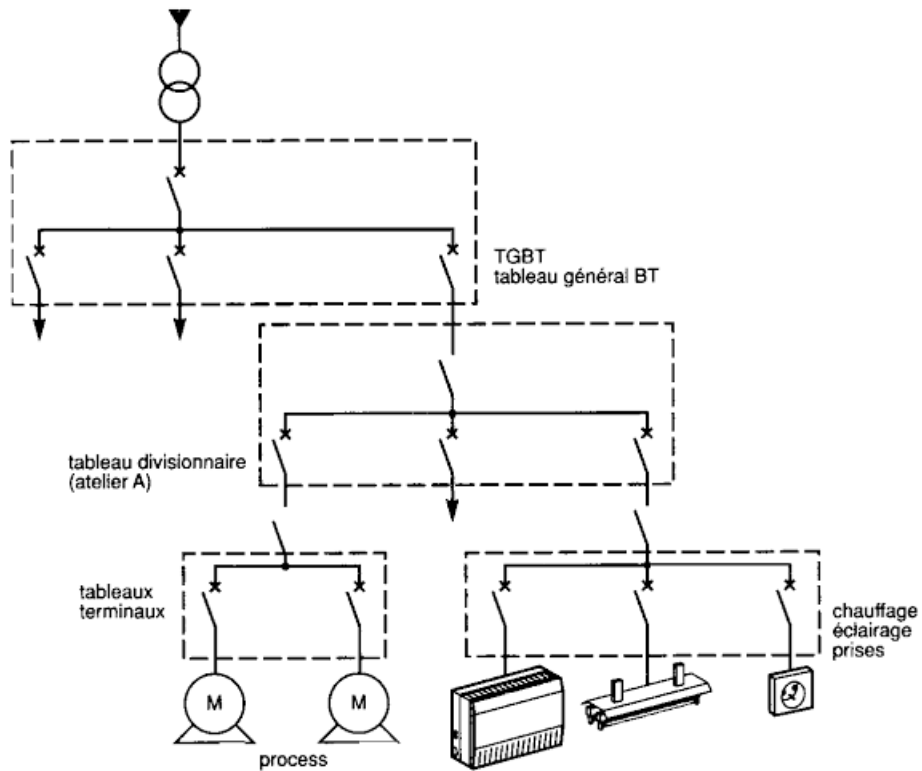


Figure I.3 : distribution radiale [3].

I.4.2 Distribution en peigne :

La distribution en peigne est principalement adaptée aux installations de petite taille et de faible puissance.

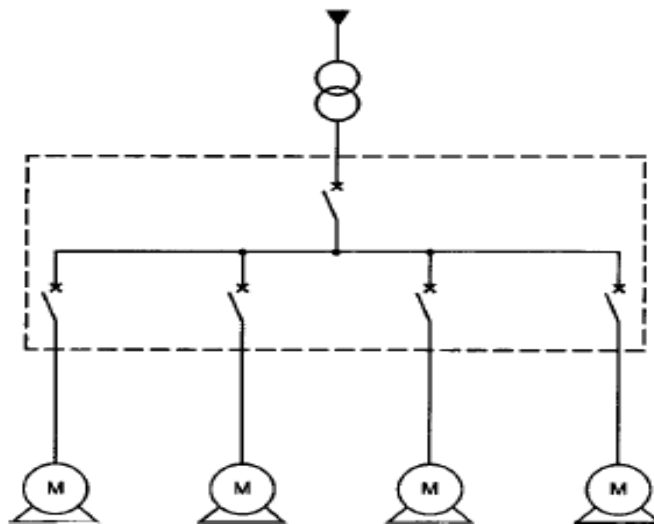


Figure I.4 : distribution peigne [3].

➤ Avantages de la distribution en peigne :

- En cas de défaillance, à l'exception d'un problème sur le câble principal, seule la

partie défectueuse du circuit est isolée.

➤ **Inconvénients de la distribution en peigne :**

- Cette méthode nécessite de nombreux circuits distincts, ce qui entraîne des longueurs de ligne considérables et, par conséquent, une utilisation excessive de cuivre.
- Les dispositifs de protection (niveau 2) doivent être conçus avec des capacités supérieures.

I.4.3 Distribution en boucle :

La distribution en boucle est rarement utilisée dans la plupart des régions, mais elle est très courante en Angleterre, notamment pour les installations domestiques, telles que l'alimentation des prises de courant.

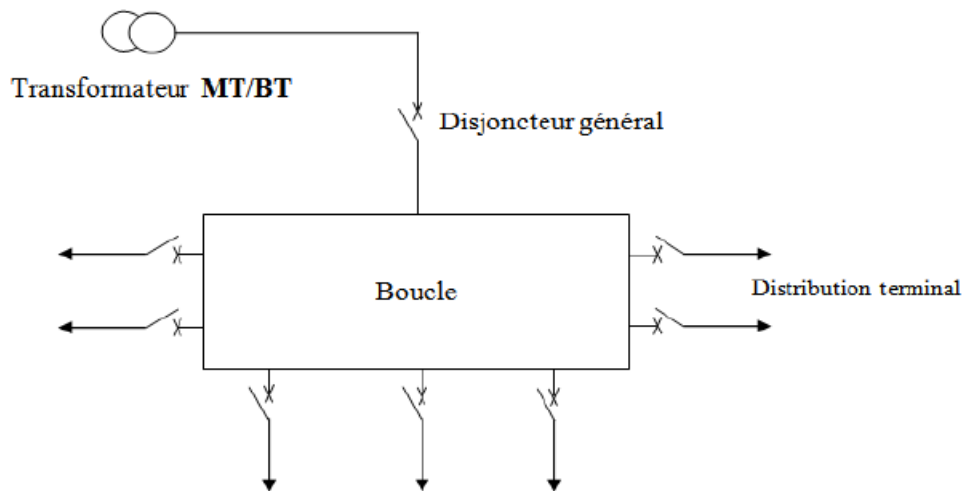


Figure I.5 : distribution en boucle [3].

➤ **Avantages de la distribution en boucle :**

- Diminution des pertes joule.
- Nécessite un seul dispositif de protection par boucle, permettant au courant de circuler dans une direction alternative en cas de défaut.

➤ **Inconvénients de la distribution en boucle :**

- Nécessite des connexions spéciales pour les dérivations afin de ne pas interrompre la boucle.
- Chaque dérivation est limitée à l'alimentation de deux circuits d'utilisation au maximum.
- Répartition des intensités compliquée.
- Sélectivité de la protection difficile à réaliser.

I.5. Les concepts énergétiques :

Les concepts énergétiques constituent le cœur de la gestion de l'énergie. Ils comprennent des notions fondamentales telles que l'énergie active, l'énergie réactive et la puissance. La compréhension de ces concepts est cruciale pour analyser et optimiser la consommation énergétique dans une installation industrielle. En détaillant ces notions, nous posons les fondations nécessaires pour aborder les défis et les solutions en matière d'efficacité énergétique [1].

1.5.1 Définition de l'énergie active :

L'énergie électrique, dérivée de la puissance active P mesurée en kilowatts (kW), subit une transformation à travers le récepteur pour se convertir en chaleur, une forme d'énergie utilisable. Cette conversion est quantifiée en kilowattheures (kW/h) [1].

1.5.2 Définition de l'énergie réactive :

L'énergie réactive est une composante de l'électricité qui ne réalise pas de travail dans un circuit électrique. Contrairement à l'énergie active, elle n'entraîne pas de mouvement ou de production de chaleur. Son rôle principal est de maintenir la tension et le flux magnétique dans le système électrique. Mesurée en var (voltampères réactifs), elle est indispensable au bon fonctionnement des équipements électriques [1].

1.5.3 Les notions de puissance:

La puissance électrique est fondamentale pour comprendre la performance des systèmes énergétiques. Elle se décline en trois types principaux : la puissance active, qui correspond à l'énergie réellement consommée; la puissance réactive, qui est nécessaire pour maintenir les champs électromagnétiques dans les équipements

inductifs; et la puissance apparente, qui combine les deux précédentes et représente la puissance totale requise du réseau. La gestion efficace de ces différentes puissances est cruciale pour optimiser la consommation d'énergie et assurer une distribution stable et fiable [1].

1.5.3.1 Définition de la puissance active :

La puissance active P est définie comme la puissance qui est totalement convertie en énergie mécanique, thermique, lumineuse, etc. Elle est mesurée en W (watts) ou en kW à l'échelle industrielle

Elle résulte du produit de la tension par la composante du courant en phase avec elle : En monophasé : $P = VI \cos \varphi$ (I.1)

En triphasé : $P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$ (I.2)

Elle est mesurée en W (watts) ou en kW à l'échelle industrielle [1].

1.5.3.2 Définition de la puissance réactive :

La puissance réactive désigne la quantité d'énergie Q utilisée pour exciter magnétiquement les récepteurs, elle s'exprime en VAR (Voltampères réactifs), ou en $kVar$ à l'échelle industrielle.

Elle est absorbée par les circuits inductifs et fournie par les circuits capacitifs. Cette puissance réactive est le résultat du produit de la tension par la composante du courant réactif, en quadrature avec elle :

En monophasé : $Q = VI \sin \varphi$ (I.3)

En triphasé : $Q = \sqrt{3} UI \sin \varphi$ (I.4)

1.5.3.3 Définition de la puissance apparente :

La puissance apparente S , mesurée en voltampères (VA), résulte de la combinaison de la puissance active et de la puissance réactive dans un circuit électrique. Elle représente la quantité totale d'énergie transférée dans le circuit, et c'est cette puissance qui sert souvent de base pour dimensionner les équipements

électriques, tels que les transformateurs et les câbles, afin d'assurer un fonctionnement efficace et sûr du système électrique [1].

Elle est donnée par l'expression suivante :

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{I.5})$$

I.6. Importance et gestion du facteur de puissance :

Le facteur de puissance est un indicateur clé de l'efficacité énergétique d'un système électrique. Il mesure l'efficacité avec laquelle la puissance électrique est convertie en travail utile. Une bonne gestion du facteur de puissance, souvent réalisée en compensant l'énergie réactive, permet de réduire les pertes énergétiques, d'améliorer la stabilité du réseau et de diminuer les coûts liés à la consommation d'énergie [1].

1.6.1 Le facteur de puissance :

Le facteur de puissance est une mesure de l'efficacité avec laquelle une charge électrique utilise l'énergie fournie par un système d'alimentation. Il est défini comme le rapport de la puissance active à la puissance apparente et est généralement exprimé comme un nombre compris entre 0 et 1, ou sous forme de pourcentage.

Un facteur de puissance idéal est de 1, ce qui signifie que la charge absorbe toute l'énergie fournie par le système électrique sans gaspillage. Un faible facteur de puissance peut entraîner des pertes d'énergie, des surcharges d'équipements et des coûts supplémentaires en électricité.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{UI} \quad (\text{I.6})$$

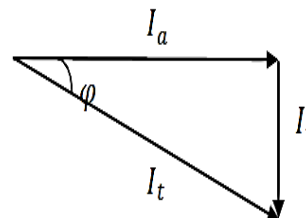
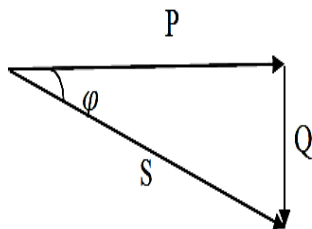


Figure I.6 : Triangle des puissances

Figure I.7 : Triangle des courants

I_a : Courant actif : courant réactif et I_t : courant total

1.6.1.1 Valeur de (φ) et son interprétation :

La $\tan(\varphi)$ est un paramètre important en ingénierie électrique, exprimant la relation entre la puissance réactive (VAR) et la puissance active (W) dans un circuit alternatif. Une valeur élevée de $\tan(\varphi)$ indique une charge électrique consommant plus de puissance réactive que de puissance active, entraînant des pertes d'énergie et une inefficacité. En revanche, une valeur plus basse indique une charge équilibrée. Pour améliorer l'efficacité, il est souvent nécessaire de réduire le tangente phi en utilisant des dispositifs de correction du facteur de puissance, comme des condensateurs, pour optimiser l'utilisation de l'énergie électrique et améliorer les performances du système [1].

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \quad (\text{I.7})$$

1.6.1.2 Avantage d'un facteur de puissance optimal :

Un facteur de puissance optimal offre plusieurs avantages importants dans les systèmes électriques :

- Réduction des pertes d'énergie : En minimisant les pertes d'énergie, notamment en réduisant les pertes ohmiques dans les câbles et transformateurs, un facteur de puissance optimal permet une utilisation plus efficace de l'électricité.
- Meilleure utilisation des équipements : Les équipements électriques fonctionnent de manière plus efficace avec un facteur de puissance élevé, ce qui prolonge leur durée de vie et diminue les besoins en maintenance.
- Diminution de la taille des équipements : Un facteur de puissance optimal permet de réduire la taille des équipements électriques nécessaires pour fournir une certaine puissance, ce qui peut engendrer des économies sur les coûts d'investissement et d'exploitation.
- Amélioration de la qualité de l'électricité : En stabilisant le réseau électrique et en maintenant une tension constante, un facteur de puissance optimal réduit les fluctuations de tension et améliore la qualité globale de l'électricité fournie.

- Économies financières : Grâce à la réduction des pertes d'énergie et à l'amélioration de l'efficacité des équipements, un facteur de puissance optimal peut conduire à des économies significatives sur les coûts d'électricité et de maintenance à long terme [4].

1.6.1.3 Inconvénients d'un mauvais facteur puissance:

Un mauvais facteur de puissance présente les inconvénients suivants de manière plus concise :

- Augmentation des pertes d'énergie : Un mauvais facteur de puissance entraîne une augmentation des pertes d'énergie dans les systèmes électriques en raison de la surcharge des équipements et de l'inefficacité dans l'utilisation de l'électricité.
- Surcharge des équipements : Les équipements électriques fonctionnent de manière moins efficace avec un facteur de puissance bas, ce qui peut entraîner une surchauffe, une détérioration prématurée et une réduction de la durée de vie des équipements.
- Augmentation des coûts : Les pertes d'énergie accrues et la nécessité d'investir dans des équipements de plus grande taille pour compenser le facteur de puissance dégradé peuvent entraîner des coûts supplémentaires en électricité et en maintenance.
- Diminution de la qualité de l'électricité : Un mauvais facteur de puissance peut entraîner des fluctuations de tension, des chutes de tension et d'autres problèmes de qualité de l'électricité, affectant négativement les équipements électriques et les Processus industriels [1].

1.6.1.4 Causes et améliorations du facteur de puissance :

Les causes comprennent l'utilisation de charges inductives telles que les moteurs électriques et les transformateurs, l'usage de charges non linéaires comme les variateurs de vitesse et les alimentations à découpage, ainsi que le sous-dimensionnement des équipements par rapport à la charge réelle.

Pour améliorer le facteur de puissance, l'installation de condensateurs pour compenser la puissance réactive est recommandée. De plus, l'utilisation de techniques de correction telles que l'ajout de bancs de condensateurs automatiques ou l'emploi de filtres actifs peut être envisagée. L'équilibrage des charges pour réduire les déséquilibres entre les phases est également efficace.

La mise en œuvre de ces améliorations permet non seulement de réduire les pertes d'énergie, mais également d'optimiser l'utilisation des équipements électriques et d'améliorer la qualité globale de l'électricité fournie [5].

I.7. Analyse des composantes actives et réactives du courant :

L'analyse des composantes active et réactive du courant permet de comprendre comment l'énergie électrique est utilisée dans un système.

- La composante active : correspond à la partie du courant qui effectue un travail, comme la conversion d'énergie électrique en travail mécanique dans un moteur, mesurée en watts (W).
- La composante réactive : représente la partie du courant qui ne réalise pas de travail effectif mais qui est nécessaire pour maintenir les champs électromagnétiques dans les équipements tels que les transformateurs et les moteurs électriques, mesurée en voltampères réactifs (VAR) .

Cette analyse permet d'évaluer l'efficacité du système électrique et d'optimiser la répartition entre ces deux composantes pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les coûts opérationnels [1].

I.8. Facteurs de correction à considérer :

Les facteurs de correction jouent un rôle primordial dans la gestion et l'amélioration des réseaux électriques.

I.8.1. Le Facteur d'utilisation maximal (Ku) :

Ce coefficient évalue l'utilisation maximale d'un équipement ou d'un système électrique sur une période définie. Il permet de déterminer la capacité réelle requise

d'un équipement par rapport à sa capacité nominale, en tenant compte des fluctuations de charge et les pics d'utilisation [6].

Type d'utilisation	Ku
Eclairage	1.00
Prises de courant	0.15
Chauffage	1.00
Moteurs de grande puissance	1.00
Moteurs de moyenne puissance	0.75
Moteurs de petite puissance	0.60
Machines-outils	0.80

Tableau I.1 : Valeurs du coefficient d'utilisation pour différents récepteurs [6].

I.8.2. Le facteur de simultanété (Ks) :

Le facteur de simultanété (Ks) évalue la probabilité de fonctionnement simultané de plusieurs appareils ou charges électriques dans un système. Il est utilisé pour estimer la demande maximale en électricité, prenant en compte les variations d'utilisation des équipements, et pour sélectionner l'appareillage de protection approprié.

Les valeurs de Ks en fonction du nombre de circuits :

Nombre de circuits	Facteur Ks
1.0	1.0
2 et 3	0.9
4 et 5	0.8
5 et 9	0.7
10 et plus	0.6

Tableau I.2 : Facteur de simultanéité sur la norme UTE 63-40 pour les armoires [7].

Type de récepteurs	Facteur de simultanéité K_s
Eclairage, conditionnement d'air	1
Chauffage électrique, chauffe d'eau	1
Prise de courant (n : nombre de prise de courant alimenté par le même circuit)	0.1 + (6/n) Si : 6 < n
Moteur électrique	0.75

Tableau I.3 : Facteur de simultanéité pour les différents types de récepteur [4].

I.8.3. Le facteur d'extension (K_e) :

Ce facteur indique la capacité d'extension ou d'adaptation d'un système électrique pour répondre à une augmentation de la demande énergétique. Il permet d'évaluer dans quelle mesure un système peut être étendu ou modifié pour accueillir une charge supplémentaire sans compromettre sa fiabilité ou son efficacité. Il ne peut pas dépasser les 20% dans les normes. Il peut aller de 1.1 jusqu'à 1.5 [1].

I.9. Principales origines de l'énergie réactive :

Les sources principales d'énergie réactive dans les réseaux électriques résultent de divers facteurs. Les équipements inductifs et capacitifs, comme les moteurs, les transformateurs et les condensateurs, génèrent de l'énergie réactive pour maintenir les champs électromagnétiques nécessaires à leur fonctionnement. Les fluctuations de charge, telles que les départs ou les arrêts brusques d'équipements de grande taille, entraînent des variations rapides dans la demande d'énergie réactive pour équilibrer le système électrique. De plus, les propriétés des lignes de transmission, comme leur longueur, induisent une certaine inductance naturelle, contribuant ainsi à la production d'énergie réactive lors de la circulation du courant. Enfin, une gestion inadéquate ou une compensation insuffisante des charges inductives ou capacitives peut causer des déséquilibres indésirables dans le système électrique [1].

1.9.1 Principaux consommateurs de l'énergie réactive :

Les équipements électriques qui sont les principaux consommateurs d'énergie réactive nécessitent un champ magnétique pour leur fonctionnement, sans toutefois convertir cette énergie directement en production. Les moteurs électriques et les transformateurs utilisés pour ajuster la tension électrique nécessitent de l'énergie réactive pour créer un champ magnétique, même lorsqu'ils ne sont pas en charge. Les équipements de soudage et d'arc électrique requièrent également de l'énergie réactive pour le maintien de l'arc électrique, crucial pour le processus de soudage. Les appareils de chauffage par induction utilisent des champs magnétiques pour chauffer les matériaux conducteurs, tandis que les dispositifs à décharge de gaz, tels que les lampes fluorescentes, nécessitent de l'énergie réactive pour ioniser le gaz et maintenir l'arc électrique.

1.9.2 Impacts de l'énergie réactive

Les impacts de l'énergie réactive sur les réseaux électriques sont multiples et significatifs, pouvant affecter leur stabilité, leur fonctionnement et leurs coûts.

- La génération, le transport et l'utilisation de l'énergie réactive exigent des ressources supplémentaires, entraînant des pertes de puissance réelle.
- Le flux d'énergie réactive à travers les lignes de transmission engendre des pertes supplémentaires en raison de l'effet inductif et capacitif des câbles et des équipements.
- L'énergie réactive peut induire une baisse de tension, perturbant le fonctionnement des équipements sensibles.
- Une accumulation excessive d'énergie réactive peut surcharger les transformateurs et autres équipements électriques.
- L'accumulation d'énergie réactive peut restreindre la capacité de transport des réseaux électriques.
- La gestion de l'énergie réactive implique souvent l'installation d'équipements spéciaux, entraînant des coûts supplémentaires pour les entreprises d'électricité [1].

I.10. Stratégies de compensation de l'énergie réactive :

Les stratégies de compensation de l'énergie réactive sont essentielles pour optimiser l'efficacité et la fiabilité des réseaux électriques [1].

1.10.1 Méthodes de détermination de la compensation requise :

Pour déterminer la compensation nécessaire en énergie réactive, différentes méthodes sont utilisées. L'analyse des données de charge examine les schémas de consommation électrique pour identifier les besoins. La mesure du facteur de puissance évalue le rapport entre l'énergie active et l'énergie apparente. En outre, l'évaluation des besoins des équipements électriques permet de déterminer la quantité totale requise pour le système [8].

1.10.2 Moyens de compensation employés :

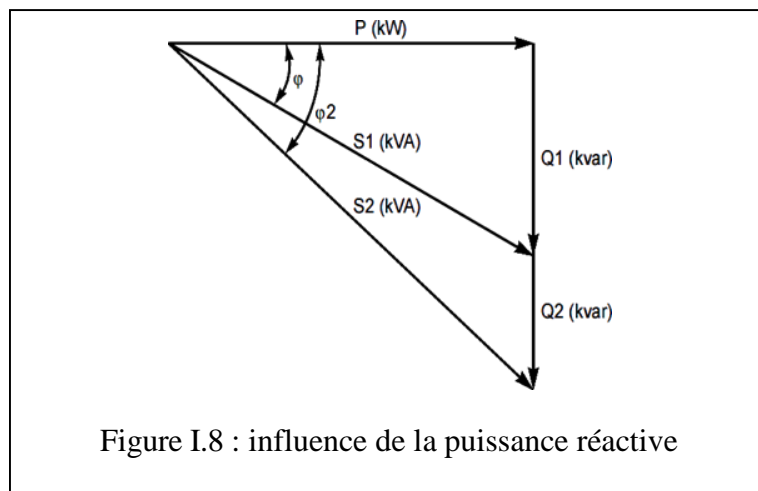
- L'utilisation de batteries de condensateurs, des dispositifs capables de fournir de l'énergie réactive au réseau électrique en réagissant instantanément aux variations de charge.
- Les bobines de compensation, qui compensent l'excès d'énergie réactive en absorbant une partie de cette énergie dans le système.
- Les unités statiques de compensation, telles que les filtres actifs et les dispositifs électroniques, qui fournissent de l'énergie réactive de manière dynamique et précise.
- D'autres dispositifs électriques spécifiquement conçus, tels que les convertisseurs statiques, qui peuvent être utilisés pour fournir de l'énergie réactive selon les besoins du système.

1.10.3 Avantages techniques et économiques :

La compensation de l'énergie réactive présente des avantages techniques et économiques. Elle améliore le facteur de puissance, réduit les pertes d'énergie et stabilise la tension du réseau. De plus, elle prolonge la durée de vie des équipements électriques et contribue à réduire les coûts d'exploitation du réseau.

1.10.4 Utilisation des batteries de condensateurs pour la compensation de puissance réactive :

Les condensateurs sont des composants électriques fondamentaux utilisés pour stocker et libérer de l'énergie électrique sous forme de champ électrostatique [9].



Q1: énergie réactive pour un angle de déphasage φ

Q2 : énergie réactive pour un angle de déphasage φ_2

- **Structure et fonctionnement** : Les condensateurs sont constitués de deux plaques métalliques séparées par un matériau isolant, le diélectrique. Lorsqu'une différence de potentiel est appliquée, les électrons s'accumulent sur les plaques, créant un champ électrique et stockant de l'énergie électrique.
- **Capacité** : Mesurée en Farads (F), la capacité d'un condensateur dépend de la surface des plaques, de la distance entre elles et du diélectrique.
- **Chargement et déchargement** : Connecté à une source de tension, le condensateur se charge jusqu'à atteindre la tension de la source. L'énergie est stockée pendant la charge et libérée lors de la décharge.
- **Réactance capacitive** : En courant alternatif, les condensateurs présentent une impédance appelée réactance capacitive, mesurée en ohms (Ω). Cette réactance diminue avec la fréquence, facilitant le passage du courant.

1.10.5 Fonctionnalités des condensateurs de puissance :

Les condensateurs de puissance, conçus pour des niveaux élevés de tension et de courant, garantissent des performances fiables dans diverses applications. Ces fonctionnalités sont [12] :

- **Stockage d'énergie** : Les condensateurs de puissance stockent d'importantes quantités d'énergie électrique.
- **Compensation de puissance réactive** : Ils maintiennent un facteur de puissance élevé pour réduire les pertes d'énergie.
- **Filtrage de tension** : Ils stabilisent la tension pour assurer le bon fonctionnement des équipements.
- **Couplage de circuits** : Ils permettent l'isolement électrique des signaux ou le transfert d'énergie entre circuits.
- **Protection des équipements** : Ils absorbent les surtensions pour protéger les équipements sensibles.
- **Applications variées** : Polyvalents, ils sont utilisés dans de nombreux domaines comme l'électronique de puissance et les systèmes de climatisation.

1.10.6 Composition d'une batterie de condensateurs :

La batterie de condensateurs, essentielle pour corriger la puissance réactive, comprend différents éléments : les condensateurs stockent et libèrent l'énergie électrique, les connecteurs assurent la connexion au réseau, les dispositifs de sécurité protègent contre les surtensions, le système de contrôle surveille les paramètres électriques, et le boîtier protège l'ensemble de manière sécurisée, à l'intérieur ou à l'extérieur des installations industrielles [10].

1.10.7 Types d'installation de batteries de condensateurs (Shunt, Série) :

Les batteries de condensateurs peuvent être installées selon deux configurations principales : en parallèle (shunt) et en série. Chaque configuration présente des caractéristiques distinctes et est adaptée à des applications spécifiques [12].

1.10.7.1 Installation en parallèle (Shunt) :

Dans ce type d'installation, les condensateurs sont connectés en parallèle avec la charge ou le réseau électrique principal, réduisant ainsi la puissance réactive. Cette configuration offre une flexibilité spatiale, les condensateurs pouvant être placés où la puissance réactive est générée, adaptés aux charges dispersées. De plus, leur contrôle est simplifié car ils sont directement connectés au point d'utilisation [12].

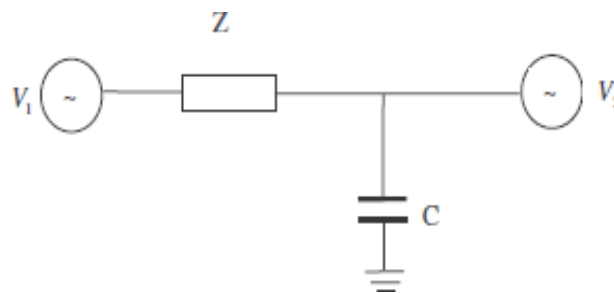


Figure I.9 : Schéma d'un condensateur monté en parallèle sur une ligne [12].

1.10.7.2 Installation en série :

Dans une installation en série, les condensateurs sont en série avec la charge ou le réseau électrique.

Cette configuration est employée dans des applications spécifiques où la correction de la puissance réactive doit être sélective ou stratégique. Le contrôle des condensateurs en série est souvent centralisé, exigeant des dispositifs de surveillance avancés [12].

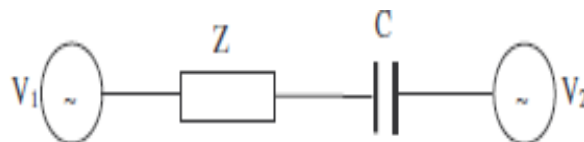


Figure I.10 : Schéma d'un condensateur monté en série sur une ligne [12].

1.10.8 Modes de couplage et critères de sélection (Triangle, Étoile)

Les modes de couplage des batteries de condensateurs, en triangle et en étoile, déterminent la façon dont les condensateurs sont connectés électriquement dans le système [11].

1.10.8.1 Couplage en triangle :

Dans ce mode de couplage, les condensateurs sont connectés en série pour former un circuit fermé en forme de triangle, chaque extrémité étant reliée à une phase du système électrique. Cette configuration est fréquemment adoptée dans les réseaux à haute tension. La puissance réactive fournie par l'ensemble des condensateurs est calculée par la relation suivante : (I.8)

$$Q_C = 3C.m.U^2 \quad (\text{I.8})$$

$$\text{Avec } \omega = 2\pi f \quad C_{\Delta} = (\tan \varphi - \tan \varphi') / 3U^2 \quad (\text{I.9})$$

1.10.8.2 Couplage en étoile :

Dans le couplage en étoile, les condensateurs sont connectés à un point commun, formant ainsi une configuration similaire à une étoile. Chaque condensateur est connecté entre une phase et le point commun. Ce mode est souvent utilisé dans les réseaux à tension moyenne ou basse.

La puissance réactive fournie par l'ensemble des condensateurs est donnée par la relation suivante :

$$Q_C = C.m.U^2 \quad (\text{I.10})$$

La valeur de la capacité de chaque condensateur est :

$$C_{\Delta} = (\tan \varphi - \tan \varphi') / U^2 \omega \quad (\text{I.11})$$

On remarque que :

$$C_Y = 3.C_{\Delta} \quad (\text{I.12})$$

Critères de sélection :

Les critères de sélection pour le choix du couplage dans un système électrique incluent la tension du système, la distribution de la puissance réactive, la sécurité et la maintenance, ainsi que les coûts et la complexité. Le couplage en triangle est optimal pour les systèmes à haute tension, tandis que le couplage en étoile est préférable pour les systèmes à tension moyenne ou basse. Sur le plan financier, le couplage en étoile est généralement plus économique et moins complexe à installer.

I.11 Choix des emplacements pour les batteries (Individuelle, Partielle, Globale, Combinée)

Le processus de sélection des emplacements pour les batteries de condensateurs est important afin d'optimiser la correction de la puissance réactive dans une installation électrique. Il implique une analyse minutieuse de divers facteurs propres à chaque installation [12].

I.11.1 Batterie de condensateurs individuelle :

Dans cette disposition, une batterie de condensateurs est attribuée spécifiquement à la correction de la puissance réactive d'une charge déterminée. Cette méthode est préférée lorsque des charges spécifiques dans l'installation produisent une quantité significative de puissance réactive, telles que les moteurs électriques ou les équipements de soudage.

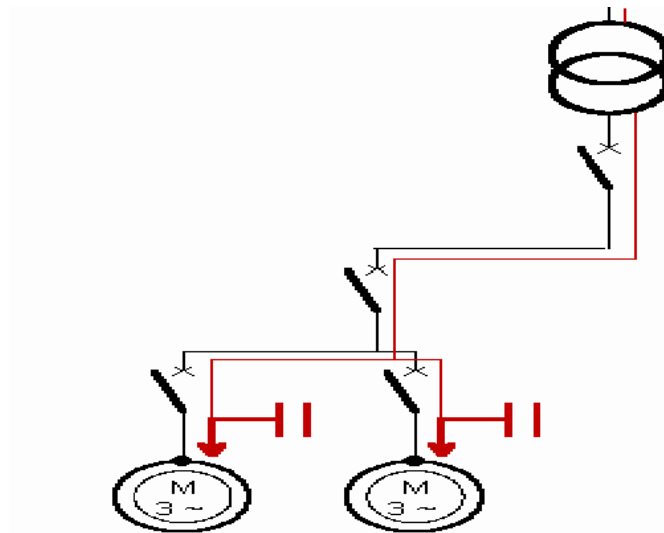


Figure I.13 : Compensation individuelle

I.11.4 Batterie de condensateurs partielle (par secteur) :

Une batterie de condensateurs partielle est installée pour rectifier la puissance réactive d'une section spécifique de l'installation électrique. Cette disposition est adoptée lorsque certaines parties du réseau ont des charges générant une puissance réactive élevée, tandis que d'autres zones nécessitent peu ou pas de correction.

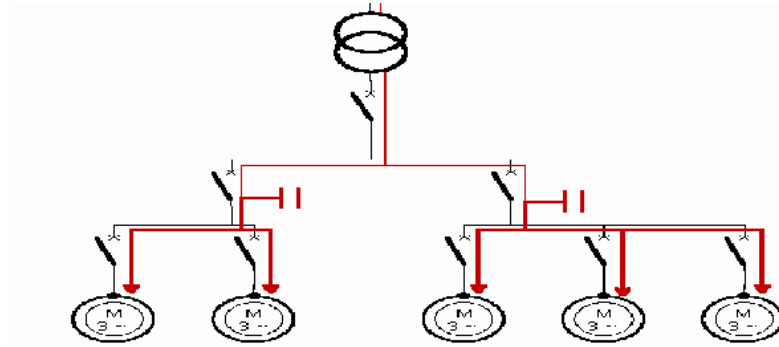


Figure I.14 : Compensation partielle

II.11.4 Batterie de condensateurs globale :

La batterie de condensateurs globale est conçue pour rectifier la puissance réactive de l'intégralité de l'installation électrique. Cette configuration est recommandée lorsque la majorité des charges sur le réseau génèrent une puissance réactive significative et nécessitent donc une correction constante.

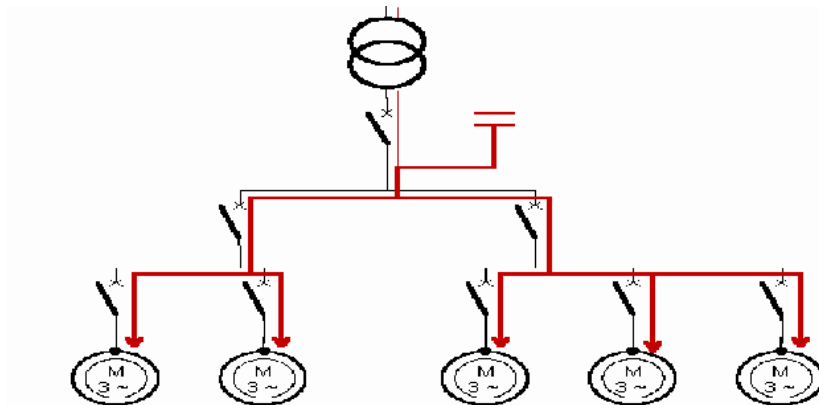


Figure I.15 : Compensation global

III.11.4 Batterie de condensateurs combinée :

La batterie de condensateurs combinée utilise différentes configurations pour répondre aux besoins de l'installation. Des batteries individuelles sont déployées pour des charges critiques, tandis que des batteries partielles ou globales sont utilisées pour d'autres parties du réseau.

Critères de sélection :

Tout d'abord, l'analyse des charges est cruciale pour identifier les composants générant une puissance réactive importante. Ensuite, la répartition de cette puissance réactive dans le réseau est examinée afin de localiser les zones nécessitant une correction. Les coûts d'installation et d'exploitation des batteries de condensateurs sont évalués pour déterminer la configuration la plus économique. Enfin, la flexibilité opérationnelle est prise en compte, tenant compte des évolutions futures de la charge et des modifications éventuelles du système électrique pour garantir une flexibilité opérationnelle optimale.

Conclusion

Dans ce premier chapitre sur les réseaux électriques industriels, nous avons étudié les principes fondamentaux tels que les énergies active et réactive, les puissances active, réactive et apparente, ainsi que le facteur de puissance. Nous avons examiné les facteurs de correction essentiels pour optimiser le fonctionnement de ces réseaux, ainsi que les sources et consommateurs d'énergie réactive. De plus, nous avons exploré les stratégies de compensation de l'énergie réactive, en mettant en évidence leurs avantages techniques et économiques. Ce chapitre fournit une base fondamentale pour comprendre et améliorer les performances des réseaux électriques industriels, ouvrant la voie à des études plus approfondies sur la gestion de l'énergie électrique dans ces environnements.

***Chapitre II : Tarification
de l'énergie au niveau
de la SONELGAZ***

II.1. Introduction :

Ce chapitre se concentre sur les méthodes de tarification de l'énergie électrique adoptées par la SONELGAZ. Nous examinerons en détail la structuration et l'organisation des tarifs appliqués. De plus, nous étudierons la gestion des plages horaires de consommation et fournirons une analyse approfondie des différents tarifs et périodes tarifaires proposés. Nous explorerons également les caractéristiques des clients alimentés en Haute Tension (H.T), Moyenne Tension (M.T) et Basse Tension (B.T).

II.2. Approches tarifaires :

Nous explorons les méthodes tarifaires appliquées par la SONELGAZ pour l'électricité. Nous incluons la tarification basée sur la consommation d'énergie active, mesurée en kilowattheures (kWh), ainsi que la tarification basée sur l'appel de puissance active, exprimé en kilowatts (kW). Ces méthodes déterminent les coûts mensuels en fonction de la consommation réelle et de la demande de puissance électrique sur des intervalles de temps spécifiques [14].

II.2.1. Tarification basée sur la consommation d'énergie active :

L'électricité est facturée en fonction de la quantité d'énergie active consommée, mesurée en kilowattheures (kWh). De plus, chaque abonné doit acquitter une redevance d'abonnement, destinée à couvrir les coûts de raccordement au réseau, indépendamment de sa consommation effective [14].

II.2.2. Tarification basée sur l'appel de puissance active :

Outre la consommation en kWh, le coût mensuel de l'électricité dépend également de l'appel de puissance active, exprimé en kilowatts (kW). L'appel de puissance représente la moyenne de la puissance absorbée par un client sur un intervalle de temps spécifié, généralement d'environ 10 minutes [14].

II.2.3. Tarification basée sur la puissance apparente :

Les dispositifs électriques en courant alternatif, comme les moteurs et les transformateurs, nécessitent un champ magnétique pour leur fonctionnement. En plus

de la puissance active, ils doivent absorber de la puissance réactive pour maintenir ce champ. Cette dernière devient plus notable lorsque le facteur de puissance s'éloigne de l'unité.

II.3 Méthodes de tarification appliquées par la SONELGAZ

Le dispositif de tarification mis en place par la SONELGAZ vise à garantir la fourniture d'électricité avec un niveau de qualité conforme aux normes établies, tout en minimisant les coûts associés. En tant qu'entreprise de service public, SONELGAZ s'engage à maintenir une efficacité économique optimale dans ses politiques tarifaires. Cela implique une gestion rigoureuse des coûts de l'énergie électrique, en tenant compte des aspects techniques et économiques inhérents à la distribution d'électricité. L'objectif est de concilier la rentabilité financière avec la satisfaction des besoins énergétiques de la population, dans le respect des standards de qualité et de fiabilité du réseau électrique [14].

II.4 Organisation et structure des tarifs par la SONELGAZ

La tarification appliquée par la SONELGAZ est représentée sous forme d'un polynôme, exprimé comme suit :

$$R = a + cP_c + dP_a + \sum h. E_h + g(W - r. E) \quad (\text{II.1})$$

Dans cette expression :

- R désigne le montant mensuel de la facture en dinars algériens (DA/mois).
- Le terme « a » représente la constante.
- Le deuxième terme $cP_c + dP_a$ facture la puissance PMD et PMA.
- Le troisième terme $\sum h. E_h + g(W - r. E)$ facture les énergies actives et réactive.

II.4.1. Terme constant « a » :

Le premier terme constant a (exprimé en DA/mois) concerne les frais fixes liés à la gestion technique et commerciale de l'abonné. Il couvre les coûts d'entretien du raccordement au réseau, de maintenance régulière, de vérification des relevés de comptage, ainsi que les frais de facturation.

II.4.2. Facturation de la puissance:

Le deuxième terme ($cP_C + dP_a$) facture la puissance en fonction de deux paramètres : la puissance mise à disposition et la puissance appelée.

II.4.2.1. Facturation de la puissance maximale absorbée :

La facturation de cet aspect est déterminée par le terme dP_a , où :

- d : représente le prix unitaire de la puissance absorbée en DA par kilowatt par mois ;
- P_a : désigne la puissance maximale absorbée par l'abonné pendant la période de facturation (1 mois), déterminée par un dispositif inductif installé sur le panneau de comptage.

II.4.2.2. Facturation de la puissance mise à disposition :

La puissance mise à disposition est tarifée selon l'expression cP_C , où :

- c : représente le prix unitaire en DA par kilowatt par mois ;
- P_C correspond à la puissance mise à disposition en kilowatts.

A. Définition de la puissance mise en disposition :

La puissance mise à disposition, mesurée en kilowatts (kW), représente la capacité maximale de puissance électrique disponible pour un abonné à un instant précis. Elle reflète la quantité d'électricité que l'abonné peut consommer simultanément en fonction de son contrat avec le fournisseur. Cette valeur est déterminée par la capacité du raccordement électrique de l'abonné et dépend de facteurs techniques tels que la taille des câbles, des transformateurs et la capacité du compteur électrique.

B. Révision de la hausse et de la baisse :

B.1. Révision de la hausse :

La révision à la hausse de la puissance est gérée de manière similaire à la première attribution. Le client doit obtenir l'approbation de la SONELGAZ pour la nouvelle valeur de puissance demandée et sa date de mise à disposition.

- Si la puissance demandée est disponible, la SONELGAZ répond favorablement à la demande du client immédiatement.
- Si la nouvelle demande nécessite un renforcement du réseau, la SONELGAZ la prendra en charge dans les limites des délais de réalisation de ce renforcement, qui seront à la charge du client [15].

B.2. Révision de la baisse :

La révision à la baisse de la puissance mise à disposition n'est pas autorisée pendant la durée du contrat de fourniture d'électricité. Cela signifie que l'abonné ne peut pas réduire la capacité de puissance électrique qui lui est allouée pendant la période de son contrat avec le fournisseur d'électricité. Cette mesure vise à garantir la stabilité et la fiabilité du réseau électrique, en évitant les fluctuations soudaines de la demande de puissance qui pourraient entraîner des déséquilibres dans la distribution d'électricité.

B.3. En cas de dépassement de la puissance de la mise en disposition:

En cas de dépassement de la puissance mise à disposition, les actions suivantes sont mises en œuvre :

Lors du premier dépassement, le client reçoit un avertissement officiel de la part de la SONELGAZ. En cas d'un second dépassement survenant dans les douze (12) mois suivants, la SONELGAZ se réserve le droit :

- Soit d'ajuster la puissance mise à disposition à une nouvelle valeur, si le réseau le permet.

- Soit d'exiger du client qu'il prenne à sa charge les mesures nécessaires pour limiter la puissance appelée à la valeur contractuelle de la puissance mise à disposition.

Ces mesures peuvent inclure l'installation de dispositifs automatiques de limitation.

II.4.3. Facturation de l'énergie :

Nous abordons les principes fondamentaux du processus de facturation utilisé par la SONELGAZ. Cette partie du chapitre explore les méthodes de calcul et d'évaluation de la consommation d'énergie, ainsi que les éléments essentiels de la facture énergétique, comme les tarifs appliqués et les frais associés. Elle vise à clarifier les aspects clés de la facturation pour permettre une meilleure gestion des coûts énergétiques [14] [15].

II.4.3.1. Energie active :

Les énergies active et réactive sont facturées selon le terme :

$\sum e_h \cdot E_h + g(W - r \cdot E)$ de la formule tarifaire où :

e_h : est le prix unitaire de l'énergie active pour le poste horaire h en cDA/kWh ;

E_h : est l'énergie active [kWh] consommée au cours du moins dans le poste horaire h ; E : est l'énergie active (kWh) consommée au cours du moins ;

W : est l'énergie réactive (kVArh) consommée au cours du moins ;

r : est la valeur du rapport : $\tan \varphi = \frac{W}{E}$ (II.2)

g : est le prix unitaire de l'énergie réactive cDA/kVArh.

II.4.3.2. Energie réactive :

L'énergie réactive est incluse dans les tarifs de l'énergie active jusqu'à concurrence de 50%. Si la consommation d'énergie réactive dépasse cette limite pendant le mois considéré, le surplus est facturé à l'abonné selon les tarifs en vigueur.

En revanche, toute énergie réactive non consommée en dessous de ces 50% est créditée à l'abonné sous forme de kVArh.

II.5 Gestion des plages horaires de consommation :

La tarification de l'énergie électrique est basée sur une modulation du prix en fonction de l'heure de consommation. Cette variation résulte des conditions naturelles, des habitudes sociales et du développement économique du pays, entraînant d'importantes fluctuations de la demande tout au long de la journée. Trois plages horaires sont définies en fonction de l'heure légale [14] :

- **Les heures de pointe** : de 17h à 21h tous les jours de l'année, correspondent à une forte demande en électricité, ce qui se traduit par un prix du kWh plus élevé.
- **Les heures pleines** : de 6h à 17h et de 21h à 22h30 tous les jours de l'année sont caractérisés par une demande moyennement élevée, avec un prix du kWh moins élevé par rapport aux heures de pointe.
- **Les heures creuses** : de 22h30 à 6h tous les jours de l'année, sont associées à une faible demande en électricité, ce qui se traduit par un prix du kWh encore plus bas par rapport aux heures de pointe et aux heures pleines.

Les heures de pointe influent sur les investissements réalisés dans les moyens de production et les réseaux de transport et de distribution pour répondre à la demande. Ainsi, l'électricité coûte plus cher pendant les périodes de pointe en raison des frais d'exploitation élevés associés au fonctionnement des installations moins performantes et à l'augmentation des pertes d'énergie.

En revanche, les contraintes en termes d'investissements et d'exploitation étant moins importantes pendant les périodes moins chargées de la journée, le coût de fourniture de l'énergie est plus bas pendant les heures creuses du réseau.

Dans le système tarifaire, la période de pointe est définie comme une plage horaire continue de quatre heures, valable toute l'année.

II.6 Présentation détaillée des différents tarifs et périodes tarifaires :

Dans ce chapitre nous examinons en profondeur les structures tarifaires en vigueur, fournissant une analyse approfondie des modalités spécifiques de chaque tarif. En particulier, il explore les périodes tarifaires correspondantes, détaillant les plages horaires et les conditions qui influencent la facturation de l'énergie. Cette approche détaillée vise à offrir une compréhension complète des mécanismes de tarification utilisés par SONELGAZ, soulignant leur impact sur la gestion et la planification de la consommation d'énergie [14].

II.6.1. Description approfondie des tarifs proposés :

Pour répondre à la diversité des abonnés en termes de taille et de régime de consommation, le système tarifaire propose plusieurs options. Les choix tarifaires sont ouverts et s'adaptent aux caractéristiques de la demande, au niveau de puissance requis, au mode d'utilisation de l'énergie et à la possibilité de modulation. Ainsi, une gamme de tarifs est disponible pour les abonnés de chaque catégorie de tension de livraison.

Les tarifs d'électricité actuellement en vigueur sont classés en trois catégories, chacune regroupant les tarifs en fonction du niveau de tension auquel le client est raccordé :

- Première catégorie (haute tension) : tarif 30

Les valeurs proposées par SONELGAZ sont : 60 kV, 90 kV et 220 kV.

- Deuxième catégorie (moyenne tension) : tarif 40 Les valeurs proposées sont : 5,5 kV, 10 kV et 30 kV.

- Troisième catégorie (basse tension) : tarif 50

Les valeurs proposées sont : 0,110 kV, 0,220 kV et 0,380 kV.

II.6.1.1. Profil des clients alimentés en haute tension (60-90 et 220kV) :

Deux tarifs sont proposés à cette clientèle industrielle comme on le voit dans le tableau (II.1) :

Tarif 31 : Recommandé pour les clients dont le fonctionnement s'étend sur les trois plages horaires (heures de pointe, heures pleines, heures creuses).

- Tarif 32 : Offre une seule plage horaire (poste unique) pour les abonnés utilisant la puissance mise à disposition pendant environ 5000 heures, sans réduction de consommation pendant les heures de pointe. Ce tarif s'adresse notamment aux clients du secteur des hydrocarbures dans le sud [14].

Code Tarif	Redevance fixe DA/mois	Prix de la puissance DA/kW /mois		Prix de l'énergie active cDA/kWh				Prix de l'énergie réactive cDA/kvarh	
		Mise à disposition	Absorbée	Pointe	Pleine	Nuit	Poste Unique	Malus	Bonus
31	505 413,28	37,93	189,46	660,85	136,62	59,03		31,01	6,20
32	505 413,28	100,94	505,38				136,94	31,01	6,20

Tab II.1 : Tarifs applicable aux clients haute tension classe B (HTB) [14].

II.6.1.2. Profil des clients alimentés en moyenne tension (5.5-10 et 30kV) :

Quatre tarifs sont proposés pour la clientèle des secteurs industriel et tertiaire voir tableau (II.2) :

Tarif 41 : Destiné aux grands consommateurs du secteur industriel, ce tarif est optimal pour ceux ayant une forte consommation d'électricité pendant les heures pleines et creuses.

Tarif 42 : Idéal pour les clients avec une consommation élevée en journée, tels que les stations de pompage et les banques.

Tarif 43 : Adapté aux clients nécessitant une puissance importante durant la nuit, comme les hôtels et les forages hydrauliques.

Tarif 44 : Conçu pour les clients temporaires, tels que les chantiers, ou ceux ayant des arrêts annuels prolongés, comme les carrières et les centres de vacances.

Remarque :

Tarif 41 : Le coût du kWh en heures de pointe est équivalent à 9 fois celui du kWh consommé la nuit et à 5 fois celui consommé en heures pleines.

Tarif 42 : Le coût du kWh en heures de pointe est 5 fois supérieur à celui du kWh consommé en heures creuses.

Code Tarif	Redevance fixe DA/mois	Prix de la puissance DA/kW/mois		Prix de l'énergie active cDA/kWh						Prix de l'énergie réactive cDA/kvarh	
		Mise à disposition	Absorbée	Pointe	Pleine	Nuit	Hors pointe	Jour	Poste unique	Malus	Bonus
41	38 673,35	25,85	116,15	872,02	193,76	102,40				45,53	9,11
42	515,65	38,70	180,58	872,02			180,64			45,53	9,11
43	515,65	38,70	154,56			102,40		428,30		45,53	9,11
44	515,65	38,70	180,58						375,62	45,53	9,11

Tab II.2 : Tarifs applicable aux clients haute tension classe A (HTA) [14].

II.6.1.3. Profil des clients alimentés en basse tension (110V-220V et 380V) :

Quatre tarifs sont proposés à cette clientèle voire tableaux (II.3, II.3.1, II.4 et II.4.1) : Tarif 51 : Recommandé pour les clients importants alimentés en basse tension et pour ceux alimentés en moyenne tension avec une faible consommation.

Tarif 52 : Principalement destiné aux exploitations agricoles.

Tarif 53 : Recommandé pour les clients ayant une forte consommation d'électricité durant la nuit, tels que l'éclairage public et les boulangeries.

Tarif 54 : Destiné aux clients résidentiels qui est divisé en quatre tranches pour les ménages et trois pour les non ménages comme nous pouvons le voir dans les tableaux (II.4) (II.6)

Pour les clients ménages :

Types de Tarif	Code Tarif	Redevance fixe DA/mois	Prix de la puissance mise à disposition DA/kW/mois	Prix de l'énergie active cDA/kWh				
				Pointe	Pleine	Nuit	Hors pointe	Jour
Tarifs postes horaires	51M	286,44	29,85	811,47	216,45	120,50		
	52M	66,40	29,85	811,47			178,07	
	53M	66,40	14,81			120,50		486,98

Tab II.3: Tarifs applicable aux clients basse tension client ménages [14].

Types de tarif	Code Tarif	Redevance fixe DA/mois	Prix de la puissance mise à disposition DA/kW/mois	Prix de l'énergie active cDA/kWh			
				Tranche1	Tranche2	Tranche3	Tranche4
Tarif progressif	54M	/	4,37	177,87 547,96	417,89	481,20	

Tab II.4: Tarif progressif applicable aux clients basse tension ménages [14].

Le tarif 54 (Tranche 1) : il s'applique aux quantités de kilowattheures consommées par les ménages, jusqu'à une limite de 41,67 kilowattheures par mois, (soit 500 kilowattheures par an).

Le tarif 54 (Tranche 2) : il s'applique aux quantités de kilowattheures consommées par les ménages, dépassant 41,67 kilowattheures par mois et ne dépassant pas 83,33 kilowattheures par mois (entre 501 et 1 000 kilowattheures par an inclus).

Le tarif 54 (Tranche 3) : il concerne les quantités de kilowattheures consommées par les ménages, dépassant 83,33 kilowattheures par mois et ne dépassant pas 333,33 kilowattheures par mois (entre 1 001 et 4 000 kilowattheures par an inclus).

Le tarif 54 (Tranche 4) : il est applicable aux quantités de kilowattheures consommées par les ménages, au-delà de 333,33 kilowattheures par mois (plus de 4 000 kilowattheures par an).

Pour les clients non ménages :

Types de tarif	Code tarif	Redevance fixe DA/mois	Prix de la puissance mise à disposition DA/kW/mois	Prix de l'énergie active cDA/kWh				
				Pointe	Pleine	Nuit	Hors	Jour
							pointe	
Tarif postes horaires	51NM	286,44	29,85	811,47	216,45	120,50		
	52NM	66,40	29,85	811,47			178,07	
	53NM	66,40	14,81			120,50		486,98

Tab II.5 : Tarifs applicables aux clients basse tension non ménages [14].

Types de Tarifs	Code Tarif	Redevance fixe DA/mois	Prix de la puissance mise à disposition DA/kW/mois	Prix de l'énergie active cDA/kWh		
				Tranche1	Tranche2	Tranche3
Tarif progressif	54NM	/	4,37	417,89	481,20	547,96

Tab II.6 : Tarif progressif applicable aux clients basse tension non ménages [14].

Le tarif 54 (Tranche 1) : il s'applique aux quantités de kilowattheures consommées par les clients non ménages, jusqu'à concurrence de 83,33 kilowattheures par mois (1 000 kilowattheures par an).

Le tarif 54 (Tranche 2) : il concerne les quantités de kilowattheures consommées par les clients non ménages, dépassant 83,33 kilowattheures par mois et ne dépassant pas 333,33 kilowattheures par mois (entre 1 001 et 4 000 kilowattheures par an inclus).

Le tarif 54 (Tranche 3) : il s'applique aux quantités de kilowattheures consommées par les clients non ménages, au-delà de 333,33 kilowattheures par mois (plus de 4 000 kilowattheures par an).

Conclusion

Le prix élevé de l'énergie aux heures de pointe et son faible coût aux périodes creuses encouragent les utilisateurs à décaler leur consommation vers les heures moins chargées. La tarification agit ainsi comme un puissant incitatif.

La différenciation des prix par période horaire pousse à réduire la demande pendant les heures de pointe, optimisant ainsi l'utilisation du réseau électrique.

La facturation de la puissance renforce l'efficacité économique, en tenant compte à la fois de la puissance maximale utilisée chaque mois et de la puissance réservée pour l'abonné. En somme, la tarification par SONELGAZ est un outil essentiel pour gérer la demande en électricité, favoriser une consommation équilibrée et maintenir l'efficacité économique du réseau.

***Chapitre III : évaluation
de l'installation
électrique analysé***

III.1 Introduction

L'analyse détaillée d'une installation électrique nécessite une approche technique et scientifique. Nous commencerons par une description générale de l'entreprise, suivie de l'examen des composants essentiels tels que les transformateurs, les panneaux de comptage, et le schéma unifilaire de l'installation. Ensuite, nous effectuerons une étude approfondie des méthodes de calcul de la puissance d'utilisation, des bilans de puissance des tableaux secondaires et du tableau général basse tension (TGBT). Enfin, nous analyserons la consommation d'énergie active et réactive, ainsi que les coûts associés, avant de proposer des solutions pour l'optimisation de l'efficacité énergétique de l'installation.

III.2 Présentation des données de l'installation

SBI « Société Briqueterie IZERKHEF » est une entreprise privée algérienne située à environ 17 kilomètres de Tizi-Ouzou, et la première briqueterie en Algérie en termes de capacité et de chiffre d'affaires, occupe une superficie de plus de 7 hectares.

Sa mission dans cette filière, est la production des briques en argile rouge et briques creuses en terre cuite. C'est la plus grande capacité installée de l'Afrique du nord.

Cette entreprise a démarré ces travaux par une première unité tout en adaptant une stratégie de haute qualité pour ses produits et a mis en place un système de fabrication de haute technologie, elle est entièrement informatisée et toutes les étapes de la fabrication sont gérées par les 3 salles de contrôle machine [19].

III.2.1 Répartition des transformateurs :

Cette entreprise a 3 transformateurs de 30 Kv/400 V

Chaque transformateur alimente une ou plusieurs zones ;

Transformateur 1 ($\cos \varphi = 0.91$) alimente : le dépilage, le four, l'empilage

Transformateur 2 ($\cos \varphi = 0.90$) alimente : la production

Transformateur 3 ($\cos \varphi = 0.72$) alimente : le séchoir et la préparation (ce transformateur va être le sujet de notre étude dans le prochain chapitre)

Panneau de comptage :

L'ACE 6000, est un compteur électronique d'énergie électrique à branchement direct et indirect, destiné à équiper les clients moyenne tension.

Le compteur ACE 6000 PME/PMI est destiné au client dont l'installation est connectée au réseau de type triphasé BT et dont le contrat est supérieur à 36 kVA.

L'ACE 6000 PME/PMI est un compteur quatre quadrants permettant de couvrir les besoins des contrats producteur et consommateur en un seul et même produit.

III.2.1.1 Caractéristiques techniques :

Classe de précision Classe C suivant EN 50470 (énergie active) Classe 2 suivant CEI 62053-23 (énergie réactive).

Conformité Spécifications ERDF H-R43-2006-00900 Spécifications ERDF H-R43-2006-00902 Spécifications ERDF H-R43/04/024

Réseau Triphasé 4 fils – 3×230/400 V – 50 Hz Branchement Branchement dissymétrique VDE.

Courant Nominal 5 A – Maximal 6 A – Démarrage 0,05 A Domaine de fonctionnement nominal –20°C, +55°C Encombrement H 301 mm x L 173 mm x P 78 mm Montage En saillie sur tableau de comptage.

Pile Réserve de marche 3 ans hors secteur Durée de vie typique 10 ans

Période d'intégration Programmable de 5 min à 60 min

Courbe de charge 2 courbes de charge en configuration consommateur 6 courbes de charge en configuration producteur

Profondeur de la courbe de charge 45 jours minimum en consommateur 15 jours minimum en producteur Contact tarif dynamique 100 / 250V.

Communication Télé relevable par modem GSM externe (Trimaran+), par modem CPL externe.

Relevable et configurable par liaison optique (EN 62056-21) et par modem Euridisexterne (Euridis+).

Données disponibles pour le client sur le port de distribution client.



Figure III.2 : Compteurs Electronique Triphasé ACE 6000 M.T

III.2.2 Police d'abonnement :

La briqueterie IZERKHEF est cliente de SONELGAZ pour une alimentation en électricité de moyenne tension, soit 30 kV. Elle a établi un contrat pour une puissance mise à disposition (PMD) de 3000 kW, correspondant au tarif 41.

III.3 Analyse de la consommation de l'installation électrique :

La consommation d'énergie active et réactive de l'usine durant les douze mois de l'année 2023 est résumée par le tableau (III.1).

Mois	PMD (kW)	PMA (kW)	Pointe (kWh)	Pleine (kWh)	Creuse (kWh)	Total (kWh)	W (kVARh)	Cos ϕ
Janvier	3000	1592	113748	384895	242255	740898	615277	0.83
Février	3000	1531	85571	312934	200139	598644	471330	0.78
Mars	3000	1481	88487	386102	266549	741138	590596	0.79
Avril	3000	1437	87537	313471	210078	611086	489325	0.80

Mai	3000	1549	69016	264402	167466	500884	401791	0.80
Juin	3000	1484	81826	326466	201913	610205	489654	0.80
Juillet	3000	1487	83065	352035	255214	690314	517119	0.78
Aout	3000	1413	101156	327747	220371	649274	536811	0.82
Septembre	3000	1550	127761	422983	268723	819467	641465	0.78
Octobre	3000	1546	127426	420493	275676	823595	652407	0.79
Novembre	3000	1508	86057	344561	238570	669188	549915	0.82
Décembre	3000	1524	61170	267478	195977	524625	436158	0.83

Tableau III.1: La consommation annuelle de l'installation électrique en 2023

III.3.1 Consommation d'énergie active :

La consommation totale d'énergie active a été évaluée à 7 799 316 kWh, répartie mensuellement (comme indiqué dans le tableau III.1) et distribuée entre les trois plages horaires de la manière suivante :

En heures de pointe : 1 112 820 kWh, ce qui représente 14,26 % de l'énergie active totale ;

En heures creuses : 4 123 567 kWh, soit 52,87 % de l'énergie active totale ;

En heures pleines : 2 742 931 kWh, correspondant à 35,16 % de l'énergie active totale.

III.3.2 Consommation d'énergie réactive :

L'énergie réactive consommée pendant la période concernée s'élève à 6 391 848 kVARh (voir tableau III.1), avec un facteur de puissance moyen estimé à 0,843 (inférieur à 0,894). L'entreprise subit des pénalités en raison de l'excès de consommation d'énergie réactive, ce qui rend nécessaire la mise en place d'une compensation.

III.3.3 Coût de l'énergie active consommé :

Le coût total de l'énergie active consommée par l'entreprise, selon le tarif 41, s'élève à 30 073 764,69 DA, réparti comme suit (voir tableau III.2) :

- 9 704 012,96 DA en heures de pointe, représentant 32,26%
- 7 989 823,42 DA en heures pleines, représentant 26,56%
- 2 778 041,34 DA en heures creuses, représentant 9,23%.

III.4 Application des méthodes de réduction

• Choix de la PMD

Les résultats de la puissance consommée par les équipements de l'usine sont présentés dans les tableaux (III.1). La capacité des trois transformateurs de l'entreprise est de 638 kW, 682kW et 331 kW, respectivement.

La puissance totale consommée par l'entreprise s'élève à : $P_t = 1651$ kW. En conséquence, la puissance mise à disposition (PMD) choisie par l'entreprise est de 3000 kW.

III.4.1 Révision de la police d'abonnement :

Les montants de consommation sur les 12 mois avec chaque tarif appliqué, sont : voir les tableaux (III.3) (III.4) (III.5) (III.6).

- Avec le tarif 41 : Montant = 30073764,69DA ;
- Avec le tarif 42 : Montant = 33349364,25DA ;
- Avec le tarif 43 : Montant = 34115906,49DA ;
- Avec le tarif 44 : Montant = 42638224,98DA ;

On conclue que le tarif idéal pour l'usine en termes d'économie est le tarif 41 après simulation comme nous pouvons le voir dans les tableaux 3.4.5.

mois	PMD	PMA	CREUS E	POINT E	PLEIN E	E –Total	W Cons	QosØ	W-E/2	Majoration	coût CREUSE	coût POINTE	coût PLEINE	c.PMD	d.PMA	Prime	TVA	Total à
	(Kw)	(Kw)	(Kwh)	(Kwh)	(Kwh)	(Kwh)	(Kvarh)		(Kvarh)	(DA)	(DA)	(DA)	(DA)	(DA)	(DA)	fixe (DA)	(DA)	payer (DA)
Janvier	3000	1592	242255	113748	384895	740898	615277	0,8304	244828	111470,19	248069	991905	745773	77550	184910,8	38673,35	455686,75	2876465,01
Février	3000	1531	200139	85571	312934	598644	471330	0,7873	172008	78315,24	204942	746196	606341	77550	177825,65	38673,35	366670,31	2314673,36
Mars	3000	1481	266549	88487	386102	741138	590596	0,7969	220027	100178,29	272946	771624	748111	77550	172018,15	38673,35	414409,29	2617944,98
Avril	3000	1437	210078	87537	313471	611086	489325	0,8007	183782	83675,94	215120	763340	607381	77550	166907,55	38673,35	371003,17	2342184,02
Mai	3000	1549	167466	69016	264402	500884	401791	0,8022	151349	68909,2	171485	601833	512305	77550	179916,35	38673,35	313627,82	1979527,06
Juin	3000	1484	201913	81826	326466	610205	489654	0,8024	184551,5	84026,3	206759	713539	632561	77550	172366,6	38673,35	365840,21	2309821,13
Juillet	3000	1487	225214	83065	352035	660314	517119	0,7831	186962	85123,8	230619	724343	682103	77550	172715,05	38673,35	382114,28	2413251,47
Aout	3000	1413	220371	101156	327747	649274	536811	0,8268	212174	96602,82	225660	882101	635043	77550	164119,95	38673,35	402752,34	2542179,72
Septembre	3000	1550	268723	127761	422983	819467	641465	0,7828	231731,5	105507,35	275172	1114101	819572	77550	180032,5	38673,35	496015,69	3131408,58
Octobre	3000	1546	275676	127426	420493	823595	652407	0,7921	240609,5	109549,51	282292	1111180	814747	77550	179567,9	38673,35	496576,48	3135044,76
Novembre	3000	1508	238570	86057	344561	669188	549915	0,8218	215321	98035,65	244296	750434	667621	77550	175154,2	38673,35	389835,26	2461875,42
Décembre	3000	1524	195977	61170	267478	524625	436158	0,8314	173845,5	79151,86	200680	533415	518265	77550	177012,6	38673,35	308702,17	1949389,18
Total 2023																	30073764,69	

Tableau III.2 : prix de consommation annuelle de l'entreprise en énergie active de l'année 2023 (avant compensation)

mois		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	ANNEE 2023
Coût CREUSE	(DA)	248069,12	204942,336	272946,176	215119,872	171485,184	206758,912	230619,136	225659,904	275172,352	282292,224	244295,68	200680,448	2778041,344
Coût POINTE	(DA)	991905,3096	746196,2342	771624,3374	763340,1474	601833,3232	713539,0852	724343,413	882100,5512	1114101,472	1111180,205	750434,2514	533414,634	9704012,964
coût PLEINE	(DA)	745772,552	606340,9184	748111,2352	607381,4096	512305,3152	632560,5216	682103,016	635042,5872	819571,8608	814747,2368	667621,3936	518265,3728	7989823,419
Majoration	(DA)	111470,19	78315,24	100178,29	83675,94	68909,2	84026,3	85123,8	96602,82	105507,35	109549,51	98035,65	79151,86	1100546,15
c.PMD	(DA)	77550	77550	77550	77550	77550	77550	77550	77550	77550	77550	77550	77550	
d.PMA	(DA)	184910,8	177825,65	172018,15	166907,55	179916,35	172366,6	172715,05	164119,95	180032,5	179567,9	175154,2	177012,6	
TVA	(DA)	455686,75	366670,31	414409,29	371003,17	313627,82	365840,21	382114,28	402752,34	496015,69	496576,48	389835,26	308702,17	4763233,77
Total	à payer (DA)	2876465,01	2314673,36	2617944,98	2342184,02	1979527,06	2309821,13	2413251,47	2542179,72	3131408,58	3135044,76	2461875,42	1949389,18	30073764,69

Tableau III.3 : prix de consommation annuelle de l'entreprise en énergie active de l'année 2023, avec tarif 41

Mois		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	ANNEE 2023
coût CREUSE	(DA)	437609,432	361531,0896	481494,1136	379484,8992	302510,5824	364735,6432	406826,5696	398078,1744	485421,2272	497981,1264	430952,848	354012,8528	4900638,558
coût POINTE	(DA)	991905,3096	746196,2342	771624,3374	763340,1474	601833,3232	713539,0852	724343,413	882100,5512	1114101,472	1111180,205	750434,2514	533414,634	9704012,964
coût PLEINE	(DA)	695274,328	565283,9776	697454,6528	566254,0144	477615,7728	589728,1824	635916,024	592042,1808	764076,4912	759578,5552	622414,9904	483172,2592	7448811,429
MAJORATION	(DA)	111470,19	78315,24	100178,29	83675,94	68909,2	84026,3	85123,8	96602,82	105507,35	109549,51	98035,65	79151,86	1100546,15
c.PMD	(DA)	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100
d.PMA	(DA)	287483,36	276467,98	267438,98	259493,46	279718,42	267980,72	268522,46	255159,54	279899	279176,68	272314,64	275203,92	
TVA	(DA)	501668,0712	407437,9326	462613,1445	412084,1811	350968,5602	405958,8604	425096,1042	444713,7941	544468,0262	546075,5281	435245,9257	349898,5234	5286228,652
Total	à payer (DA)	3164453,281	2570007,424	2919853,308	2599480,872	2213398,029	2561090,591	2682453,441	2804990,931	3434873,227	3445065,105	2746289,595	2207408,449	33349364,25

Tableau III.4 : prix de consommation annuelle de l'entreprise en énergie active de l'année 2023, avec tarif 42

mois		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	ANNEE 2023
coût CREUSE	(DA)	248069,12	204942,336	272946,176	215119,872	171485,184	206758,912	230619,136	225659,904	275172,352	282292,224	244295,68	200680,448	2778041,344
coût POINTE	(DA)	116477,952	87624,704	90610,688	89637,888	70672,384	83789,824	85058,56	103583,744	130827,264	130484,224	88122,368	62638,08	1139527,68
coût PLEINE	(DA)	1648505,285	1340296,322	1653674,866	1342596,293	1132433,766	1398253,878	1507765,905	1403740,401	1811636,189	1800971,519	1475754,763	1145608,274	17661237,46
MAJORATION	(DA)	111470,19	78315,24	100178,29	83675,94	68909,2	84026,3	85123,8	96602,82	105507,35	109549,51	98035,65	79151,86	1100546,15
c.PMD	(DA)	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	
d.PMA	(DA)	472235,7617	379864,604	466172,1852	385873,4308	325080,5639	393961,4311	420209,735	409993,7222	507485,3332	509201,4761	425149,7537	337824,7487	
TVA	(DA)	455686,75	366670,31	414409,29	371003,17	313627,82	365840,21	382114,28	402752,34	496015,69	496576,48	389835,26	308702,17	4763233,77
Total	à payer (DA)	3191487,649	2592488,486	3137041,285	2623054,824	2214051,088	2667752,355	2847516,486	2778626,801	3468043,838	3470598,933	2858084,765	2267159,981	34115906,49

Tableau III.5 : prix de consommation annuelle de l'entreprise en énergie active de l'année 2023, avec tarif 43

mois		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	ANNEE 2023
coût CREUSE	(DA)	909958,231	751762,1118	1001211,354	789094,9836	629035,7892	758425,6106	845948,8268	827757,5502	1009377,333	1035494,191	896116,634	736128,8074	10190311,42
coût POINTE	(DA)	427260,2376	321421,7902	332374,8694	328806,4794	259237,8992	307354,8212	312008,753	379962,1672	479895,8682	478637,5412	323247,3034	229766,754	4179974,484
coût PLEINE	(DA)	1445742,599	1175442,691	1450276,332	1177459,77	993146,7924	1226271,589	1322313,867	1231083,281	1588808,745	1579455,807	1294240,028	1004700,864	15488942,37
MAJORATION	(DA)	111470,19	78315,24	100178,29	83675,94	68909,2	84026,3	85123,8	96602,82	105507,35	109549,51	98035,65	79151,86	1100546,15
c.PMD	(DA)	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100	116100
d.PMA	(DA)	287483,36	276467,98	267438,98	259493,46	279718,42	267980,72	268522,46	255159,54	279899	279176,68	272314,64	275203,92	
TVA	(DA)	626720,7508	516804,8379	620938,1404	523477,7938	445866,1127	524528,1913	560601,3378	552364,3917	680219,7496	683796,582	570108,2821	463897,8925	6769324,063
Total	à payer (DA)	3947677,958	3254989,621	3911467,756	3297156,657	2807756,383	3303709,032	3531144,115	3479223,62	4285107,705	4307633,811	3590953,828	2921404,497	42638224,98

Tableau III.6 : prix de consommation annuelle de l'entreprise en énergie active de l'année 2023, avec tarif 44

mois	PMD	PMA	CREUSE	POINTE	PLEINE	E –Total	W Cons	QosØ	W-E/2	bonf	coût	coût	coût	c.PMD	d.PMA	Prime	TVA	Total à payer (DA)
	(Kw)	(Kw)	(Kwh)	(Kwh)	(Kwh)	(Kwh)	(Kvarh)		(Kvarh)	(DA)	(DA)	(DA)	(DA)					
Janvier	3000	1592	242255	113748	384895	740898	666808	0,9	-37044,9	-3374,79	248069	991905	745773	77550	184910,8	38673,35	433866,2	2739799,486
Fevrier	3000	1531	200139	85571	312934	598644	538780	0,9	-29932,2	-2726,823	204942	746196	606341	77550	177825,65	38673,35	351272,32	2218233,302
Mars	3000	1481	266549	88487	386102	741138	667024	0,9	-37056,9	-3375,884	272946	771624	748111	77550	172018,15	38673,35	394734	2494715,504
Avril	3000	1437	210078	87537	313471	611086	549977	0,9	-30554,3	-2783,497	215120	763340	607381	77550	166907,55	38673,35	354575,88	2239297,29
Mai	3000	1549	167466	69016	264402	500884	450796	0,9	-25044,2	-2281,527	171485	601833	512305	77550	179916,35	38673,35	300101,58	1894810,095
Juin	3000	1484	201913	81826	326466	610205	549185	0,9	-30510,3	-2779,484	206759	713539	632561	77550	172366,6	38673,35	349347,11	2206522,242
Juillet	3000	1487	225214	83065	352035	660314	594283	0,9	-33015,7	-3007,73	230619	724343	682103	77550	172715,05	38673,35	365369,28	2308374,939
Aout	3000	1413	220371	101156	327747	649274	584347	0,9	-32463,7	-2957,443	225660	882101	635043	77550	164119,95	38673,35	383835,89	2423703,01
Septembre	3000	1550	268723	127761	422983	819467	737520	0,9	-40973,4	-3732,672	275172	1114101	819572	77550	180032,5	38673,35	475260,08	3001412,957
Octobre	3000	1546	275676	127426	420493	823595	741236	0,9	-41179,8	-3751,475	282292	1111180	814747	77550	179567,9	38673,35	475049,29	3000216,585
Novembre	3000	1508	238570	86057	344561	669188	602269	0,9	-33459,4	-3048,151	244296	750434	667621	77550	175154,2	38673,35	370629,34	2341585,701
Decembre	3000	1524	195977	61170	267478	524625	472163	0,9	-26231,3	-2389,667	200680	533415	518265	77550	177012,6	38673,35	293209,28	1852354,768
Total																		28 721 025,88

Tableau III.7 : prix de consommation annuelle de l'entreprise en énergie active de l'année 2023 (après compensation)

Remarque :

Pour le même tarif, l'entreprise a payé avant la compensation durant douze mois de l'année 2023 le montant de 30 073 764,69 DA. Après la compensation, l'entreprise doit payer une somme de 28 721 025,88 DA (voir les tableaux IV.1 et IV.2). Donc avec la compensation, l'entreprise réduira le montant de ces factures d'énergie de 1352740,52DA correspondant à une moyenne de 112728,37 DA par mois.

➤ L'énergie délivrée :

$$W_{Qc} = Q_c \cdot T \quad \text{(III.1)}$$

Q_c : Puissance réactive de la batterie de condensateur

T : Temps de fonctionnement de l'ensemble des récepteurs

*Chapitre IV : Bilan de
puissance*

IV.1. Introduction:

Ce chapitre présente une l'analyse détaillée du bilan de puissance de l'installation électrique. La compensation de l'énergie réactive est évaluée, avec un accent sur le dimensionnement précis des batteries de condensateurs, en tenant compte des variations de charge. Nous explorons les méthodes de détermination de la compensation fixe ou automatique et procédons au calcul de l'investissement nécessaire, exprimé en dinars.

Enfin, la durée d'amortissement de cet investissement est calculée pour évaluer la rentabilité économique de la solution proposée.

IV.2. Compensation de l'énergie réactive de l'installation :

Selon les souhaits et les besoins de l'entreprise, nous allons procéder à une compensation sectorielle (partielle) pour une seule zone problématique : celle du transformateur 3. Ce transformateur présente un mauvais facteur de puissance comparé aux deux autres transformateurs. Les équipements et leurs consommations pour cette zone sont répertoriés dans le tableau IV.1 [15].

Nous avons calculé les paramètres suivant

Nom du moteur	Puissance(kW)	Ampérage(A)	cos φ	tan φ	$Q = P \tan \varphi$
M100	5.5	10.5	00.76	00.86	04.72
M101	5.5	10.5	00.76	00.86	04.72
M102	0.09	0.4	00.33	02.90	00.26
M103	5.5	10.5	00.76	00.86	04.72
M104	5.5	10.5	00.76	00.86	04.72
M105	0.09	0.4	00.33	02.90	00.26
M106	11	21	00.76	00.86	09.43
M106/1	11	21	00.76	00.86	09.43
M108	0.55	1	00.80	00.76	00.42
M108/1	5.5	10.5	00.76	00.86	04.72
M108/2	1.5	3.35	00.65	01.17	01.76
M109	45	90	00.72	00.95	42.79
M109/1	3	6	00.72	00.95	02.85

M109/3	1.1	3	00.53	01.59	01.75
M110	45	90	00.72	00.95	42.79
M110/1	0.37	1.1	00.49	01.79	00.66
M110/2	3	6	00.72	00.95	02.85
M110/3	1.1	3	00.53	01.59	01.75
M111	3	6.2	00.70	01.02	03.05
M111/1	7.5	14.8	00.73	00.92	06.93
M112	3	6.2	00.70	01.02	03.05
114	0.55	1	00.80	00.76	00.42
M115	75	132	00.82	00.69	51.68
M116	5.5	11	00.72	00.95	05.23
M116/1	0.37	1.1	00.49	01.79	00.66
M118	7.5	14.8	00.73	00.92	06.93
119	0.55	1.5	00.53	01.59	00.88
M120	3	6.2	00.70	01.02	03.05
M121	110	195	00.82	00.70	77.48
M122	110	195	00.82	00.70	77.48
M122/1	1.5	3.35	00.65	01.17	01.76
M123	5.5	10.5	00.76	00.86	04.72
M124	5.5	10.5	00.76	00.86	04.72
125	20	32	00.91	00.47	09.36
M126	4	8	00.72	00.95	03.80
M128	1.5	3.35	00.65	01.17	01.76
M129	7.5	14.8	00.73	00.92	06.93
M129/1	0.55	1	00.80	00.76	00.42
M130/1	0.37	1.1	00.49	01.79	00.66
M131/1	2.2	4.6	00.69	01.04	02.29
M131/2	3	6.2	00.70	01.02	03.05

M132	15	28	00.78	00.81	12.18
M133	2.2	5.5	00.58	01.41	03.09
M134	3	6.2	00.70	01.02	03.05
M135	3	6.2	00.70	01.02	03.05
M136	2.2	5.5	00.58	01.41	03.09
M137	2.2	5.5	00.58	01.41	03.09
M138	3	6.2	00.70	01.02	03.05
M410	6	12	00.72	00.95	05.71
M410/1	6	12	00.72	00.95	05.71
M411	55	100	00.80	00.76	41.67
M411/1	55	100	00.80	00.76	41.67
M412	6	12	00.72	00.95	05.71
M412/1	6	12	00.72	00.95	05.71
M413	55	100	00.80	00.76	41.67
M413/1	55	100	00.80	00.76	41.67
M414	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M415	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M416	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M417	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M418	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M419	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M420	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M421	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M422	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M423	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M424	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M425	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M426	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M427	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33

M428	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M429	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M430	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M431	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M432	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M433	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M434	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M435	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M436	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M437	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M438	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M439	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M440	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M441	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M442	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M443	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M444	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M445	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M446	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M447	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M448	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M449	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M438/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M439/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M440/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M441/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M442/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M443/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M444/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33

M445/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M446/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M447/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M448/1	7.5	18.5	00.59	01.38	10.33
M450	15	28	00.78	00.81	12.18
M451	15	28	00.78	00.81	12.18
M452	15	28	00.78	00.81	12.18
M453	15	28	00.78	00.81	12.18
M454	15	28	00.78	00.81	12.18
M455	15	28	00.78	00.81	12.18
M454/1	15	28	00.78	00.81	12.18
M455/1	15	28	00.78	00.81	12.18
M456	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M457	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M458	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M459	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M460	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M461	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M460/1	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M461/1	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M462	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M462/1	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M463	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M463/1	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M464	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M465	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M466	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M467	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M467/1	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30

M468	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M468/1	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M468/2	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30
M468/3	0.09	0.45	00.29	03.30	00.30

Tableau IV.1 : consommation et paramètres électriques des moteurs connectés aux transformateurs [19].

$$P_{tot} = 1277 \text{ kW}$$

$$Q_{tot} = 1226 \text{ kVAR}$$

$$S_n = 1770 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi = 0.72$$

- Calcul de la puissance avec des coefficients de simultanéité et d'utilisation :

Selon l'entreprise nous avons choisi ces deux coefficients par rapport aux types de moteurs et leurs puissances.

Avec : $K_u = 1$ et $K_{S1} = 0.75$;

$$P_{tot} = 1277 \times 1 \times 0.75 = 957,75 \text{ kW}$$

$$Q_{tot} = 1226 \times 1 \times 0.75 = 919,5 \text{ kVAr}$$

IV.3. Dimensionnement de la batterie :

D'après le bilan des puissances, le transformateur consomme 957,75 Kw avec un facteur de puissance $\cos \varphi = 0.72$ correspondant à $\tan \varphi = 0.96$. Nous voulons élever le facteur de puissance à $\cos \varphi = 0.9$ correspondant à $\tan \varphi = 0.48$. D'où la capacité de la batterie de condensateurs :

$$\cos \varphi' = 0.9 \Rightarrow \tan \varphi' = 0.48$$

$$Q' = P_{tot} \cdot \tan \varphi' \iff Q' = 459,72 \text{ kVAr}$$

Donc :

$$Q_c = Q_{tot} - Q' \iff Q_c = 459,78 \text{ kVAr}$$

IV.4. Détermination de la compensation fixe ou automatique

Le rapport de $\frac{Q_c}{S'_n}$ permet de choisir entre les équipements de compensation fixe et automatique. Le seuil de 15% est une valeur indicative conseillée pour éviter les effets de la compensation à vide.

$$S'_n = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \longleftrightarrow \quad S'_n = 1327.69 \text{ kVA}$$

Calcul de rapport $\frac{Q_c}{S'_n}$

Manque de l'équation

D'où :

$$\frac{Q_c}{S'_n} > 15\% \quad \longleftrightarrow \quad \text{Compensation automatique}$$

IV.5 Calcul de l'investissement sur la batterie de condensateur :

Si on choisit une batterie de condensateur de 459,78 kVAr :

$$470 \text{ kVAr} \quad \rightarrow \quad 6920,3 \text{ € (données Schneider)}$$

IV.5.1. Calcul de l'investissement en dinars :

$$1\text{€} \quad \rightarrow \quad 145 \text{ DA}$$

$$\text{Pour } 6920,3 \text{ €} \quad \rightarrow \quad 1003443,5 \text{ DA}$$

IV.5.2. Calcul de la durée d'amortissement :

$$\text{TVA} = 19\%$$

$$\text{Taxes douaniers} = 20 \%$$

$$\text{Taux de change : } 1\text{€}=145\text{DA}$$

Pour 470 kVAr :

- Montant en euro hors taxe =6920,3 €
- Montant en DA hors taxe =1003443,5 DA ;
- Montant des taxes douanières =1003443,5×0.20 = 200688,7DA ;
- Montant total hors TVA =1003443,5+ 200688,7=1204132 DA ;
- Montant TVA =1204132× 0.19 = 228785 DA;
- Montant total TTC =228785 + 1204132= 1432917 DA.

Donc le prix d'achat total serait : 1432917 DA

Le montant de la pose d'une batterie de condensateurs est estimé à 150000 DA.

L'ordre de grandeur de la durée d'amortissement se calcul comme suit :

n : durée d'amortissement ;

$$n = \frac{\text{Coût total de l'investissement}}{\text{économie annuelle réalisée}} = \frac{1582917}{1352740,52} = 1 \text{ an et } 1 \text{ mois}$$

La batterie sera amortie au bout de 1 an et 1 mois

Le gain durant cette durée de vie est :

$$(15 \text{ ans} \times 12) - (1 \text{ an} \times 12) - 1 \text{ mois} = 167 \text{ mois}$$

$$167 \times 1352740,52 = 225907666,8 \text{ DA}$$

Conclusion :

En conclusion, l'évaluation du bilan de puissance révèle l'importance de la compensation de l'énergie réactive pour améliorer l'efficacité énergétique de l'installation. Le dimensionnement approprié des batteries de condensateurs, combiné à une stratégie de compensation fixe ou automatique, permet de réduire les coûts opérationnels. L'analyse économique, incluant le calcul de l'investissement et la durée d'amortissement, démontre que l'implémentation de ces mesures est non seulement techniquement viable mais également économiquement bénéfique à long terme.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Ce mémoire met en lumière l'importance d'une gestion optimale de l'énergie électrique dans les installations industrielles. Les généralités abordées fournissent une base solide de connaissances techniques, tandis que l'analyse tarifaire de SONELGAZ illustre les stratégies de facturation adaptées aux différentes catégories de consommateurs. L'étude approfondie de l'installation spécifique permet d'identifier les points critiques de consommation d'énergie et de proposer des solutions efficaces. Enfin, le bilan de puissance démontre l'impact positif des mesures de compensation de l'énergie réactive sur l'efficacité énergétique et la rentabilité économique. En somme, ce travail propose des stratégies intégrées pour une gestion énergétique optimale, bénéfique tant sur le plan technique qu'économique.

Bibliographie

Bibliographie :

[1] A. Amina « Dimensionnement de batterie de compensation de l'énergie réactive pour la station de pompage des hydrocarbures de Beni Mansour », Mémoire de fin d'étude, département de Génie électrique, Université de Bejaia, 2015.

[2] Schneider Electric “ Compensation de l'énergie réactive et filtrage des harmoniques.” “ Guide de l'installation électrique 2010” 22/01/2010

[3] S. Loubna et D. Chaima « Etude d'un réseau de transport d'énergie à haute tension 90KV», Mémoire de fin d'étude, département de génie électrique, université d'Annaba, 2017

[4] C. Bouchebouba et H. Benattia, «Etude et dimensionnement électrique du nouveau site de la câblerie algérienne», Mémoire de magister département d'électromécanique, Université de Mostaganem, 2019.

[5] H.Semaoui, « Compensation de l'énergie réactive d'une installation industrielle MT/BT (HTA/BTB)», Mémoire de magister, Université M'sila, 2016.

[6] MERLIN GERIN 1982 « Guide de l'installation électrique»

[7] R. BOGEOI et D. COGNIEL «Mémothech d'électrotechnique» Editions André CASTEILLA, 1987.

[8] Schneider Electric, « La conception des réseaux industriels en haute tension », ct 169, 10/1993.

[9] S.Imadouchene et Y.Houcini, «Base de fonctionnement des dispositifs FACTS- Application d'un STATCOM pour la régulation de la tension-», Mémoire de magister, Université Tizi Ouazou, 2010.

[10]

Legrand Catalogue, « Compensation d'énergie réactive et contrôle de la qualité des réseaux électriques», P0910ALPESFR- EX210027 - MARS 2010.

[11] Legrand Electric Algérie, « Batteries de condensateurs automatiques Alpimatic », EX210027 -ALG 018 - JUIN 2011.

[12] Schneider Electric, « Compensation de l'énergie réactive et filtrage des harmoniques », Guide de l'installation électrique 2010, GIE_chap_L-2010.indb 26, 22/01/2010.

[13] M.Lafria « Etude technique et conception de l'installation électrique d'une nouvelle unité industrielle de production des armoires électriques», Mémoire de magister, Université sidi mouhamed ben abdellah, Fés, 2014

[14] Documentation Sonelgaz

[15] Touat. Lilia Sifouane.Fatma “Compensation de l'énergie reactive au niveau de l'hôpital d'AZAZGA” mémoire de fin d'études, université UMMTO, 2010

[16] CHRISTOPHE PREVE « Protection des réseaux électriques » Editions HERMES

PARIS, 1998.

[17] J. FAVRAUD « Fonctionnement et protection des réseaux de distribution»Electricité

de France.

[18]-Documentation IZERKHEF.