

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES
--TLEMCEEN--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Électrotechnique

Spécialité : Energie et environnement

Présenté par :

MEHTARI Meriem

BILLAMI Cherifa

Thème

**Etude de l'état des lieux du réseau électrique
de l'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées
de Tlemcen**

Soutenu, le 13 / 07/ 2021, devant le jury composé de :

Dr. KERBOUA Abdelfettah	MCB	ESSA-Tlemcen	Président
Dr. BOUSMAHA ImenSouhila	MCB	ESSA-Tlemcen	Directeur de mémoire
Dr. BRAHAMI Mostefa	Professeur	Univ de SBA	Co-directeur de mémoire
Dr. BOUKLI HACENE Fouad	MCA	ESSA-Tlemcen	Examineur 1
Dr. LOUCIF Mourad	MCB	Univ de Tlemcen	Examineur 2

Année universitaire :2020/2021

Remerciement

Nous remercions « Dieu » le tout puissant de nous avoir donné la patience et la volonté d'achever ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements à notre encadrante madame BOUSMAHA Imen Souhil pour sa disponibilité malgré ses occupations et pour tout le temps qu'elle nous a consacré.

Nous adressons nos profonds sentiments de reconnaissance et de respect à notre co-encadreur Monsieur BRAHAMI Mostefa pour ses recommandations pertinentes.

Nous tenons à remercier chaleureusement le président et les membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Un profond remerciement à Djeloul et Imed, pour tout le temps et l'énergie qu'ils nous ont consacré.

Nos remerciements vont naturellement à BELDJILALI Brahim pour le temps qui nous a accordé ainsi que BENHBIB Reda pour sa disponibilité.

Une grande pensée à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.

Dédicaces

Au nom d'Allah le clément et le miséricordieux que je remercie pour son aide et pour la volonté qu'il m'a donné pour surmonter tous les obstacles et les difficultés durant mes années d'études, et d'avoir éclairé mon chemin afin de réaliser ce modeste travail.

Au moment où j'achève ce travail, je pense nostalgiquement aux longues journées de recherches que j'ai troquées, pour un temps, contre de longues soirées de rédaction. Mais je pense avant tout à ceux qui m'ont soutenu et accompagné et je tiens à les remercier.

Je dédie le fruit de mes années d'études aux plus chers au monde à :

A la personne la plus chère pour moi dans ce monde, ma mère qui est la fleur de ma vie, le symbole de l'amour et la tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.

C'est avec un immense plaisir que je t'écris ce paragraphe. Les efforts que tu as fait pour moi, le temps que tu m'as donné, les conseils avisés qui éclairent mon chemin... mes remerciements ne pourront jamais égaler ton grand cœur qui m'a apporté du soutien au moment où j'avais besoin d'aide.

Je ne pourrais jamais te remercier à la hauteur de ce que tu m'as donné, tu as toujours été un cadeau dans ma vie.

A mon père qui a fait de moi, ce que je suis aujourd'hui. Je lui dédie mon éternel amour et mes affections totales, lui qui a souhaité vivre longtemps juste pour voir ce que j'allais devenir. Je le remercie pour tout son soutien, sa présence et ses encouragements durant tout le long de mes études.

Ma profonde reconnaissance va à ma sœur Ahlem et mon frère Mohammed el Amine «7ou7i » qui m'ont soutenu, m'ont encouragé sans cesse et pour leur affection, qui m'a rendu la vie vraiment plus agréable.

A mon binôme : Cherifa qui a partagé avec moi ce parcours. Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement et l'estime que je porte pour elle.

A mes amies et mes collègues avec qui j'ai eu l'occasion d'interagir, spécialement Sarah, Hibet Errahman, Hakim et Charaf. Je remercie particulièrement Salah Eddine, Brahim, Djelloul et Imed pour leur gentillesse et leur serviabilité.

A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien et la prospérité de l'humanité.

A toute ma famille et à tous ceux qui me sont chers.

Meriem MEHTARI

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À mes chers parents

Tous les mots du monde ne suffisent pas pour vous exprimer mon respect et mon amour

À ma mère, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse. Je te remercie pour tout le sacrifice que tu fais chaque jour pour moi et pour nous trois, tu as toujours été là pour nous.

À mon père, au plûtôt à mon complice tu as toujours su me pousser à aller de l'avant à sortir le meilleur de moi-même. Respect, honneur, rage de vaincre étaient les 3 trucs que tu m'as appris dès mon jeune âge.

À ma sœur, quoi que je puisse dire ou faire je ne pourrai jamais exprimer l'amour que j'ai pour toi, tu as toujours été là pour moi un peu trop autoritaire parfois lol. Tu m'as toujours encouragée et défendue.

À mon petit frère (Khewitita), je te souhaite tout le bonheur du monde.

À mes deux grands-mères, merci pour l'éducation que vous m'avez donnée je vous aime d'un amour inconditionnel que Dieu vous garde pour nous.

À un prof qui m'a marqué durant ma scolarité Mr BENACHENHOÛ, je me permets de vous tutoyer, tu n'es pas un simple prof mais un deuxième père merci pour tous.

À mes amis et collègues

Amel, tu as toujours été là à me soutenir et m'encourager merci ma meilleure.

Younes, merci pour ta bienveillance, ton soutien, tes encouragements tout au long de mon parcours à l'ESSAT.

Noor, Farah, Meriem, Wafia, Ilhem, Ghizlene, Ferdaous, Moho, Ismat, Fethallah, je vous souhaite tout le bonheur et le succès dans votre vie professionnelle.

Brahim et Yahia, merci pour le temps que vous m'avez accordé et pour vos précieux conseils.

À mon binôme, le meilleur pour la fin merci pour ta patience et ta compréhension et ton soutien et de m'avoir supporté tout au long de ce projet.

Cherifa BILBAÏMI.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....1

Chapitre I : Postes de transformation HTA/BT

Introduction.....5

I.1 Architecture du réseau électrique.....5

I.2 Structure d'un poste HTA/BT.....6

I.3 Classification des postes HTA/BT.....7

I.3.1 Postes HTA/BT en haut de poteau.....7

I.3.2 Postes maçonnés traditionnels.....8

I.3.3 Postes préfabriqués monobloc.....9

I.4 Cellules HTA.....10

I.5 Modes d'alimentation des postes HTA/BT.....11

I.5.1 Alimentation en simple dérivation ou en antenne.....11

I.5.2 Alimentation en coupure d'artère ou en boucle11

I.5.3 Alimentation en double dérivation11

I.6 Modes de comptage.....11

I.6.1 Comptage type A.....12

I.6.2 Comptage type B.....12

I.6.3 Comptage type C.....12

I.7 Appareillages de protection.....13

I.7.1	Disjoncteur.....	13
I.7.2	Relais.....	13
I.7.3	Fusible.....	14
I.7.4	Interrupteur.....	14
I.7.5	Parafoudre.....	14
I.8	Transformateur HTA/BT.....	15
I.8.1	Constitution.....	15
I.8.2	Mode de couplage des enroulements et indice horaire.....	16
I.8.3	Conditions de couplages de deux transformateurs.....	16
I.8.4	Protections associées.....	17
I.8.4.1	Protection des transformateurs secs enrobés.....	17
I.8.4.2	Protection des transformateurs immergés.....	18
I.8.5	Cas des transformateurs respirant avec conservateur.....	19
I.9	Point de livraison.....	19
I.9.1	Alimentation Basse – Tension.....	19
I.9.2	Alimentation Haute – Tension.....	19
I.10	Schéma des liaisons à la terre.....	19
I.10.1	Schéma des liaisons à la terre (MT).....	19
I.10.2	Schéma des liaisons à la terre (BT).....	20
	Conclusion.....	21
 Chapitre II Bilan de puissance d’une installation électrique		
	Introduction.....	23
II.1	Éléments constitutifs d’une installation électrique.....	23
II.1.1	Tableau électrique.....	23
II.1.1.1	Composants du tableau électrique basse tension.....	25

II.1.2	Section des conducteurs et calibres de protection.....	25
II.2	Appareils modulaires.....	26
II.2.1	Modules de protection.....	26
II.2.2	Modules de commande et de programmation.....	27
II.3	Schémas et symboles architecturaux.....	28
II.4	Bilan de puissance.....	29
II.5	Description des facteurs de correction.....	30
II.5.1	Facteur d'utilisation (K_u).....	30
II.5.2	Facteur de simultanéité ou de foisonnement (K_s).....	31
II.5.3	Coefficient d'extension ou de réserve (K_e ou K_r).....	31
II.6	Caractéristiques des récepteurs électriques et données initiales.....	32
II.7	Tension nominale et catégories des récepteurs.....	32
II.7.1	Récepteurs de première catégorie	32
II.7.2	Récepteurs de deuxième catégorie.....	33
II.7.3	Récepteurs de troisième catégorie.....	33
II.8	Courbe de charge des installations.....	33
II.8.1	Détermination de la charge de calcul des récepteurs de l'unité.....	34
II.8.1.1	Charge de calcul des récepteurs de force	34
II.8.1.2	Charge de calcul des récepteurs d'éclairage.....	34
II.8.2	Charge totale de calcul des récepteurs basse tension.....	35
II.8.3	Charge de calcul des projets.....	36
	Conclusion.....	37
Chapitre III Tarification et compensation de l'énergie réactive		
	Introduction.....	39
III.1	Tarification de l'énergie électrique.....	40
III.1.1	Terme constant.....	40
III.1.2	Facturation de la puissance.....	40
III.1.3	Facturation de l'énergie.....	41

III.2	Codifications et prix unitaires.....	42
III.2.1	Barème des prix pour les abonnés à la haute tension classe B.....	43
III.2.2	Barème des prix pour les abonnés à la haute tension classe A.....	44
III.2.3	Barème des prix pour les abonnés à la basse tension.....	44
III.3	Modèle de la facture de fourniture d'électricité moyenne tension.....	47
III.3.1	Entête de la facture.....	48
III.3.1.1	Informations et coordonnées du distributeur.....	48
III.3.1.2	Informations sur la facture.....	48
III.3.1.3	Information sur le contrat.....	48
III.3.2	Corp de la facture.....	49
III.3.2.1	Consommation.....	49
III.3.2.2	Facturation.....	50
III.3.3	Pied de la facture.....	53
III.4	Compensation de la puissance réactive.....	53
III.4.1	Compensateurs synchrones.....	53
III.4.1.1	Avantages.....	54
III.4.1.2	Inconvénients.....	54
III.4.2	Inductances.....	55
III.4.3	Condensateur ou batteries de compensation.....	55
III.4.4	Compensateur statique de puissance réactive.....	56
III.5	Lieu d'installation d'équipement de compensation de l'énergie réactive.....	57
III.6	Composantes active et réactive de la puissance.....	57
III.6.1	Facteur de puissance.....	58
III.6.2	Circulation de l'énergie réactive.....	58

III.6.3	Matériel de compensation d'énergie réactive.....	60
III.6.3.1	Batteries fixes.....	61
III.6.3.2	Batteries de condensateurs en gradins avec régulation automatique.	61
III.6.4	Emplacement des condensateurs.....	62
III.6.4.1	Compensation globale.....	62
III.6.4.2	Compensation par secteur.....	63
III.6.4.3	Compensation individuelle.....	64
	Conclusion.....	65
Chapitre IV Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT		
	Introduction.....	67
IV.1	Présentation d'ordre général de l'école supérieure.....	67
IV.1.1	Caractéristiques du site.....	67
IV.1.2	Composition du projet.....	68
IV.2	Besoins énergétiques.....	68
IV.2.1	Alimentation normale/secours de l'établissement.....	68
IV.2.2	Décomposition de l'installation.....	70
IV.3	Présentation des schemas d'alimentation.....	72
IV.3.1	Schéma d'alimentation normal/secours de l'ESSAT.....	72
IV.3.2	Schémas d'alimentations par bloc.....	73
IV.3.3	Schéma unifilaire global.....	74
IV.4	Bilan de puissance.....	74
IV.4.1	Puissance installée.....	76
IV.4.1.1	Consommation détaillée de l'éclairage extérieur.....	76
IV.4.1.2	Consommation par bloc.....	76
IV.4.2	Facteurs de simultanéité et d'utilisation.....	78

IV.4.3 Puissance utilisée.....	78
IV.4.4 Puissance totale.....	79
IV.5 Bilan tarifaire de l'énergie électrique.....	80
IV.5.1 Exemple de calcul de la consommation de l'électricité.....	80
IV.5.1.1 Informations sur la facture.....	80
IV.5.1.2 Comptage et relevé des index.....	80
IV.5.1.3 Consommation de l'énergie et périodes tarifaires.....	81
IV.5.1.4 Facturation.....	82
IV.5.2 Bilan tarifaire.....	83
IV.5.2.1 Pour l'année 2019.....	83
IV.5.2.2 Pour l'année 2020.....	83
IV.6 Discussions et recommandations.....	84
Conclusion.....	87
Conclusion générale et perspectives.....	89
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

TBT : très basse tension

BTA : basse tension classe A

BTB : basse tension classe B

HTB : haute tension classe B

HTA : haute tension classe A

HT : haute tension

BT : basse tension

MT : moyenne tension

SADEG : La Société Algérienne de la Distribution de l'Electricité et du Gaz

In : le courant nominal

DGPT2 : détection de gaz, pression, température à deux niveaux

TT : Neutre à la terre

TN : Mise au neutre

TIT : Neutre isolé

P_{inst} : puissance installée

P_{nom} : puissance nominale

K_u : Facteur d'utilisation

K_s : Facteur de simultanéité

CEP : Canalisation Electrique Préfabriquée

K_e : Coefficient d'extension

K_r : Coefficient de réserve

K_d : Facteur de demande

K_{div} : le facteur de diversité des charges des systèmes d'alimentation extérieur de la zone

PMD : Puissance Mise à Disposition

PMA : Puissance maximale absorbée

P : Pointe

HP : Heures pleines

HC : Heures creuses

S : puissance apparente,

P : puissance active,

Q : puissance réactive.

F : Le facteur de puissance

P_N : puissance nominale

TBT: tableau basse tension

Liste des tableaux

Tableau I-1 Niveaux de tension.....	5
Tableau II-1 Valeurs normalisées des coefficients K_u , K_s et K_e	31
Tableau II-2 Coefficients d'utilisation et de simultan��t��.....	34
Tableau III-1 Tarifs applicables aux clients haute tension classe B.....	43
Tableau III-2 Tarifs applicables aux clients haute tension classe A.....	44
Tableau III-3 Tarifs applicables aux clients Ménages basse tension.....	45
Tableau III-4 Tarifs applicables aux clients Non Ménages basse tension.....	46
Tableau III-5 Barème hors taxes des primes fixes pour basse tension en (DA/Trimestre).....	47
Tableau IV-1 Besoins ��nerg��tiques.....	69
Tableau IV-2 Désignation des disjoncteurs.....	74
Tableau IV-3 Consommation de l'éclairage extérieure calculée en W.....	75
Tableau IV-4 Puissance installée du bloc A	75
Tableau IV-5 Puissance installée du bloc B.....	76
Tableau IV-6 Puissance installée du bloc C	76
Tableau IV-7 Puissance utilisée du bloc A calculée en W.....	77
Tableau IV-8 Puissance utilisée du bloc B calculée en W.....	77
Tableau IV-9 Puissance utilisée du bloc C calculée en W.....	78
Tableau IV-10 Puissance totale du site calculée en W et VA.....	78
Tableau IV-11 Récapitulatif Général.....	79
Tableau IV-12 Relevé des index compteur de la période 01/12/2020 au 31/12/2020.....	80
Tableau IV-13 Calcul de la consommation de la période du 01/12 au 31/12/2020.....	80
Tableau IV-14 Bilan tarifaire de l'énergie électrique année 2019.....	82
Tableau IV-15 Bilan tarifaire de l'énergie électrique pour l'année 2020.....	83

Liste des figures

Figure I-1 Organisation typique du réseau.....	6
Figure I-2 Structure d'un poste MT/BT.....	7
Figure I-3 Poste de transformation HTA/BT sur poteau.....	7
Figure I-4 Photo réelle d'un poste haut du poteau.....	8
Figure I-5 Structure d'un poste maçonné.....	8
Figure I-6 Structure d'un poste préfabriqué compact.....	9
Figure I-7 Raccordement d'un poste préfabriqué monobloc.....	9
Figure I-8 Cellule préfabriqué HTA.....	10
Figure I-9 Exemple d'association de cellule.....	10
Figure I-10 Modes d'alimentation.....	11
Figure I-11 Comptage type A.....	12
Figure I-12 Comptage type B.....	12
Figure I-13 Comptage type C.....	12
Figure I-14 Transformateur HTA/BT.....	15
Figure I-15 Schéma des liaisons à la terre.....	20
Figure II-1 Tableau électrique général basse tension.....	24
Figure II-2 Tableau électrique basse tension.....	24
Figure II-3 Section de câble et calibre de protection réglementées.....	26
Figure II-4 Exemple de quelques symboles électriques dans le schéma architectur.....	29
Figure III-1 Schéma représentatif de la formule tarifaire.....	40
Figure III-2 Codification tarifaire.....	43
Figure III-3 Compensateur synchrone ABB.....	54
Figure III-4 Batteries de compensation.....	55

Figure III-5 Schéma unifilaire typique.....	56
Figure III-6 Schéma d'un SVC.....	56
Figure III-7 Lieux possibles de compensation de l'énergie réactive.....	57
Figure III-8 Composition vectorielle des puissances active, réactive et apparente.....	58
Figure III-9 Influence du $\cos \varphi$ sur la valeur de la puissance apparente.....	59
Figure III-10 Influence du $\cos \varphi$ sur la valeur du courant apparent.....	59
Figure III-11 Compensation fixe.....	61
Figure III-12 Principe de la compensation automatique d'une installation.....	62
Figure III-13 Compensation globale.....	63
Figure III-14 Compensation par secteur.....	63
Figure III-15 Compensation individuelle.....	64
Figure IV-1 Image satellitaire représentative de localisation de l'ESSAT.....	67
Figure IV-2 Situation du poste N° 7055 sur la carte schématique 10kV.....	68
Figure IV-3 Poste maçonné HTA/BT N°7055.....	68
Figure IV-4 Groupe électrogène et armoire d'inverseur.....	69
Figure IV-5 Schéma électrique du poste HTA/BT et du groupe électrogène.....	71
Figure IV-6 Schéma unifilaire du TBT du bloc A.....	72
Figure IV-7 Schéma unifilaire du TBT du bloc B.....	72
Figure IV-8 Schéma unifilaire du TBT du bloc C.....	73
Figure IV-9 Schéma électrique général de l'école supérieure.....	73

Introduction générale

Introduction générale

Le secteur de l'électricité revêt une importance majeure dans l'économie algérienne, les investissements sur les réseaux électriques sont énormes, que ce soit matériels ou humains.

En effet, la production, l'acheminement et l'utilisation constituent un ensemble complexe appelé réseau électrique, dont le but est de pouvoir alimenter des consommateurs. Comme on ne peut encore stocker économiquement et en grande quantité l'énergie électrique, il faut pouvoir maintenir en permanence l'égalité: $Production = Consommation + Pertes$.

Dans ce contexte l'ajustement entre l'offre et la demande doit être assuré pour un rendement élevé et une efficacité énergétique optimale. La surconsommation d'électricité a poussé les autorités à redistribuer le secteur, ce qui a pour but de rationaliser les consommateurs selon les étages de tensions et de satisfaire au mieux les besoins en énergie.

L'objectif est de limiter le gaspillage d'énergie pour une consommation qui va directement à la satisfaction de la demande et pour minimiser les risques liés à l'insouciance des utilisateurs.

A la sortie des centrales de production, l'énergie électrique est transportée sur des lignes à haute tension (HTB) sur de longues distances. Elle est ensuite transformée en électricité à haute tension (HTA), pour pouvoir être acheminée par le réseau de distribution. Cette transformation intervient dans les postes sources. Une fois sur le réseau de distribution, l'électricité haute tension HTA alimente directement les clients industriels via leurs propres postes de transformation HTA/BT, pour les autres clients (particuliers, commerçants, artisans...). Elle est convertie en basse tension (BT) par des postes de transformation, dit de distribution publique, avant d'être livrée.

En ce qui concerne notre travail, l'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen est alimentée par l'étage moyenne tension 30 kV via son propre poste de transformation HTA/BT. L'école est fonctionnelle depuis des années, son réseau électrique

Introduction générale

semble fonctionner normalement. Dans un souci de connaître le schéma électrique HTA/BT de l'école, le bilan de puissance, les capacités actuelles de réserves ainsi que le coût des factures, une étude de l'état des lieux s'impose.

Via ce manuscrit, nous allons étudier l'état des Lieux du Réseau Electrique de l'Ecole supérieure en Science Appliqué de Tlemcen, le travail sera structuré en plusieurs parties ;

Le **premier chapitre** se consacrera sur les postes de transformation HTA/BT où on va élaborer l'architecture du réseau électrique et aussi des généralités sur les postes de transformation HTA/BT.

Le **deuxième chapitre** sera focalisé sur le bilan de puissance qui sera déterminé à partir des récepteurs de force et d'éclairage dans chaque bloc en tenant compte des facteurs de corrections.

Le **troisième chapitre** sera dédié d'un côté, à la tarification de l'énergie électrique où nous allons élaborer les barèmes des prix unitaires pour différents types d'abonnés ainsi que la structure de la facture de l'électricité, d'un autre côté, il va faire l'objet de la compensation de la puissance réactive avec les différents moyens et équipements de compensation.

Dans le **quatrième chapitre** nous allons d'une part, élaborer les schémas d'alimentation du réseau HTA et BT de l'école, établir aussi le bilan de puissance, la tarification de l'énergie électrique ainsi que la compensation de l'énergie réactive. D'autre part nous mettons à dispositions des responsables, des recommandations et des propositions sur l'état actuel de l'école.

Notre travail s'achèvera par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I: Postes de transformation HTA/BT

Introduction

Le poste HTA/BT, interface entre les réseaux de distribution MT et BT est au cœur de la distribution électrique de puissance au plus près des utilisations de l'énergie électrique en basse tension.

Les Distributeurs d'Électricité et les utilisateurs ont le souci d'une énergie de qualité au coût optimum (le coût s'entendant ici comme coût complet incluant bien sûr l'investissement initial, mais également les coûts d'exploitation, entretien, maintenance). Outre ces exigences légitimes, les matériels mis en œuvre sur les réseaux de distribution électrique devront offrir des capacités d'évolution pendant toute leur durée de vie (le plus souvent de l'ordre de 30 ans).

Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de prendre en compte tous les composants des réseaux de distribution électrique et en particulier les plus proches des utilisations terminales. Le poste MT/BT est à ce titre l'un des composants essentiels sur lequel portent les efforts des utilisateurs et des constructeurs en vue de progresser en qualité tout en gardant la maîtrise des coûts. [1]

I.1 Architecture du réseau électrique

Dans la plupart des pays, les installations électriques doivent répondre à un ensemble de réglementations nationales ou établies par des organismes privés agréés.

Il est essentiel de prendre en considération ces contraintes locales avant de démarrer la conception de l'installation, la nouvelle norme en vigueur en Algérie (La Société Algérienne de la Distribution de l'Electricité et du Gaz « SADEG ») définit les niveaux de tension comme suit :

Tableau I-1 Niveaux de tension[2]

Symboles	TBT	BTA	BTB	HTA	HTB
Tension	Trèsbasse tension	Basse tension A	Basse tension B	Haute tension A	Haute tension B
Courant alternatif	$U \leq 50$ volts	$50 \leq U \leq 500$ volts	$500 < U \leq 1000$ volts	$1000 < U \leq 50kV$	$U > 50$ kV
Courant continu	$U \leq 120$ volts	$120 < U \leq 750$ volts	$750 < U \leq 1500$ volts	$1500 < U \leq 75kV$	$U > 75$ kV
Sécurité du voisinage	Aucun danger	$D \geq 30cm$	$D \geq 30cm$	$D \geq 2$ mètres	$D \geq 3$ mètres

Chapitre I : Poste de transformation HTA/BT

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs, voir figure I.1.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production – transport- consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.[2]

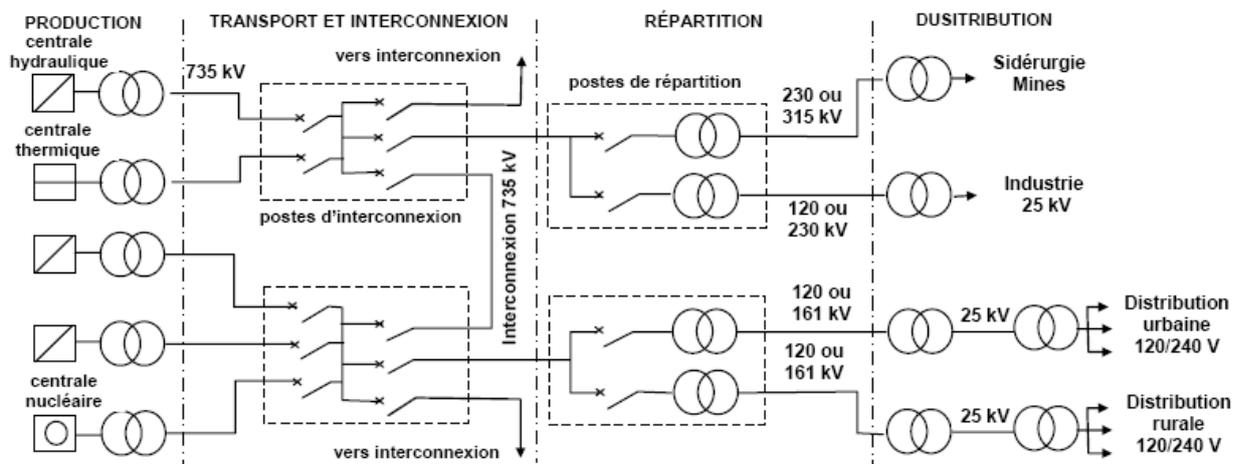


Figure I-1 Organisation typique du réseau[2]

Dans ce chapitre, nous nous intéressons au réseau de distribution et plus précisément les postes HTA/BT constituant les points milieu entre le réseau du distributeur d'énergie et les consommateurs.

I.2 Structure d'un poste HTA/BT

Le poste de livraison comporte essentiellement de l'appareillage et un ou plusieurs transformateurs afin d'assurer les fonctions suivantes (figure I-2) :

- Dérivation du courant sur le réseau.
- Protection du transformateur côté HT.
- Transformation HTA/BT.
- Protection du transformateur côté BT.
- Comptage d'énergie.

Toutes les masses métalliques du poste sont reliées à la terre. Pour l'intervention dans le poste, les arrivées doivent être sectionnées et les câbles reliés entre eux mis à la terre.[3]

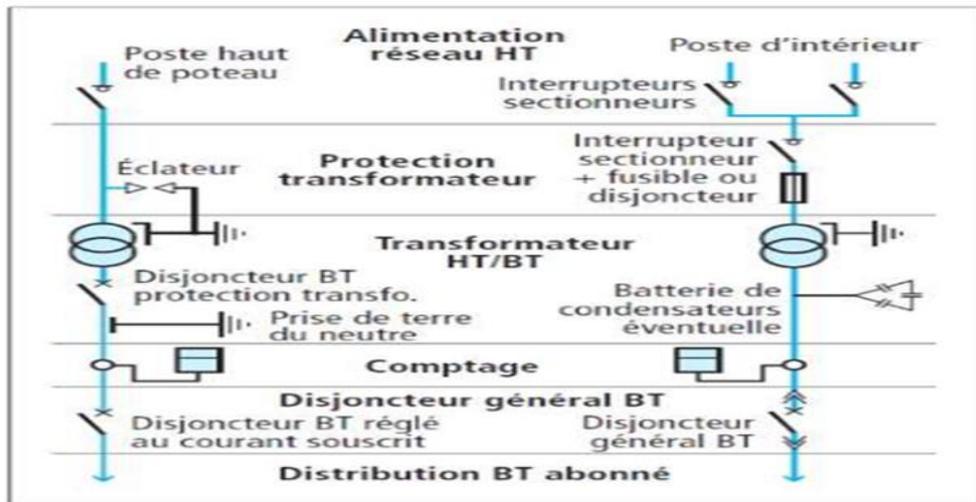


Figure I-2 Structure d'un poste MT/BT [3]

I.3 Classification des postes HTA/BT

Les postes HTA/BT qu'ils soient destinés pour la distribution publique (clients BT et domiciles) ou pour la livraison (clients à moyenne tension) peuvent être classés en plusieurs catégories :

- Poste en haut du poteau : puissances 25-50-100 kVA.
- Poste maçonné traditionnel : de 160 à 1 250 kVA.
- Postes préfabriqués :
 - En bas de poteau : de 100 à 250 kVA
 - Poste compact : de 160 à 1 250 kVA.

I.3.1 Postes HTA/BT en haut de poteau

Le transformateur et l'appareillage sont fixés sur le poteau, l'alimentation est aérienne, le départ s'effectue en aérien ou en souterrain, voir figure I.3.

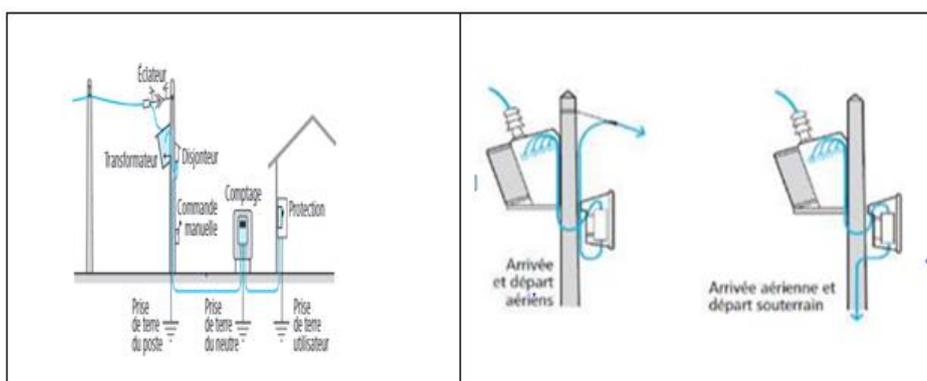


Figure I-3 Poste de transformation HTA/BT sur poteau

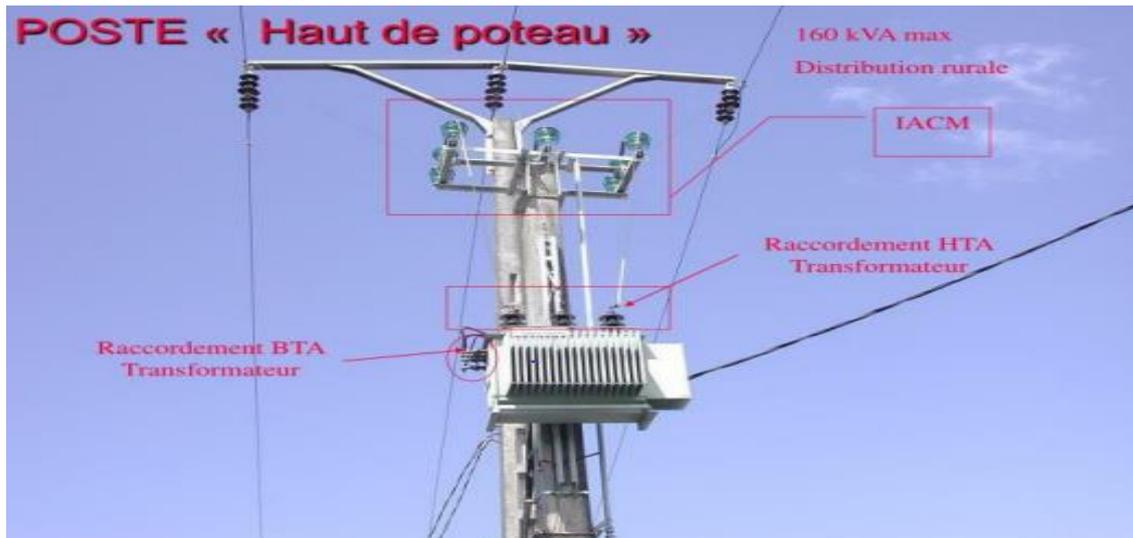


Figure I-4 Photo réelle d'un poste haut du poteau

I.3.2 Postes maçonnés traditionnels

L'installation d'un poste HTA/BT en intérieur se justifie lorsqu'on doit protéger l'appareillage HT et BT du poste contre les fortes variations de température, dans le cas de puissances importantes ou encore pour protéger les gens contre les risques d'électrocution notamment dans les zones urbaines.

On distingue les postes dont l'appareillage HT est sous enveloppe métallique comme montré sur la figure I-5, et les postes équipés d'appareillage HT sans enveloppe, le matériel dans ce dernier cas, est dit ouvert. Ces postes sont de plus en plus remplacés par des cellules préfabriquées. Ils présentent l'avantage d'offrir une meilleure sécurité et une mise en place plus rapide. [4]

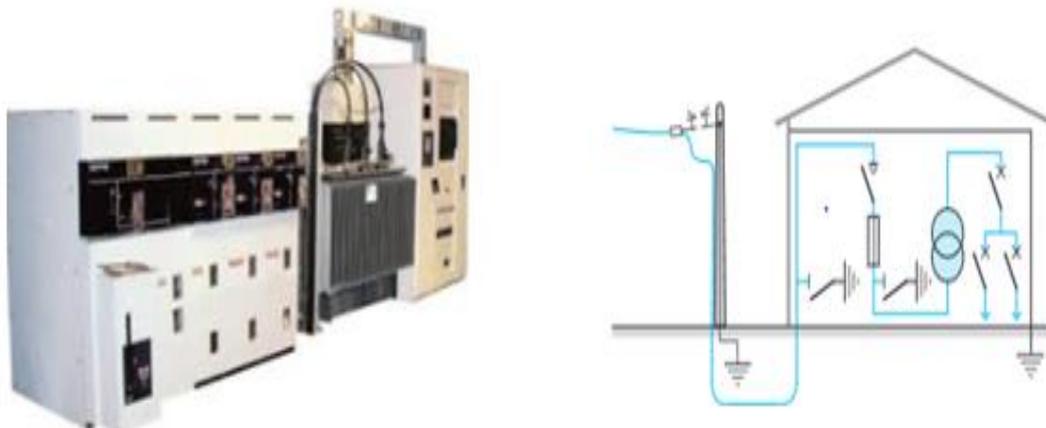


Figure I-5 Structure d'un poste maçonné[4]

I.3.3 Postes préfabriqués monobloc

Déposés sur une dalle en ciment, ces postes sont très compacts et leur mise en place est très rapide dont le montage consiste à raccorder les câbles HTA d'arrivée et de départ, voir figures I-6 et I-7.

Il en existe une grande variété selon le milieu (urbain ou rural), selon les puissances installées et le type d'alimentation (en aérien ou en souterraine). Le tableau BT comporte un interrupteur avec fusibles ou un disjoncteur avec coupure visible, la puissance du transformateur est comprise entre 100 et 1000 kVA. [5]

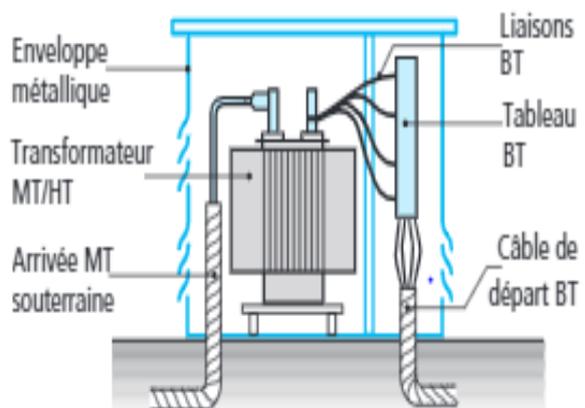


Figure I-6 Structure d'un poste préfabriqué compact[5]

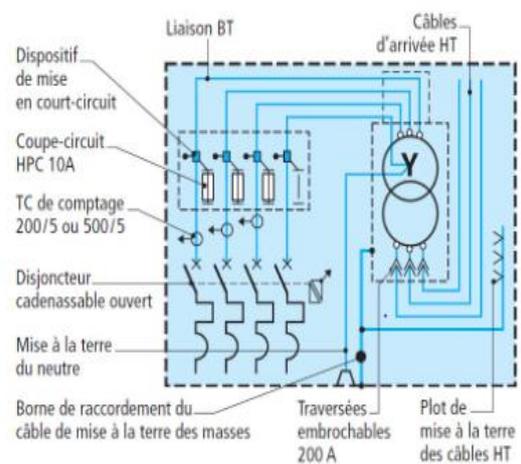
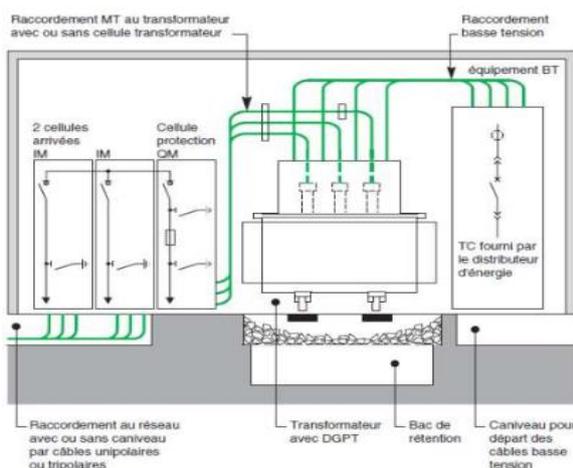


Figure I-7 Raccordement d'un poste préfabriqué monobloc

I.4 Cellules HTA

Les postes avec cellules préfabriquées métalliques sont réalisés avec des cellules remplissant chacune une fonction, voir figures I-8 et I-9.

- Cellule d'arrivée : Elle dépend de la nature de l'alimentation (antenne, boucle ou double dérivation).
- Cellule de protection du transformateur (une cellule par transformateur).
- Cellule de départ ou cellule particulière (contacteur, commande...).
- Cellule de comptage : dans le cas de comptage en HT.

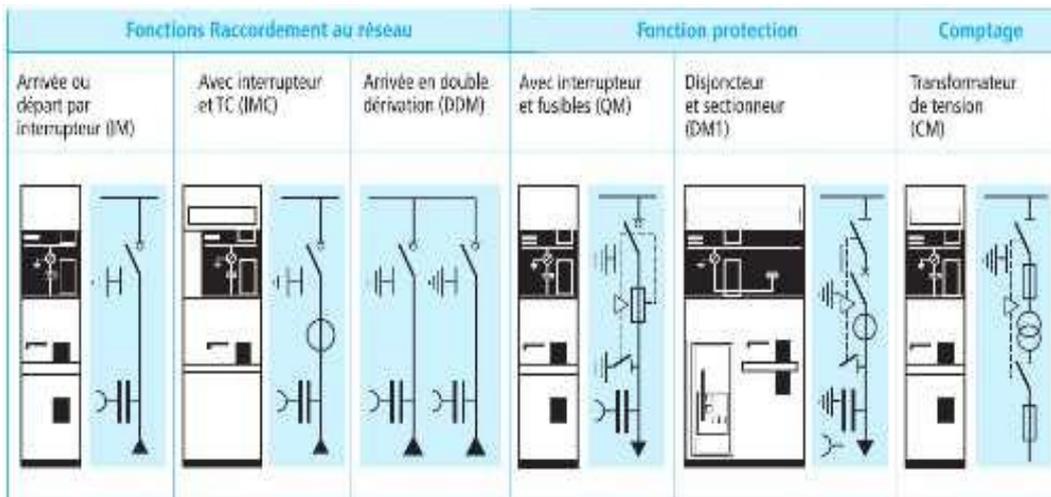


Figure I-8 Cellule préfabriqué HTA

Les appareils haute tension sont répartis en cellules individuelles qui permettent par association de réaliser de multiples schémas. Ce système modulaire permet la construction de postes de répartition HT avec une très grande souplesse.

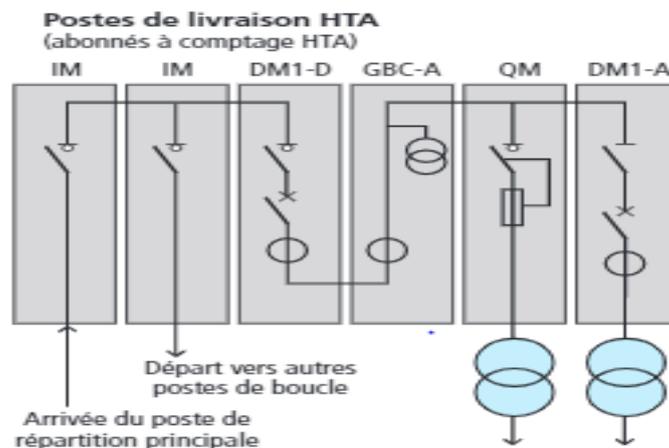


Figure I-9 Exemple d'association de cellule

I.5 Modes d'alimentation des postes HTA/BT

On distingue trois (03) différents modes d'alimentation, voir figure I-10 :[6]

I.5.1 Alimentation en simple dérivation ou en antenne

Chaque poste HTA / BT est alimenté à partir d'un poste source par un seul câble souterrain ou ligne aérienne. C'est le schéma le plus simple et le système le moins efficace, pour la continuité de service. Généralement utilisé pour les postes ruraux et quelquefois pour les postes urbains (installations provisoires, postes de chantier) et tend à être remplacé par les réseaux en coupure d'artère près des villes. Une intervention sur le câble ou la ligne nécessite dans la majorité des cas (le bouclage en basse tension n'étant généralement pas possible) d'interrompre l'alimentation de la clientèle.

I.5.2 Alimentation en coupure d'artère ou en boucle

Chaque poste HTA / BT est alimenté par deux câbles issus d'un même poste source (éventuellement de deux postes sources) par une boucle ouverte en un point (dit point de coupure). Tous les appareils de coupure sont fermés sauf un. C'est un système efficace, pour la continuité de service et le plus répandu en zone urbaine en souterrain en général. En cas de défaut, on isole le défaut compris entre 2 postes et on alimente par les 2 extrémités de la boucle. Seul un problème sur le poste source est pénalisant.

I.5.3 Alimentation en double dérivation

Chaque poste HTA / BT est alimenté à partir de 2 postes source par 2 câbles distincts, l'un des câbles alimente normalement le poste, l'autre étant en réserve pour réalimenter le poste en cas de défaut sur le premier. On trouve des interrupteurs sectionneurs à verrouillage à l'entrée de chaque poste HTA / BT (alimentation par l'un ou l'autre). C'est un système efficace, pour la continuité de service. Il est utilisé dans des zones urbaines où la clientèle ne peut supporter des coupures de longue durée mais coûte très cher. Actuellement, cette réalimentation est parfois assurée automatiquement dans certaines grandes agglomérations.

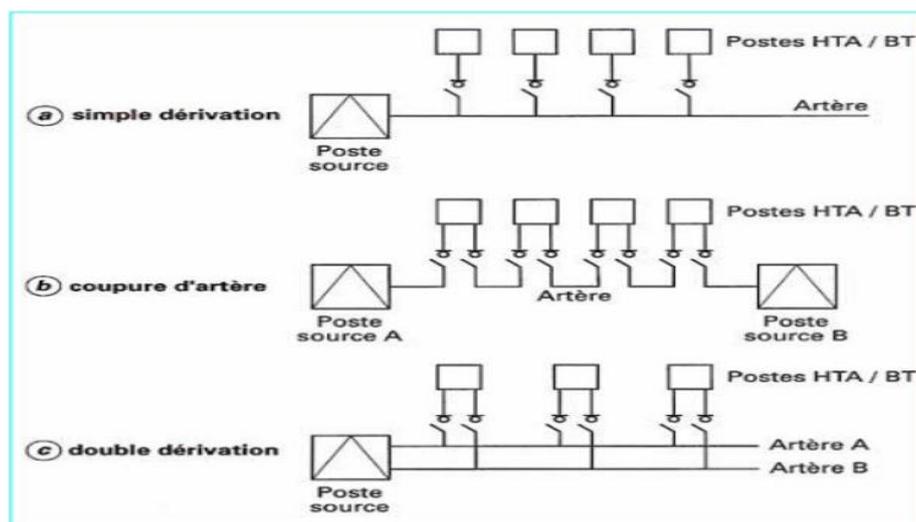


Figure I-10 Modes d'alimentation [6]

I.6 Modes de comptage

On distingue trois types de comptage de l'énergie électrique : [7]

I.6.1 Comptage type A

Réalisé sur la basse tension pour un abonné MT dont $S \leq 630$ Kva, voir figure I-11

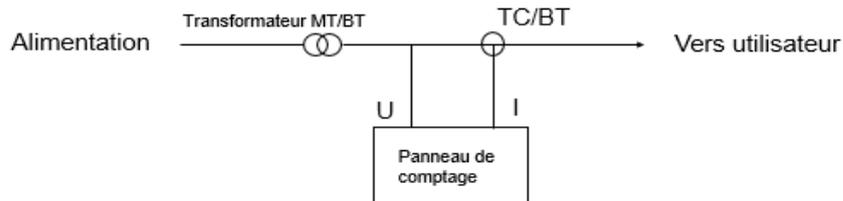


Figure I-11 Comptage type A [7]

I.6.2 Comptage type B

Il est réalisé sur la moyenne tension dont $S > 630$ kVA et ≤ 2500 Kva, voir figure I-12

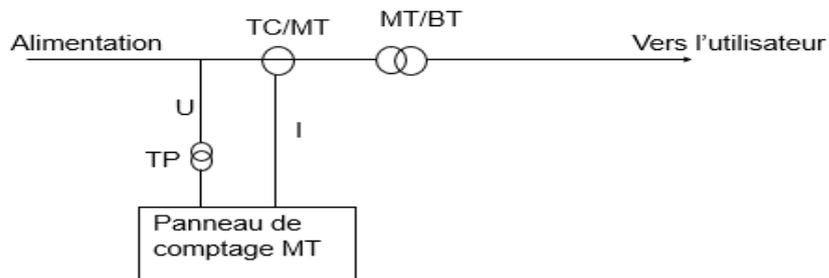


Figure I-12 Comptage type B [7]

I.6.3 Comptage type C

Le client étant un abonné HTA ou HTB, le comptage sera réalisé sur la moyenne tension pour une puissance > 2500 Kva, voir figure I-13.

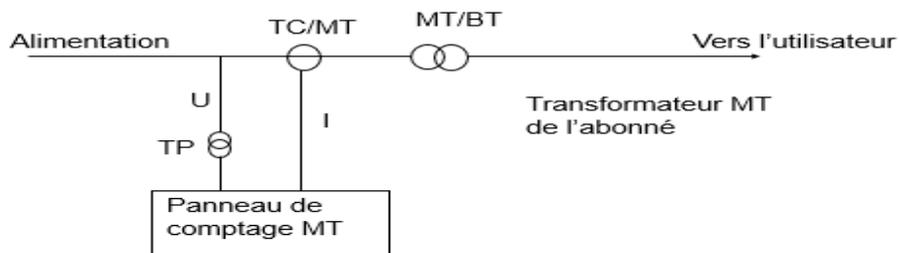


Figure I-13 Comptage type C [7]

I.7 Appareillages de protection

L'appareillage électrique est un élément qui permet d'obtenir la protection et l'exploitation sûre et ininterrompue d'un réseau électrique. [4]

I.7.1 Disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales du circuit et d'établir, de supporter et d'interrompre durant une période spécifiée des courants dans des conditions anormales du circuit.

Il assure dans tous les cas les fonctions de base de l'appareillage contre les surintensités et la commande des circuits en aval. Et sous certaines conditions, La protection du sectionneur et des personnes contre les dangers des courants.

Il est doté principalement de :

- Pôles principaux comportant chacun des contacts fixes et mobiles et dispositif d'extinction de l'arc.
- D'un dispositif de commande manuel de fermeture et de verrouillage

Il est caractérisé par : une tension nominale, un courant nominal, calibre, pouvoir de coupure, pouvoir de fermeture.

I.7.2 Relais

Les relais de protection sont des appareils qui comparent en permanence les grandeurs électriques des réseaux (courant, tension, fréquence, puissance, impédance...) à des valeurs prédéfinies. Leur rôle est de détecter tous phénomènes anormaux pouvant se produire sur un circuit électrique, avec pour objectif, suivant leurs types :

- L'élimination des défauts, afin de limiter les contraintes électriques (surtension, surintensité) et les contraintes mécaniques, ceci se fait à l'aide des relais de protection contre les défauts.
- La surveillance des grandeurs électriques du réseau pour contrôler en permanence la qualité de l'énergie fournie et assurer la protection des personnes contre les dangers de l'électricité. Ceci se fait à l'aide des relais d'exploitation ou de surveillance.

Chapitre I : Poste de transformation HTA/BT

Les relais sont prévus pour assurer le bon fonctionnement de chaque unité fonctionnelle, ils peuvent être de l'une ou de l'autre des deux familles définies ci-dessus, voire même des deux, en fonction des impératifs plus au moins contraignant du procédé. Leurs classifications se fait d'après l'élément moteur :

- Relais électromagnétique, commandé par un électro-aimant.
- Relais thermique, commandé par un bilame.
- Relais magnétothermique, commandé à la fois par un électro-aimant et par un bilame.

Il en existe plusieurs types de relais :

- Relais à maximum de courant de phase
- Relais à maximum de courant homopolaire
- Relais directionnel de courant
- Relais différentiel de courant
- Relais à minimum de tension
- Relais BUCHHOLZ

I.7.3 Fusible

Ce sont des appareils de protection dont la fonction est d'ouvrir, par fusion d'un ou plusieurs de leurs éléments, conçus et calibrés à cet effet, le ou les circuits dans lesquels ils sont insérés. Ils sont caractérisés par le courant nominal, tension nominale et pouvoir de coupure.

I.7.4 Interrupteur

C'est un appareil mécanique de connexion capable :

- D'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales du circuit, y compris éventuellement les conditions spécifiées d'une surcharge.
- De supporter pendant une durée spécifiée des courants dans des conditions anormales des circuits telle celles des courants de court-circuit.
- D'établir mais non d'interrompre des courants de court-circuit.

I.7.5 Parafoudre

Les parafoudres sont installés sur les pylônes d'arrivée des lignes, leur rôle est de limiter les surtensions en écoulant à la terre les courants de foudre.

I.8 Transformateur HTA/BT

Le transformateur est une machine électrique statique. Il permet de convertir le système de tension et du courant électriques alternatifs à son entrée, en un système de tension et de courant généralement de valeurs différentes à sa sortie en conservant la fréquence et la forme.

I.8.1 Constitution

Le transformateur triphasé HTA/BT, voir figure I-14, est constitué de :

- Un circuit magnétique (empilage de tôles d'acier au silicium) : trois colonnes et deux culasses (inférieure et supérieure) qui assurent la fermeture du circuit. Le serrage des culasses et l'assemblage des noyaux sont obtenus par des matériaux non magnétiques.

Le circuit magnétique comporte les enroulements HT et BT, et leur isolement HT. On bobine d'abord l'enroulement BT puis l'enroulement HT.

- Un circuit électrique : trois enroulements pour le côté HT, trois enroulements pour le côté BT et leur isolement.
- Des organes annexes : protection, manutention, support du circuit magnétique et parois refroidissement. [6]

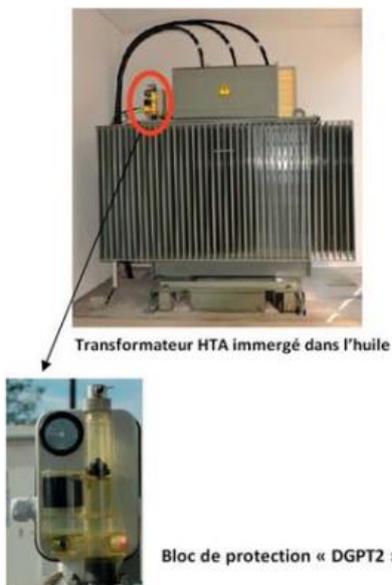


Figure I-14 Transformateur HTA/BT[6]

Chapitre I : Poste de transformation HTA/BT

I.8.2 Mode de couplage des enroulements et indice horaire

La désignation d'un transformateur se fait en accolant les deux lettres des couplages HT et BT suivies d'un nombre précisant l'indice horaire. Parfois on ajoutera « n » à cette désignation pour préciser la présence du neutre (ex : Dyn11). L'indice horaire correspond à l'angle de retard de la tension d'une phase au secondaire par rapport à la même phase au primaire. Il est compris entre 0 et 12 (comme sur une pendule), chaque angle étant un multiple de 30°.

Les couplages des trois enroulements du côté haute tension (HT) sont repérés par des lettres majuscules : Y (couplage en étoile) et D (couplage en triangle), tandis que les couplages des trois enroulements du côté basse tension (BT) sont repérés par des lettres minuscules : y (couplage en étoile), d (couplage en triangle) et z (couplage en zigzag). Nous pouvons trouver le couplage :

- En étoile : Il permet la sortie du neutre et ainsi de disposer des tensions simples et composées (très utilisé en BT).
- En triangle : Il ne permet pas la sortie du neutre et nécessite un plus grand nombre de spires que le couplage en étoile.
- En zigzag : Les enroulements sont divisés en deux demi-bobines placées sur deux colonnes différentes. De plus la deuxième demi-bobine est inversée par rapport à la première pour une meilleure répartition des tensions sur un réseau BT déséquilibré.[6]

❖ Exemple : Désignation d'un transformateur Dyn11

D est le couplage triangle coté HT.

Y est le couplage étoile coté BT.

n est le neutre sorti coté BT.

11 est l'indice horaire, soit $11 \times 30 = 330^\circ$, la tension de la phase 1 du secondaire est en retard de la tension de la phase 1 du primaire de 330°.

I.8.3 Conditions de couplages de deux transformateurs

Pour augmenter la puissance de l'installation, on peut brancher en parallèle deux ou plusieurs transformateurs. Les conditions à respecter sont:

Chapitre I : Poste de transformation HTA/BT

- Les puissances des transformateurs doivent être proches (max rapport de 2).
- Les transformateurs doivent être alimentés par le même réseau.
- La longueur des connexions doit être la même en entrée et en sortie.
- Les couplages des enroulements doivent avoir un même indice horaire.
- La tension de court-circuit doit être égale à 10% près.
- La tension secondaire doit être très peu différente entre chacun des transformateurs. Selon la charge, elle ne doit pas dépasser 0.4%. [6]

I.8.4 Protections associées

On retrouve deux types de transformateurs : secs enrobés et immergés.

I.8.4.1 Protection des transformateurs secs enrobés

L'isolation des enroulements est assurée par des isolants solides et le refroidissement est donc réalisé par l'air ambiant sans liquide intermédiaire.[6]

A. Protection enamont

- Protection contre les courts-circuits :

- Par fusible, si un seul transformateur est si le courant nominal est inférieur à 45A.
- Par disjoncteur, si un seul transformateur avec le courant nominal $I_n > 45A$ et s'il y a plusieurs transformateurs.

- Protection contre les surcharges : par sonde thermique pour mesurer la température des enroulements.[6]

B. Protection enaval

- Protection contre les courts-circuits : Par disjoncteurs (court retard ou magnétique).

- Protection contre les surcharges:

- Par relais thermique ou long retard d'un disjoncteur.
- Par sonde thermique pour mesurer la température des enroulements.

- Défauts internes (court-circuit entre phases) la protection contre les défauts internes et les surintensités est assurée par une sonde thermique.

I.8.4.2 Protection des transformateurs immergés

Ces transformateurs sont immergés dans une cuve contenant un diélectrique liquide. Ce diélectrique est très souvent de l'huile minérale qui est inflammable.[6]

A. Protection enamont

- Protection contre les courts-circuits :

- Par fusible : si un seul transformateur et si le courant nominal est inférieur à 45A.
- Par disjoncteur : si un seul transformateur avec $I_n > 45A$ et s'il y a plusieurs transformateurs.

- Protection contre les surcharges : grâce à un thermostat à deux seuils plongé dans le diélectrique des transformateurs immergés.

B. Protection enaval

- Protection contre les courts-circuits : par disjoncteurs (court retard ou magnétique).

- Protection contre les surcharges:

- Par relais thermique ou long retard d'un disjoncteur.
- Grâce à un thermostat à deux seuils, plongé dans le diélectrique des transformateurs immergés.

- Défauts internes (court-circuit entre phases) : la protection contre les défauts internes et les surintensités est assurée par un bloc relais DGPT2 (détection de gaz, pression, température à deux niveaux). Le bloc DGPT2 surveille:

- Le dégagement gazeux et la baisse du niveau du liquide de refroidissement.
- L'élévation de la pression dans la cuve (seuil réglé à 0.2 bar).
- L'augmentation de la température (1^{er} seuil à 90°C, il y a déclenchement de l'alarme, et au 2^e seuil à 100°C, il y a une mise hors tension du transformateur).

Lorsqu'il y a une baisse importante du niveau diélectrique ou une surpression, il y a une mise hors tension du côté HTA.

Chapitre I : Poste de transformation HTA/BT

I.8.5 Cas des transformateurs respirant avec conservateur

La dilatation du diélectrique se fait dans un vase d'expansion situé au-dessus de la cuve. Un assécheur d'air empêche l'humidité de pénétrer dans le réservoir. Cette technologie est retenue au-dessus de 10 MVA et on contrôle le fonctionnement de ce transformateur à l'aide d'un relais BUCHHOLZ qui contrôle la baisse de niveau du diélectrique et les productions de gaz (passage de bulles). [6]

I.9 Point de livraison

Il constitue la frontière entre les installations privées du client dites "intérieures" et les ouvrages entrant dans la concession du distributeur d'énergie. [4] [8]

Ce point de livraison se situe :

I.9.1 Alimentation Basse – Tension

- Puissance au plus égale à 36 KVA : aux bornes de sortie du disjoncteur de branchement
- Puissance comprise entre 36 et 250 KVA inclus : aux bornes de sortie de l'appareil de sectionnement.

I.9.2 Alimentation Haute – Tension

- Raccordement aérien : immédiatement à l'amont des chaînes d'ancrage de la ligne sur le bâtiment du poste client.
- Raccordement aérien à un poste sur poteau immédiatement à l'amont des chaînes d'ancrage de la ligne HT.
- Raccordement aéro-souterrain : à l'aval de l'extrémité du câble ou éventuellement à l'extrémité de la partie fixe delà prise de courant située sur le transformateur HT/BT si le câble emprunte le domaine public, à l'amont des chaînes d'ancrage du support d'arrêt où se trouve le départ du câble si celui-ci emprunte le domaine privé.
- Raccordement à un réseau souterrain : immédiatement à l'aval de l'extrémité du ou des câbles d'alimentation du poste. [5]

I.10 Schéma des liaisons à la terre

On distingue deux (02) catégories :

I.10.1 Schéma des liaisons à la terre (MT)

Pour l'installation MT, le schéma des liaisons à la terre (ou régime de neutre) est celui du distributeur d'énergie. Pour la partie BT de l'installation la norme NF C 15-100 précise 6 schémas possibles TNR, TTS, TTN, ITR, ITN, ITS.

Chapitre I : Poste de transformation HTA/BT

Signification des lettres		* Pour le poste de transformation
Première lettre : Liaison du neutre à la terre	Deuxième lettre : Liaison des masses de l'installation	Troisième lettre(*) : disposition des masses du poste de transformation par rapport à la terre
T : Liaison directe du neutre à la terre. I : Liaison par une impédance ou isolé.	T : Liaison à une prise de terre N : Liaison au neutre	R : masse du poste reliées aux neutres et aux masses de l'installation N : masse du poste reliées au neutre seulement S : masse du poste, du neutre, de l'installation séparées, chacune est raccordée à une prise de terre distincte.

Figure I-15 Schéma des liaisons à la terre[9]

Les défauts d'isolement sur le matériel MT du poste (internes) ou dus aux surtensions atmosphériques (externes) peuvent engendrer des courants à la terre dangereuse pour les personnes et le matériel.

Des mesures préventives consistent essentiellement en :

- l'interconnexion de toutes les masses du poste et leur raccordement au collecteur de terre.
- la recherche d'une résistance de terre aussi faible que possible.

Selon le schéma de liaison à la terre de l'installation BT existant et le mode d'interconnexion des masses du poste à la prise de terre du neutre, la norme NF C 13-100 définit des valeurs maximales pour cette prise de terre.[9]

I.10.2 Schéma des liaisons à la terre (BT)

Pour les réseaux BT, les normes définissent trois types de schémas de liaison à la terre, communément appelés régimes de neutre :

- Neutre à la terre TT.
- Mise au neutre TN avec 2 variantes :
 - TN-S Neutre et PE -conducteur de protection- séparés
 - TN-C Neutre et PE confondus -PEN-
- Neutre isolé TIT ou impédant (réservé aux branchements de puissance > 250 KVA).

Ces trois schémas sont considérés comme équivalents sur le plan de la sécurité des personnes contre les contacts indirects. Il n'en est pas nécessairement de même pour la sûreté de l'installation électrique BT en ce qui concerne :

- La disponibilité de l'énergie.
- La maintenance de l'installation.

C'est le croisement des impératifs réglementaires, de continuité de service, de condition d'exploitation et de nature du réseau et des récepteurs qui détermine le ou les types de schémas les plus adaptés. [9]

Conclusion

Le réseau électrique est constitué de multitude infrastructures assurant son bon fonctionnement afin d'acheminer l'énergie électrique jusqu'au consommateur final.

Dans ce chapitre nous avons focalisé notre étude sur les postes HTA/BT, éléments clés du réseau de distribution. Ils reçoivent l'énergie électrique, la transforment (en passant d'un niveau de tension à un autre) et la répartissent en assurant l'interconnexion entre différents réseaux électriques.

Les postes HTA/BT qu'ils soient destinés à la distribution publique (clients BT et domiciles) ou pour la livraison (clients à moyenne tension), se constituent d'un certain nombre d'appareils et équipement électriques (transformateurs, cellules HTA, compteur, disjoncteurs, sectionneurs...) qui participent au bon fonctionnement du réseau, chaque élément parmi ces derniers a été étudié dans ce chapitre.

L'évolution des postes HTA/BT s'est accélérée au cours des dernières années du fait de la montée des exigences des utilisateurs en matière de sécurité des personnes, de l'évolution des réseaux de distribution moyenne tension, du développement de la téléconduite et de l'évolution du contrôle-commande de l'appareillage et des postes suite à l'introduction du relayage numérique. [1]

Dans le chapitre suivant, nous allons exposer les différents éléments constituant ainsi que le bilan de puissance de l'installation intérieure d'un établissement muni par un poste de transformation HTA/BT.

Chapitre II :
Bilan de puissance d'une
installation électrique

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

Introduction

Une installation électrique est un ensemble cohérent d'appareillage, câbles, circuits et récepteurs. Les câbles sont considérés comme les piliers de l'installation. Pour cela le dimensionnement de telle installation implique le choix optimal des sections de câbles, des éléments de l'appareillage et les récepteurs, afin de garantir un fonctionnement normal des équipements sans dégradation ou échauffement, en ce qui suit, nous exposons les éléments principaux d'une installation électrique alimentée par un poste de transformation HTA/BT.

Pour calculer la consommation d'une telle installation, il est impératif de connaître la puissance de chaque appareil et équipement installé. Pour se faire, il faut se référer à l'indice W. Ce symbole représente le watt, qui est l'unité de mesure de la puissance électrique. Cependant, afin de calculer la consommation, c'est l'indice kW (kilowatt) qui est utilisé. Ainsi, ce calcul a pour objectif d'avoir le meilleur système assurant le bon fonctionnement de l'installation électrique.

Le calcul du bilan de puissance est déterminé à partir des équipements installés dans chaque atelier tenant compte d'un certain nombre de facteur de correction. Ces facteurs et ces puissances seront définis dans la suite de ce chapitre.

II.1 Eléments constitutifs d'une installation électrique

II.1.1 Tableau électrique

Un tableau électrique est le point d'entrée de l'énergie électrique pour l'installation (ou pour une partie de l'installation) BT. Le circuit d'arrivée se divise en plusieurs circuits (départs), chacun de ces circuits est commandé et protégé par l'appareillage installé dans le tableau (disjoncteurs, contacteurs, interrupteurs, interrupteurs fusibles, etc.).

En conséquence le type du tableau de distribution doit être parfaitement adapté à son application. Sa conception et sa construction doivent être conformes aux normes en vigueur et respecter les règles de l'art. [10] [11]

Nous avons deux grands types de tableaux :

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

- **Le TGBT, désigne Tableau Général Basse Tension**

C'est le tableau électrique basse tension des grandes installations électriques.

Ce tableau fait le lien entre l'arrivée du réseau de distribution amont Haute Tension et le réseau basse tension du client (entreprise, particulier, etc.) voir figure II-1.

Il peut être suivi de tableaux divisionnaires en fonction de la grosseur et du cahier des charges de l'installation. Il permet une adaptation de tension pour la suite de l'installation.



Figure II-1 Tableau électrique général basse tension[10]

- **Tableaux de contrôle-commande de processus**

Ce tableau électrique représente l'élément central d'une installation électrique. Il rassemble, en un même endroit, les arrivées et départs des différents circuits d'une installation. Il est matérialisé par une coque plastique et comprend des rails DIN pour accueillir les différents appareillages modulaires (disjoncteurs, différentiels, etc.) voir figure II-2.

La taille du tableau dépend du nombre d'appareils à installer et de leur encombrement. Une réserve de 20 à 30% à prévoir pour les extensions futures.

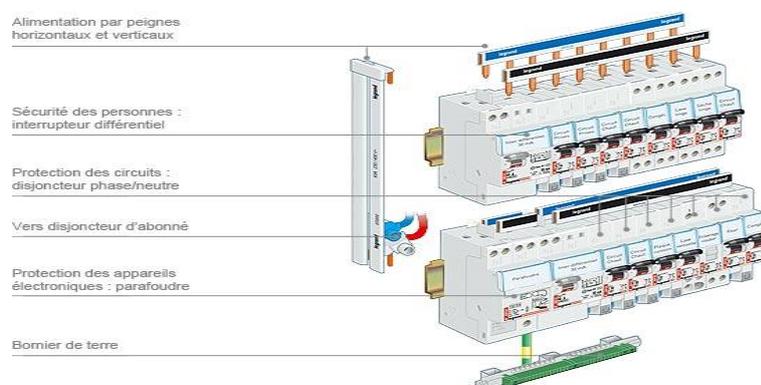


Figure II-2 Tableau électrique basse tension[10]

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

II.1.1.1 Composants du tableau électrique basse tension

La composition d'un tableau électrique se fait à l'aide d'appareillages modulaires, de borniers et de peignes. Les appareils modulaires permettent d'assurer la protection des circuits et des personnes contre la foudre, de gérer la consommation ou l'éclairage. Les peignes permettent d'alimenter les protections de circuit.

- Alimentation par peignes horizontaux et verticaux.
- Sécurité des personnes : interrupteur différentiel.
- Protection des circuits : disjoncteur phase/neutre.
- Protection des appareils électroniques : para-foudre.
- Bornier de terre. [10]

II.1.2 Section des conducteurs et calibres de protection

Si pour concevoir une installation les réglementations sont nécessaires, il faut aussi avoir toutes les informations sur les récepteurs à alimenter :

- Leur mode de fonctionnement (normal, démarrages fréquents).
- Leur localisation dans le plan et le bâtiment.
- Leurs puissances installées, utilisées et à prévoir (K_u , K_s , K_e).

Tous ces éléments permettent de déduire la puissance et le nombre de sources nécessaires en fonction de l'installation et le type de tarification adaptée. Le type de canalisation, son mode de pose, la nature de l'âme et de l'isolant des conducteurs, la nature des appareils de protection, le type de schéma de liaison à la terre étant connus on peut réaliser les choix des éléments de l'installation. Selon la norme 15.100, la section du câble de protection est liée avec celle du conducteur de phase. [11]

Pour le calibre de l'appareil de protection, l'intensité assignée du dispositif de protection, coupe-circuit à fusible ou disjoncteur doit être prise juste supérieure à l'intensité d'emploi calculée. On réglera le disjoncteur de calibre pour obtenir une intensité de réglage. Le choix du pouvoir de coupure de l'appareil de protection se fera après calcul du courant de court-circuit présumé à l'endroit où l'appareil de protection est installé voir figure II-3.

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

Nature du circuit			Section mini. Des conducteurs cuivre (mm ²)	Courant assigné maximal du dispositif de protection	
				Disjoncteur	Fusible
Eclairage		Point d'éclairage ou prise commandée	1,5	16A	10A
Prises de courant 16A		Circuit 5 prises	1,5	16A	Interdit
		Circuit 8 prises	2,5	20A	16A
		Circuit spécialisés (lave linge, sèche linge, four ...)	2,5	20A	16A
Volets roulants		-	1,5	16A	10A
VMC		-	1,5	2A	Interdit
		Cas particuliers	1,5A	Jusqu'à 16A	
Pilotage		Circuit d'avertissement tarifaire, fil pilote, gestionnaire d'énergie	1,5	2A	Interdit
Chauffe eau		Chauffe eau électrique non instantané	2,5	20A	16A
Cuisson		Plaquette de cuisson, cuisinière	Monophasé	32A	32A
			Triphasé	20A	16A

Figure II-3 Section de câble et calibre de protections réglementées

II.2 Appareils modulaires

La taille d'un tableau électrique est souvent désignée en fonction de son nombre de modules électriques. Un module constitue un emplacement destiné à recevoir différents appareillages. Bien que le module désigne normalement un espace dans le tableau électrique, ce terme peut aussi désigner le matériel électrique installé sur cet emplacement.

Il existe des appareils modulaires de différentes tailles qui sont standardisées en fonction de la largeur d'un module de tableau électrique. Ainsi, certains éléments s'installent sur un seul module (ou emplacement), tandis que d'autres nécessitent 2, 3 ou 4 modules. [11]

Il existe deux grandes catégories d'appareils modulaires dans un tableau électrique :

- Les dispositifs de protection des biens et des personnes.
- Les dispositifs de commande et de programmation.

II.2.1 Modules de protection, Ils ont pour but :

- Assurer la sécurité des personnes en contact avec l'installation électrique.
- Assurer l'intégrité des composants matériels de l'installation ainsi que des équipements électriques qui y sont branchés (électroménager, appareils de chauffage, etc.).

A. Modules de protection différentielle

D'après la norme NF C 15-100, une protection différentielle est obligatoire pour tous les circuits de l'installation électrique. Ce matériel est dédié principalement à la protection des personnes.

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

Un appareil de protection différentiel met le circuit hors tension dès lors qu'il détecte une fuite de courant dont l'intensité est dangereuse pour l'homme. Il existe deux types d'appareillages de protection différentielle :

- **L'interrupteur différentiel.**
- **Le disjoncteur différentiel.**

B. Modules de protection individuelle

En plus de la protection différentielle, chacun des circuits électriques doit disposer d'un dispositif individuel pour protéger les personnes contre les courts-circuits et les surcharges.

Les **coupe-circuits à fusible** sont des composants à usage unique. Une fois qu'ils ont détecté une anomalie, ils « grillent » et doivent être remplacés.

Les fusibles sont encore autorisés mais ils ne répondent plus à la norme en vigueur. Lors de vos travaux de rénovation ou de mise aux normes électriques, il est donc fortement recommandé de les remplacer par des disjoncteurs magnétothermiques.

Les **disjoncteurs magnétothermiques** sont aussi appelé disjoncteurs divisionnaires. Contrairement au fusible, le disjoncteur « saute » quand il repère un problème. Il peut simplement être réarmé manuellement.

Le disjoncteur fait donc aussi office d'interrupteur. Il peut être utilisé pour couper temporairement l'alimentation d'un circuit électrique.

La protection individuelle se place en tête du circuit. Son ampérage doit être choisi en fonction des caractéristiques du circuit à protéger.

C. Module parafoudre

Le rôle du bloc parafoudre est de protéger l'installation contre les effets de la foudre. Il empêche la **surtension temporaire** engendrée par la foudre d'atteindre et d'endommager les équipements électriques.

II.2.2 Modules de commande et de programmation

Des appareils modulaires peuvent aussi être ajoutés pour apporter des fonctionnalités spécifiques à l'installation électrique, notamment dans les domaines de l'éclairage et de la gestion de l'énergie.[11]

A. Modules d'éclairage

La commande de l'éclairage peut être réalisée par l'ajout d'un module spécifique. Par exemple, une **minuterie** permet de définir la durée de fonctionnement de certains points d'éclairage comme celui de l'entrée ou du garage. L'éclairage s'éteint ainsi automatiquement une fois le temps écoulé.

Le **télérupteur** permet d'installer trois (ou plus) points de commande d'un éclairage via des boutons poussoirs.

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

B. Modules de gestion de l'énergie

On distingue plusieurs modules:

- **Contacteur**

Il doit être associé à un abonnement d'électricité qui distingue les heures pleines et les heures creuses. Le contacteur autorisera le fonctionnement de certains appareils uniquement pendant les heures creuses. Ainsi, vous profitez du tarif d'électricité le plus avantageux. Ce module est couramment utilisé pour la commande d'un chauffe-eau à accumulation.

- **Horloge de programmation**

Il permet de définir des horaires de fonctionnement de certains circuits. Elle peut être utile par exemple pour limiter l'activation d'un système de simulation de présence.

- **Délesteur**

Il sert à prioriser certains circuits électriques lorsque la demande électrique est trop forte. En effet, lorsqu'un grand nombre d'appareils fonctionnent simultanément, la puissance nécessaire peut dépasser la puissance souscrite. Dans ce cas, le disjoncteur général saute et coupe l'électricité dans l'ensemble du logement.

Le délesteur permet justement d'éviter cela puisqu'il coupe temporairement l'alimentation des circuits définit comme non prioritaires. Il rétablit ensuite l'alimentation de toute l'installation dès que la puissance demandée revient à la normale. Ce système permet de gérer les pics de puissance ponctuels et évite de souscrire un abonnement plus coûteux.

II.3 Schémas et symboles architecturaux

Le plan électrique architectural, aussi appelé schéma électrique architectural, est un schéma permettant d'exprimer les besoins en électricité de l'installation : il répertorie l'emplacement et le nombre des dispositifs électriques (éclairage, prises électriques, interrupteurs, ...) sur le plan de l'installation.

La réalisation d'un plan architectural électrique nécessite de connaître les symboles électriques. Il existe en effet une série de symboles conformes en électricité, qu'il faut poser sur le plan. Parmi les plus importants, il y a les symboles électriques de commande qui représentent les interrupteurs, les variateurs, les boutons poussoirs ou encore les systèmes de commande par clé.[11]

- Il y a également les symboles qui représentent des points lumineux, notamment les lumières plafonds, les spots, les réglettes fluorescentes ou encore les projecteurs. Des symboles de prises de courant, de réseaux ou d'antennes, ainsi que ceux à l'image des circuits spécialisés ou des équipements comme le climatique ou le chauffage. Et bien d'autres symboles divers qui représentent par exemple, la sonnerie, le télérupteur ou encore une antenne, voir figure II-4.

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

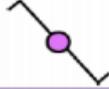
Symboles / repères	Désignations	Abréviations	Type de montage
	point d'éclairage central		circuits éclairage
	point d'éclairage en applique		circuits éclairage
	Eclairage fluorescent		circuits éclairage
	Interrupteur simple	S A	Simple allumage, prise commandée
	Interrupteur double	D A	double allumage, ou prise commandée
	Interrupteur va et vient	V V	montage va-et-vient
	Interrupteur simple avec voyant lumineux	S A	Simple allumage
	Bouton-poussoir	B P	Télérupteur, minuterie, commande
	Bouton-poussoir lumineux	BP	circuits prises ce courant, prise commandée

Figure II-4 Exemple de quelques symboles électriques dans le schéma architectural[10]

II.4 Bilan de puissance

Le bilan de puissance est une étape indispensable dans une installation électrique. Il prend en compte la totalité des puissances des appareils installés et leur utilisation afin de déterminer la puissance ainsi que l'intensité totale de l'installation. Pour un résultat garantissant le bon fonctionnement de l'installation, plusieurs coefficients de correction s'ajoutent au calcul.

Le calcul du bilan de puissance d'une installation électrique permet donc :

- De connaître les besoins en puissance d'une installation électrique.
- D'équilibrer l'utilisation des appareils électriques par rapport à la puissance maximale d'une source d'énergie.
- Dimensionner la ou les sources d'énergie (Transformateurs, Groupes diesels, Onduleurs, sources renouvelables) et choisir une puissance répondant à ses besoins.
- Evaluer le courant d'emploi circulant dans les circuits terminaux et de distribution.
- Dimensionner la capacité des batteries de condensateurs de compensation.
- Opter pour une puissance souscrite vis à vis du fournisseur d'énergie électrique.
- Avoir le meilleur système assurant le bon fonctionnement de l'installation électrique.

[12] [13]

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

La puissance électrique correspond au travail que peut fournir un appareil électrique à chaque seconde. C'est la quantité d'énergie pouvant transformer par un appareil durant une période de temps.

La puissance installée est égale à la somme des puissances nominales de tous les récepteurs de l'installation. C'est la puissance totale de l'installation électrique.

$$P_{\text{inst}} = \sum P_{\text{nom}}(\text{récepteur}) \quad (\text{II-1})$$

P_{inst} : puissance installée

P_{nom} : puissance nominale

Cependant, tous les récepteurs ne fonctionnant pas forcément ni à la pleine charge ni en même temps, des facteurs de correction sont affectés à la puissance installée, permettant de définir la puissance maximale d'utilisation qui sert à dimensionner l'installation.

La puissance d'utilisation est la somme arithmétique de ces puissances apparentes pondérées. Elle est plus faible que la puissance installée, son évaluation dépend de deux facteurs : Facteur d'utilisation K_u et Facteur de simultanéité K_s . La puissance consommée, c'est la puissance maximale réellement consommée par les récepteurs.

II.5 Description des facteurs de correction

Dans cette partie, les différents facteurs de correction sont définis. [13] [14]

II.5.1 Facteur d'utilisation (K_u)

Le régime de fonctionnement normal d'un récepteur peut être tel que sa puissance utilisée soit inférieure à sa puissance nominale installée, d'où la notion de facteur d'utilisation.

Le facteur d'utilisation s'applique individuellement à chaque récepteur, et détermine le taux d'utilisation de la charge en fonction du temps. Ceci se vérifie pour des équipements comportant des moteurs susceptibles de fonctionner en dessous de leur pleine charge.

Il est utilisé pour déterminer le courant circulant dans les circuits amont et dimensionner la source. Par contre, il n'est pas pris en compte dans le choix de la protection contre les surintensités du circuit et les caractéristiques de canalisation.

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

L'application de ce coefficient nécessite la parfaite connaissance du fonctionnement des récepteurs

II.5.2 Facteur de simultanéité ou de foisonnement (Ks)

Le facteur de simultanéité caractérise les conditions d'exploitation de l'installation pour les moteurs et les prises de courant, il nécessite la connaissance détaillée de l'installation.

Il est utilisé pour le choix du jeu de barres ou de la Canalisation Electrique Préfabriquée (CEP) auquel il est affecté, pour déterminer le courant circulant dans les circuits amont, et pour dimensionner la source. Il est habituellement de 0.7 à 0.8 (ou 80%) dans les petites installations électriques. Ce coefficient est donc très utilisé pour définir la puissance souscrite auprès du fournisseur d'électricité.

Facteur de diversité : inverse du facteur de simultanéité. Cela signifie qu'il sera toujours ≥ 1 .

II.5.3 Coefficient d'extension ou de réserve (Ke ou Kr)

Une installation peut être modifiée ou étendue. Ce coefficient (ke ou kr) est un facteur de réserve, utilisé lors des extensions, afin de prendre en compte les évolutions prévisibles de l'installation et ne pas modifier l'ensemble de l'installation. Le facteur de réserve s'applique généralement au niveau des armoires de distribution principales, voir tableau II-1.

Tableau II-1 Valeurs normalisées des coefficients Ku, Ks et Ke[13]

Facteurs d'utilisation			Facteurs de simultanéité				Facteur d'extension
Guide pratique UTE C 15-105			Norme NF C 63-410		Norme NF C 14-100		
Utilisations		Ku	Nombre de circuits	Ks	Nombre de circuits	Ks	Ke
Force motrice		0.75 à 1	2 et 3	0.9	2 à 4	1	1.1 à 1.25
Eclairage		1	4 et 5	0.8	5 à 9	0.78	
Chauffage		1	6 à 9	0.7	10 à 14	0.63	
Prises de courant		0.1 à 0.2	> 10	0.6	15 à 19	0.53	
Ventilation		1			20 à 24	0.49	
Climatisation		1			25 à 29	0.46	
Froid		1			30 à 34	0.44	
Ascenseurs et monte charges	Moteur le plus puissant	1			35 à 39	0.42	
	Moteurs suivants	0.75			40 à 49	0.41	
	Autres moteurs	0.6			50 et au-dessus	0.38	

II.6 Caractéristiques des récepteurs électriques et données initiales

En général les caractéristiques des récepteurs sont données par le client ainsi que les techniques de pose des matériels et appareillages, ce qui constitue une première base pour une étude préliminaire, en plus s'ajoute d'autres renseignements concernant la nature des installations à réaliser telles que :

- Le plan architectural du site.
- Les tensions nominales à utiliser.
- Les emplacements des équipements.
- La classification de la fiabilité des alimentations pour les différents équipements.
- Les courbes de charge et d'utilisation des différents récepteurs. [15]

II.7 Tension nominale et catégories des récepteurs

La connaissance des niveaux de tensions des récepteurs influe beaucoup sur le schéma d'alimentation de l'installation. Dans tout projet d'électrification, l'indication des tensions supérieures à 1000 V se fait au départ (récepteur moyen tension ou haute tension). Pour les autres récepteurs (basse tension), la tension, est soit 230V ou 400V, doit aussi être indiquée par le client. [16]

Les récepteurs électriques sont classés en trois catégories selon la fiabilité de l'alimentation et de son impact sur les procédés technologiques de production ou de sécurité des personnes ou des matériels.

II.7.1 Récepteurs de première catégorie

Ce type de récepteur n'admet aucune coupure d'alimentation, appelés aussi récepteurs à temps zéro, ou à la limite une coupure juste le temps pour l'enclenchement automatique de la source de réserve, il doit être alimenté au moins par deux sources indépendantes ou soit par une source d'alimentation et un groupe électrogène, l'arrêt de fonctionnement de ces équipements peut provoquer :

- Un danger pour la vie humaine (salle d'opération d'un hôpital, explosion, incendie, etc....)
- Un dégât économique considérable, comme la perturbation d'un procédé technologique compliqué.

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

II.7.2 Récepteurs de deuxième catégorie

Ce type de récepteur est le récepteur le plus répandu dans l'industrie. Il admet une coupure d'alimentation, le temps nécessaire pour le branchement de la source de secours par le personnel exploitant. La durée maximale de coupure peut aller jusqu'à deux heures (2h).

La rupture d'alimentation de ces récepteurs provoque :

- L'arrêt de l'équipement et l'immobilisation du personnel.

La baisse de production et la perturbation de son programme.

II.7.3 Récepteurs de troisième catégorie

Ce type de récepteur admet une coupure en alimentation pendant le temps nécessaire à la réparation de l'équipement endommagé ou le rétablissement de l'alimentation extérieure. La durée maximale de coupure peut aller jusqu'à vingt-quatre heures (24h). Généralement ce sont des récepteurs appartenant à des ateliers de réparation (garage, dépôt, etc...).

II.8 Courbe de charge des installations

Les courbes de charges montrent le régime de service de l'équipement et le degré de son utilisation ; leurs connaissances sont nécessaires pour choisir la puissance de l'équipement, les sections des conducteurs, la consommation et les pertes d'énergies.[15]

❖ Définition des paramètres utilisés dans le calcul des charges

-Puissance de calcul (charge de calcul) : On entend par charge de calcul, la charge constante dans le temps par laquelle on remplace la charge variable qui est destinée au choix de l'équipement du système d'alimentation pour fonctionner dans les limites admissibles d'utilisation et d'échauffement.

- Facteur de demande K_d : Il est défini comme le rapport de la puissance de calcul et la puissance installée ; sa valeur exprimée en (%) varie d'une industrie à une autre selon la variation de la demande de puissance.

$$K_d = \frac{P_c}{P_{inst}} \quad (II-2)$$

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

II.8.1 Détermination de la charge de calcul des récepteurs de l'unité

On retrouve deux types de récepteurs : récepteurs de force et récepteurs d'éclairage

II.8.1.1 Charge de calcul des récepteurs de force

$$P_{cfi} = P_{inst.f,i} \times Kd_{f,i} \quad (KW) \quad (II-3)$$

$$Q_{cfi} = P_{cfi} \times Tg \varphi_i (KVAR) \quad (II-4)$$

Avec :

P_{cfi} : puissance de calcul de force de l'équipement de la station « i ».

$P_{inst.f,i}$: puissance de force installée de l'équipement de la station « i ».

$Kd_{f,i}$: facteur de demande de force de l'équipement de la station « i ».

$$Kd_{f,i} = Ks * Ku$$

Ks : coefficient de simultanéité.

Ku : coefficient d'utilisation.

Q_{cfi} : puissance réactive de calcul de force de l'équipement de la station « i ».

$Tg \varphi_i$: correspondant à $\cos \varphi_i$ (facteur de puissance) de la station « i ».

Tableau II-2 Coefficients d'utilisation et de simultanéité

	Moteurs	Eclairage, chauffage et climatisation	Prise de courant
Coefficient d'utilisation	0.75	1	(**)
Coefficient de simultanéité	0.7	1	0.1 à 0.3
(**) dépend de leur destination			

II.8.1.2 Charge de calcul des récepteurs d'éclairage

- **Puissance active de calcul** : on détermine la puissance active de calcul d'après la formule suivante :

$$P_{c,écl,i} = P_{inst,écl,i} \times Kd_{écl,i} \quad (II-5)$$

$Kd_{,écl,i}$: Facteur de demande de l'éclairage pour l'atelier i.

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

$P_{inst,écl,i}$: Puissance installée d'éclairage

- **Puissance réactive de calcul** : on détermine la puissance active de calcul par la formule suivante :

$$Q_{c\ écl i} = P_{écl ,i} \times \text{Tg } \varphi_{écl,i} \quad (\text{II-6})$$

$\text{Tg } \varphi_{écl,i} = 0$ Pour les lampes à incandescence (charge résistive).

$\text{Tg } \varphi_{écl,i} = 0,8$ Pour les lampes fluorescentes (existence du ballast).

II.8.2 Charge totale de calcul des récepteurs basse tension

La charge totale de calcul des récepteurs à $U_n < 1$ kV d'un atelier est déterminée par la sommation :[18]

$$P_{ci} = P_{c\ fi} + P_{c\ éc,i} \quad (\text{II-7})$$

$$Q_{ci} = Q_{c\ fi} + Q_{c\ éc,i} \quad (\text{II-8})$$

P_{ci} : Puissance active totale de calcul de l'atelier « i » en [kW] basse tension.

Q_{ci} : Puissance réactive totale de l'atelier « i » en KVAR

Par suite on peut calculer la puissance apparente totale de calcul de l'atelier « i » :

$$S_{ci} = \sqrt{P_{ci}^2 + Q_{ci}^2} \quad (\text{II-9})$$

L'énergie consommée par les récepteurs de force W_{fi} [5] :

$$W_{fi} = P_{c\ fi} \times T_{ma\ fi} [\text{kWh/an}] \quad (\text{II-10})$$

$T_{ma\ fi}$: temps de fonctionnement des récepteurs de force de l'installation « i » considérée en [h/an].

$$W_{éc\ i} = P_{c\ éc,i} \times T_{ma\ éc,i} \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{II-11})$$

$T_{ma\ éc,i}$: temps de fonctionnement de récepteur d'éclairage de la station « i » en [h/an].

L'énergie consommée par la station « i » est alors égale à la somme d'énergie consommée par les deux types de récepteur :

$$W_i = W_{fi} + W_{éc,i} \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{II-12})$$

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

II.8.3 Charge de calcul des projets

La charge de calcul des projets est obtenue en tenant compte des pertes de puissance dans les transformateurs des postes de transformations des stations et des postes et dans les lignes.[15]

$$P_{cp} = (P \sum_{B+} \Delta P + P \sum_{M+} \Delta P_{TM}) \cdot K_{div} [\text{kW}] \quad (\text{II-13})$$

$$Q_{cp} = (Q \sum_{B+} \Delta Q + Q \sum_{M+} \Delta Q_{TM}) \cdot K_{div} [\text{kVAR}] \quad (\text{II-14})$$

Avec :

$P \sum_B$; $Q \sum_B$: respectivement la somme de puissance de calcul active et réactive des stations du coté BT

$P \sum_M$; $Q \sum_M$: la somme des puissances de calcul respectivement active et réactive des stations du coté MT.

K_{div} : le facteur de diversité des charges des systèmes d'alimentation extérieur de la zone
 $K_{div} = 0,7$ à 1 .

Pour les charges fonctionnant à $U_n < 1000$ V, les pertes de puissance sont données par les formules empiriques suivantes :

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S \sum_B [\text{kW}] \quad (\text{II-15})$$

$$\Delta Q_T = 0,12 \cdot S \sum_B [\text{kVAR}] \quad (\text{II-16})$$

$$\Delta P_l = 0,03 \cdot S \sum_B [\text{kW}] \quad (\text{II-17})$$

ΔQ_l négligeable

$$S_{\sum_B} = \sqrt{P^2 \sum_B + Q^2 \sum_B} = \sqrt{(\sum P_{cBi})^2 + (\sum Q_{cBi})^2} [\text{kVA}] \quad (\text{II-18})$$

Pour les charges fonctionnant à $U_n > 1000$ V, les pertes de puissances sont données par les formules empiriques suivantes :

$$\Delta P_{TM} = 0,01 \cdot S_M [\text{kW}] \quad (\text{II-19})$$

$$\Delta Q_{TM} = 0,12 \cdot S_M [\text{kVAR}] \quad (\text{II-20})$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} [\text{kVA}] \quad (\text{II-21})$$

Avec :

Chapitre II : Bilan de puissance d'une installation électrique

$\Delta P_T ; \Delta Q_T$: sont respectivement les pertes de puissances active et réactive dans les transformateurs des PTS (poste de transformation de station).

$\Delta P_i, \Delta Q_i$: les pertes de puissances active et réactive dans les câbles coté BT.

$S \Sigma_B$: est la puissance apparente totale côté BT

$\Delta P_{TM}, \Delta Q_{TM}$: sont respectivement les pertes de puissances active et réactive dans le transformateur alimentant les charges.

La charge de calcul de la station considérée « i » :

$$S_{c.s.i} = \sqrt{P_{csi}^2 + Q_{csi}^2} \quad [\text{kVA}] \quad (\text{II-22})$$

Conclusion

Ce chapitre a été consacré au premier lieu, pour détailler les éléments principaux qui constituent une installation électrique d'un site industriel ou administratif alimenté par un étage de moyenne tension. Pour ceci nous avons exposé les tableaux électriques, leurs types et leurs fonctions ensuite nous avons parlé des sections des câbles et les calibres de protections, après cela nous nous intéressons par les appareils modulaires qu'ils soient destinés à la protection des biens et des personnes ou ceux de commande et de programmation.

Dans un deuxième lieu, nous avons établi la démarche à suivre pour le calcul du bilan de puissance servant à dimensionner une installation électrique et par cela calculer la puissance réactive à compenser afin d'éviter d'éventuelles pénalités sur la facture de l'énergie, ceci fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre III : Tarification et compensation de l'énergie réactive

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

Introduction

L'électricité, comme de nombreuses activités de service, est caractérisée par la grande variabilité de sa demande au cours du temps et la quasi-impossibilité de son stockage.

Tout système utilisant le courant alternatif met en jeu deux formes d'énergie : l'énergie active et l'énergie réactive. Dans les processus industriels utilisant l'énergie électrique, seule l'énergie active est transformée au sein de l'outil de production en énergie mécanique, thermique, et lumineuse, etc. L'autre : l'énergie réactive sert notamment à l'alimentation des circuits magnétiques des machines électriques (moteurs, autotransformateurs, etc...). Par ailleurs, certains constituant des réseaux électriques de transport et de distribution (transformateurs, lignes, ...) consomment également dans plusieurs cas d'exploitation de l'énergie réactive. [17]

Toute la chaîne de production, de transport et de distribution doit être conçue pour satisfaire une demande connaissant de très amples fluctuations. On conçoit donc aisément que le coût de fourniture du kilowattheure soit très dépendant de la période (pointe ou creux de la demande) pendant laquelle elle est appelée. [18] [19]

Chaque compagnie productrice d'électricité doit nécessairement disposer, à chaque instant, de la puissance active, en tenant compte des pertes entraînées par son transport, de la source au point de livraison. Il faut également disposer de puissance réactive en quantité suffisante, dans la mesure où chaque consommateur d'énergie électrique dispose de machines électriques demandant une certaine puissance réactive nécessaire à leur bon fonctionnement.

C'est ainsi que la Société Algérienne de Distribution de l'Electricité et du Gaz (SADEG) a introduit dans son mode de facturation d'électricité une option de majoration pour un mauvais facteur de puissance, selon lequel les clients sont pénalisés à partir de certaines valeurs de celui-ci, en l'occurrence 0,894. L'amélioration du facteur de puissance constitue sans doute un paramètre très important dans l'amélioration de la qualité de l'énergie du point de vue technique et économique.

Dans ce chapitre, nous allons étudier la méthodologie et les modes de tarifications appliqués par la SADEG, ensuite nous allons voir les procédés de compensation de l'énergie réactive et les méthodes d'amélioration du facteur de puissance.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

III.1 Tarification de l'énergie électrique

La mise au point de tous les tarifs est en fonction d'une architecture ou une structure unique, cette structure est appelée « structure tarifaire » comme mentré sur la figure III.1.

La formule se présente de la façon suivante : [19]

$$R = a + c. Pc + d. Pa + \sum e. h. Eh + g(W - r. E) \quad (III-1)$$

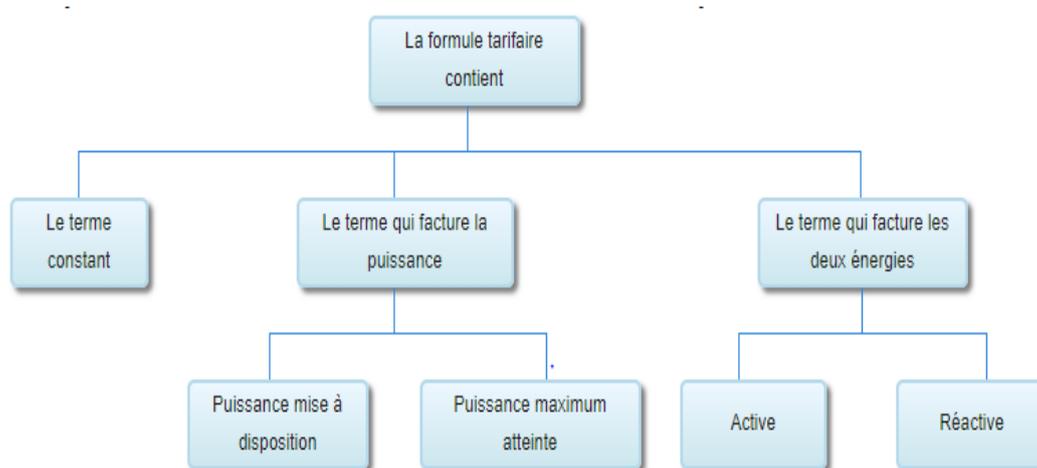


Figure III-1 Schéma représentatif de la formule tarifaire[19]

III.1.1 Terme constant

Le premier terme constant (a) en dinars par période de facturation, facture la redevance fixe relative aux frais de gestion technique et commerciale du client, entretien du raccordement du réseau, entretien courant et vérification du comptage.

III.1.2 Facturation de la puissance

Le deuxième terme (C.P c+d.P a), facture la puissance selon deux grandeurs : la puissance mise à disposition et la puissance maximale absorbée.

La PMD est facturée suivant l'expression « c. Pc », où :

C : est le prix unitaire en DA/kW.

d : prix unitaire de la puissance absorbée en DA/kW par période

Pa : puissance maximale absorbée par l'abonné durant la période de facturation qui est donnée par un indicateur de maximum.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

III.1.3 Facturation de l'énergie

L'énergie active et réactive sont facturées par le troisième terme :

$$\sum e_h \cdot E_h + g(W - r \cdot E) \quad (\text{III-2})$$

Où :

$\sum e_h \cdot E_h$: énergie active.

e_h : le prix unitaire de l'énergie active pour le poste horaire h en DA/kW

E_h : l'énergie active en kWh consommée au cours de la période de la facturation dans le poste horaire h .

$g \cdot (W - r \cdot E)$: énergie réactive.

g : prix unitaire de l'énergie réactive en DA/KVarh

r : valeur du rapport $\text{tg}(\varphi)=W/E$ est pris égale à 0.5 qui correspond à $\text{Cos}(\varphi)$ de 0.894

E : énergie active consommée au cours de la période (KWh).

W : énergie réactive consommée au cours de la période (KVarh).

Les prix de l'énergie sont différents selon les heures d'utilisation, puisqu'aux variations de consommation de l'énergie électrique correspondent des coûts qui sont fonctions du moment de la consommation.

Les prix de l'énergie active donnés dans les barèmes s'entendent pour une fourniture normalement accompagnée d'une proportion de l'énergie réactive allant jusqu'à 50% de l'énergie active.

Si W/E est supérieure à 0.50, c'est à dire la consommation de l'énergie réactive durant le mois considéré dépasse la proportion de 50% de l'énergie active, g sera le prix du malus, donc le client sera pénalisé pour consommation supérieure à 0.50.

Si W/E est inférieure à 0.50; g sera le prix du bonus à défalquer sur la facture du client, cette bonification égale au un cinquième (1/5) du prix du kilovarheure propre au tarif appliqué à l'abonné.[19]

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

III.2 Codifications et prix unitaires

La connaissance parfaite et la maîtrise du système tarifaire s'avèrent incontournable et d'une grande importance.

-Les périodes tarifaires :

Pour inciter les abonnés à consommer durant les périodes creuses, la Société Algérienne de la Distribution de l'Electricité et du Gaz (SADEG) a mis au point un système tarifaire dont la structure est identique à celle du coût, cette tarification vise un double objectif :

- Diminuer le coût et éviter les investissements supplémentaires.
- Permettre aux abonnés de réduire le montant de leur facture d'énergie.

-Les postes horaires délimités selon les tarifs des périodes tarifaires sont déterminés comme suit :[21]

- Pointe : correspond au poste horaire pointe « P », de 17h à 21h.
- Heures pleines : correspond au poste horaire « HP », de 6h à 17h et de 21h à 22h30.
- Heures creuses : correspond au poste horaire « HC », de 22h30 à 6h (heures de nuit).
- Hors pointe : correspond au poste horaire « HP+HC » de 6h à 17h et de 21h à 6h.
- Jour : correspond au poste horaire « P+HP+HC ».

❖ Nous retenonsalors:

- Un triple tarif caractérisé par les trois périodes tarifaires « P+HP+HC » et trois prix différents pour la facturation de l'énergie.
- Double tarifs, couvrant chacune des deux périodes tarifaires différentes et deux prix différents pour la facturation de l'énergie :
 - Pointe et hors pointe.
 - Jour et nuit.
- Un simple tarif pour toutes les heures de la journée.[19]

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

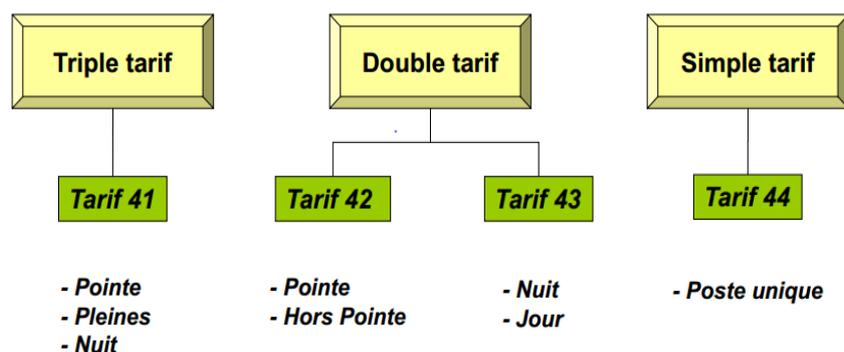


Figure III-2 Codification tarifaire[19]

III.2.1 Barème des prix pour les abonnés à la haute tension classe B

A compter du 1^{er} janvier 2016, la facturation de l'électricité livrée par la Société Algérienne de la Distribution de l'Electricité et du Gaz (SADEG) se fait uniformément sur tout le territoire national, sur la base des tarifs hors taxes ci-après :

La série 30 représentée par le tableau III.1 ci-dessous est accordée aux abonnés haute tension classe B (HTB).[20]

Tableau III-1 Tarifs applicables aux clients haute tension classe B[20]

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 PMD	Absorbée PMA		Malus	Bonus	
31	505 413,28	37,93	189,46	Pointe	660,85	31,01	6,20
				Pleine	136,62		
				Nuit	59,03		
32	505 413,28	100,94	505,38	Unique	136,94	31,01	6,20

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

III.2.2 Barème des prix pour les abonnés à la haute tension classe A

La série 40 représentée par le tableau III.2 ci-dessous est accordée aux abonnés haute tension classe A (HTA). [20]

Tableau III-2 Tarifs applicables aux clients haute tension classe A

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 PMD	Absorbée PMA		Malus	Bonus
41	38 673,35	25,85	116,15	Pointe 872,02	45,53	9,11
				Pleine 193,76		
				Nuit 102,40		
42	515,65	38,7	180,58	Pointe 872,02	45,53	9,11
				Hors Pointe 180,64		
43	515,65	38,7	154,56	Nuit 102,4	45,53	9,11
				Jour 428,3		
44	515,65	38,7	180,58	Unique 375,62	45,53	9,11

III.2.3 Barème des prix pour les abonnés à la basse tension

La série 50 représentée par le tableau III.3 ci-dessous est accordée aux abonnés basse tension (BT). [20]

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

A. Pour les clients ménages

Tableau III-3 Tarifs applicables aux clients Ménages basse tension[20]

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	
Tarifposteshoraires	51M	286,44	29,85	Pointe	811,47
				Pleine	216,45
				Nuit	120,50
	52M	66,40	29,85	Pointe	811,47
				Hors pointe	178,07
	53M	66,40	14,81	Nuit	120,50
Jour				486,98	

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			
				Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3	Tranche 4
Tarifprogressif	54M	-	4,37	177,87	417,89	481,20	547,96

Le tarif 54 M Tranche 1 ci-dessus est applicable aux quantités de kilowattheures consommées par les clients ménages, jusqu'à concurrence de 41,67 kilowattheures/mois (500 kilowattheures/an).

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

Le tarif 54 M Tranche 2 ci-dessus est applicable aux quantités de kilowattheures consommées par les clients ménages supérieures à 41,67 kilowattheures/mois et inférieures ou égales à 83,33 kilowattheures/mois (entre 501 et 1 000 kilowattheures/an compris).

Le tarif 54 M Tranche 3 ci-dessus est applicable aux quantités de kilowattheures consommées par les clients ménages, supérieures à 83,33 kilowattheures/mois et inférieures ou égales à 333,33 kilowattheures/mois (entre 1 001 et 4 000 kilowattheures/an compris).

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

B. Pour les clients non ménages

Tableau III-4 Tarifs applicables aux clients Non Ménages basse tension[20]

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	
Tarifs Posteshoraires	51NM	286,44	29,85	Pointe	811,47
				Pleine	216,45
				Nuit	120,50
	52NM	66,40	29,85	Pointe	811,47
				Hors pointe	178,07
	53NM	66,40	14,81	Nuit	120,50
Jour				486,98	

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		
				Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3
Tarif progressif	54NM	-	4,37	417,89	481,20	547,96

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

Le tarif 54 NM Tranche 1 ci-dessus est applicable aux quantités de kilowattheures consommées par les clients non ménages, jusqu'à concurrence de 83,33 kilowattheures/mois (1 000 kilowattheures/an).

Le tarif 54 NM Tranche 2 ci-dessus est applicable aux quantités de kilowattheures consommées par les clients non ménages, supérieures à 83,33 kilowattheures/mois et inférieures ou égales à 333,33 kilowattheures/mois (entre 1 001 et 4 000 kilowattheures/an compris).

Le tarif 54 NM Tranche 3 ci-dessus est applicable aux quantités de kilowattheures consommées par les clients non ménages, au-delà de 333,33 kilowattheures/mois (plus de 4 000 kilowattheures/an).

C. Barème des primes fixes pour les abonnés à la basse tension

Les barèmes des primes fixes en hors taxes, par niveau de puissance et type de tarif, pour les clients basse tension sont donnés au tableau III-5 ci-dessous :[20]

Tableau III-5 Barème hors taxes des primes fixes pour basse tension en (DA/Trimestre)

PMD en kW		Code Tarif			
		Tarif 54	Tarif 53	Tarif 52	Tarif 51
Monophasé	4	52,4	376,9	557,4	1 217,5
	6	78,7	465,8	736,5	1 396,6
	12	157,3	732,4	1 273,8	1 933,9
Triphasé	20	262,2	1 087,8	1 990,2	2 650,3
	40	524,4	1 976,4	3 781,2	4 441,3
	60	786,6	2 865,0	5 572,2	6 232,3
	80	1 048,8	3 753,6	7 363,2	8 023,3

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

III.3 Modèle de la facture de fourniture d'électricité moyenne tension

La facture de fourniture de l'énergie électrique pour les abonnés HTA (haute tension classe A) pour une tension inférieure ou égale à 30 kV et à une puissance maximale de 15000 kW, est constituée de trois parties principales.[20]

III.3.1 Entête de la facture

Contenant les points suivants :

III.3.1.1 Informations et coordonnées du distributeur

- Logo de la Société Algérienne de Distribution de l'Electricité et du Gaz « SADEG »
- Capital social de la SADEG
- Nom de la Direction de Distribution de rattachement : Direction de Distribution Tlemcen.
- N° RC: Numéro du Registre de Commerce.
- NIS : Numéro d'Identification Statistique.
- N°RIB : Relevé d'Identification Bancaire.
- N°RIP : Relevé d'Identification Postale.
- numéro du Centre d'Appel en cas de problèmes : C'est le numéro réservé par le distributeur en cas de besoin d'assistance, dépannage, réclamation et/ou de demande d'informations.

III.3.1.2 Informations sur la facture

- Numéro de la facture.
- Date de l'établissement de la facture.
- Référence du lieu de consommation : c'est un numéro unique qui est attribué par votre distributeur pour vous identifier.
- Numéro du client.
- Numéro du contrat.
- Numéro de poste.
- Nom et adresse du lieu de consommation.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

III.3.1.3 Information sur le contrat

- Type de la facture 30 jours (cyclique ou non)
- Code tarifaire : de 41 jusqu'au 44 pour la fourniture d'électricité haute tension type A.
- Période de consommation mensuelle.

III.3.2 Corp de la facture

Contenant les points suivants :

III.3.2.1 Consommation

- N° série du compteur

Il représente les quatre derniers chiffres en bas du compteur.

- Coefficient de lecture

Il permet d'obtenir la consommation réelle en multipliant la différence des index par un coefficient, le coefficient de lecture pour l'électricité est égal à un (01).

- Index de consommation (Ancien/ Nouveau) des trois cadrans

- Ancien index : Chiffre affiché par le compteur le jour de la relève du mois précédent, sans tenir compte des décimales (lecture des index de l'électricité en kWh).
- Nouveau index : Chiffre affiché par le compteur le jour de la relève du mois de facturation de la nouvelle période, sans tenir compte des décimales.
- La consommation de l'énergie active en cadran 1, cadran 2 et cadran 3 : Consommation active (Consom. Active), perte en court-circuit active (P.E.C. Active) et perte à vide active (P.A.V Active).
- La consommation de l'énergie réactive en premier cadran 1 seulement : Consommation réactive (Consom. Réactive), perte en court-circuit réactive (P.E.C. Réactive) et perte à vide réactive (P.A.V Réactive).
- La consommation d'électricité fournie en Haute Tension type A (HTA) peut être mesurée de deux façons :

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

- Soit aux bornes « haute tension » du transformateur (comptage HT au primaire) : Dans ce cas, aucune majoration n'est appliquée aux consommations car les pertes de transformation se produisent en aval du système de comptage.
- Soit aux bornes « basse tension » du transformateur (comptage BT au secondaire) : Des majorations sont alors appliquées pour tenir compte des pertes fer et des pertes cuivre du transformateur.

- La prise en compte de ces pertes dans la facture peut se faire suivant deux méthodes :

- Les pertes sont estimées sur base de la puissance mise à disposition. Les pertes fer résultent des caractéristiques du transformateur, communiquées par le constructeur, et de la durée mensuelle de fonctionnement de l'appareil qui est soit mesurée par un compteur horaire, soit convenue. Lorsque les valeurs des pertes fer ne sont pas disponibles, les valeurs de la norme en fonction de laquelle le transformateur a été construit serviront de base à l'estimation des pertes fer. Les pertes cuivre sont calculées de façon forfaitaire, sur la base d'un taux de 0,5 %. L'impact de ces pertes est intégré dans le calcul du nombre de kWh et de kVARh consommés.
- La facture mensuelle est majorée d'un pourcentage qui varie en fonction de l'utilisation mensuelle globale U (h/mois) de la puissance maximum

- Périodestarifaires

Les abonnées en haute tension type A sont classées dans la série 40, le calcul est fait selon les tarifs fixés par la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz suivant les périodes tarifaires « Pointe et Hors pointe ».

III.3.2.2 Facturation

- Redevance fixe

Egalement appelées primes fixes, c'est le prix de la puissance souscrite. Ces redevances sont facturées même lorsqu'il n'y a pas eu de consommation d'énergie.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

- **Rémunération de la puissance mise à disposition « PMD »**

Part de l'investissement consenti par les sociétés gestionnaires des réseaux de transport et de distribution pour mettre à votre disposition une puissance que vous pouvez appeler à tout moment et qui vous est facturée même si votre consommation est nulle.

- **Facturation de la puissance maximale absorbée « PMA »**

C'est le maximum de la puissance absorbée mesurée à des intervalles réguliers dans le mois, incite le client à étaler sa consommation et à éviter les appels de puissance sous forme de pointe,

- **Tarifs de l'énergie active**

C'est la rémunération de l'électricité soutirée selon les périodes tarifaires de la journée.

- **Energieréactive**

Les consommateurs d'énergie réactive sont les moteurs électriques, les lampes à fluorescence, les lampes à décharge, les fours à induction, les fours à arc, les postes à souder, les (autos) transformatrices. Il est conseillé au client une consommation de réactif n'excédant pas 50% de celle de l'énergie active. Le réactif consommé au-delà est facturé au client sous forme de malus et en dessous de sa facture est bonifiée.

Le placement de condensateurs de compensation pour réduire la consommation d'énergie réactive est une opération très rentable grâce à la suppression de la pénalité : l'investissement est rentabilisé en 6 mois généralement, maximum 1 an.

- **Frais et prestations**

Ils concernent toute intervention payante chez l'abonné, tels que les frais de coupure et remise, le changement de compteur, etc Ils donnent lieu à une facturation des frais qui sont portés sur la facture du client.

- **Soutien de l'Etat**

L'Etat supporte une part du montant de la consommation électrique des factures des clients résidant dans :

- Huit (08) wilayas du sud (Adrar, Laghouat, Biskra, Béchar, Tamanrasset, Ouargla, Illizi, Tindouf, El Oued et Ghardaïa) à hauteur de :

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

- 65% de réduction pour les clients abonnés basse tension ménage et les agriculteurs qui utilisent la basse et la moyenne tension, dans la limite d'une consommation de 12 000 kWh/an.
- 25% de réduction pour les clients abonnés basse et moyenne tension exerçant des activités économiques hors agriculture, dans la limite d'une consommation de 200 000 kWh/an.

- Trois (03) wilayas des hauts plateaux (Djelfa, El Bayadh et Naama) : **10 %** du montant de la consommation électrique des factures des clients abonnés basse et moyenne tension.

- **Montant REPE (DA)**

Il représente le montant du paiement échelonné accordé au client pour satisfaire sa demande de raccordement. On parle du Raccordement à paiement échelonné

- **Montant global en HT (DA)**

Ce montant est calculé en additionnant les rubriques ci-dessous, en hors taxes :

- Le montant des consommations en électricité et en gaz

- Le montant des redevances fixes

- Les frais et prestations

- **Total TVA**

La TVA de **19 %** est applicable sur le montant des consommations.

- **Droits fixes sur consommation (DA)**

Représente la taxe pour usage des appareils de radiodiffusion, de télévision et leurs accessoires. Cette taxe est prévue par la loi de finances, sa collecte a été confiée à la Société Algérienne de la Distribution de l'Electricité et du Gaz (SADEG).

- **Net à payer en TTC (DA)**

Il est égal au : Montant HT+ Total TVA

- **Timbre (DA)**

Le droit du timbre est calculé sur la base du montant total, toutes taxes comprises, de la facture. Il est payé lorsque le paiement se fait en espèce.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

- Total à payer (DA)

Il est égal au Montant du net à payer en TTC + Montant du timbre.

- Date limite du paiement

C'est la date, au-delà de laquelle, le distributeur se réserve le droit de suspendre votre alimentation en énergie, si vous n'avez pas encore procédé au paiement.

- Espace information

La contribution aux coûts permanents du système (DA) : Représente la quote-part correspondante aux frais de fonctionnement de la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz. Cette contribution est déjà incluse dans le tarif et n'est en aucun cas additionnée au montant de la facture. Elle apparaît de façon distinguée sur la facture, par souci de transparence.

III.3.3 Pied de la facture

Contenant les points suivants :

- Rappel du montant de la facture (DA) : Représente le montant de la facture en lettre.
- Les Clé EBP et EBB : Ce sont des Clés de Contrôle qui ne constituent pas un élément de facturation. Il s'agit de valeurs introduites au niveau de la facture pour assurer une fiabilité de la saisie lors du paiement au niveau de n'importe quel guichet (Algérie Poste EBP, Banques EBB).
- Coupon détachable à joindre à votre correspondance en cas de payement de la facture au niveau de n'importe quel guichet.

III.4 Compensation de la puissance réactive

Il est possible de réduire la consommation d'énergie réactive et de réaliser des économies tarifaires par l'amélioration du facteur de puissance qui constitue sans doute un paramètre très important dans la favorisation de la qualité de l'énergie du point de vue technique et économique, parmi ces moyens, nous citons :

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

III.4.1 Compensateurs synchrones

Dans les systèmes énergétiques, les générateurs synchrones sont les principaux producteurs de puissances actives et réactives. Pour la puissance active, ils sont l'unique source, par contre pour la puissance réactive, la quantité produite par ces sources est limitée par les conditions de fonctionnement normales des machines des centrales. La quantité produite n'est pas constante. Les compensateurs synchrones sont très utilisés dans les systèmes électriques pour résoudre des problèmes de compensation de la puissance réactive et de réglage de la tension.



Figure III-3 Compensateur synchrone ABB

III.4.1.1 Avantages

Ce moyen de compensation est avantageux :

- Excellent rendement (un facteur de puissance voisin de 1).
- Peut être placé près des consommateurs.
- Facile à régler comme producteur ou consommateur de puissance réactive.
- Effet autorégulateur.

III.4.1.2 Inconvénients

Il a été délaissé de son application comme compensateur malgré leurs mérites pour les inconvénients :

- Coût initial élevé.
- Machine tournante qui demande des entretiens.
- Pertes actives relativement importantes.
- La force motrice, n'est pas toujours compatible avec la demande instantanée de puissance réactive.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

- Il peut décrocher dans le cas d'une surcharge brusque ou d'une chute de tension importante du réseau. Ceci nécessite une surveillance particulière avec l'utilisation de dispositifs de sécurité, encombrants.
- Il a besoin d'un générateur à courant continu pour assurer son excitation. Cet organe supplémentaire augmente le prix du moteur.
- Il ne peut démarrer qu'à très faible charge en exigeant soit un moteur auxiliaire de lancement, soit le démarrage en asynchrone avec un réducteur de tension au démarrage en asynchrone avec un réducteur de tension au démarrage. [21]

III.4.2 Inductances

Elles sont utilisées pour compenser l'énergie réactive fournie en heures creuses par les lignes à très haute tension ou par les câbles. Elles sont soit directement raccordées au réseau, soit branchées sur les tertiaires des transformateurs. Par conséquent, elles permettent une limitation des surtensions dans le réseau. [21]

III.4.3 Condensateur ou batteries de compensation

Le condensateur est un récepteur constitué de deux parties conductrices (électrodes) séparées par un isolant. Ce récepteur a la propriété, lorsqu'il est soumis à une tension sinusoïdale, de déphaser progressivement son intensité, donc sa puissance (réactive capacitive), de 90° en avant sur la tension. À l'inverse, tous les autres récepteurs (moteur, transformateur...) déphasent leur composante réactive (intensité ou puissance réactive inductive) de 90° en l'arrière sur la tension. La composition vectorielle de ces intensités ou puissances réactives (inductive et capacitive) conduit à une intensité ou puissance résultante réactive inférieure à celle existant avant l'installation de condensateurs. Pour simplifier, on dit que les récepteurs inductifs consomment de l'énergie réactive tandis que les condensateurs (récepteurs capacitifs) produisent de l'énergie réactive.

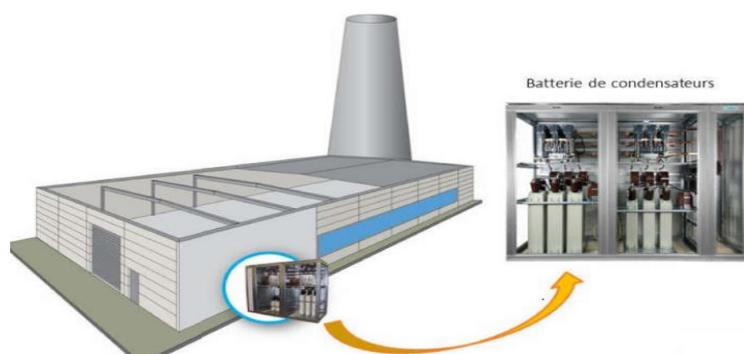


Figure III-4 Batteries de compensation

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

Il y a deux types :

- **Des batteries de condensateurs HT** : raccordées aux jeux de barres HT des postes THT/HT. Elles sont essentiellement destinées à compenser les pertes réactives sur les réseaux HT et THT.
- **Des batteries de condensateurs MT** : raccordées aux jeux de barres MT des postes HT/MT ou THT/MT. Ces batteries servent à compenser l'appel global de l'énergie réactive des réseaux de distribution aux réseaux de transport. Elles sont localisées et dimensionnées individuellement en fonction du réglage de tension. [21]

III.4.4 Compensateur statique de puissance réactive

Grace au développement de l'électronique de puissance, la compensation d'énergie réactive par des moyens statiques est devenue possible par des compensateurs statiques de puissance réactive (SVC) comme indiqué sur la Figure III-6. Ces dispositifs constitués d'éléments électriques (batteries de condensateur, bobine...) et d'éléments d'électronique par commutation (thyristors) permettant des variations rapides et continue de puissance réactive pour éliminer les fluctuations de la puissance réactive absorbée par certains appareils provoquent des fluctuations de tension qui peuvent être gênantes pour tous les usagers.

Un compensateur statique d'énergie réactive (en anglais SVC : Static VAR Compensator, en français parfois CER ou CSPR), est un dispositif de l'électronique de puissance destiné à compenser la circulation de puissance réactive sur les réseaux électriques. Il fait partie du groupe des FACTS. Il est composé :

- D'un banc de condensateurs, fixe ou commutable de façon discrète, qui fournit du réactif. Ce banc prend souvent la forme d'un filtre anti-harmonique.
- D'un gradateur triphasé à thyristors faisant varier de façon continue le courant dans des inductances, qui consomme l'excès de réactif. [21]

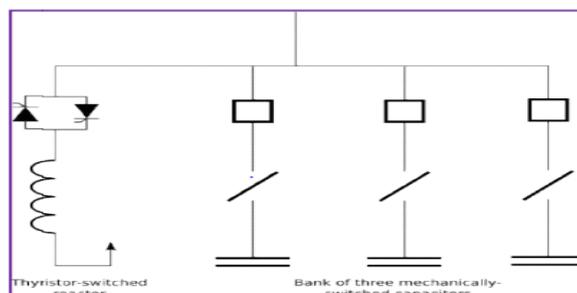


Figure III-5 Schéma unifilaire typique [22]

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

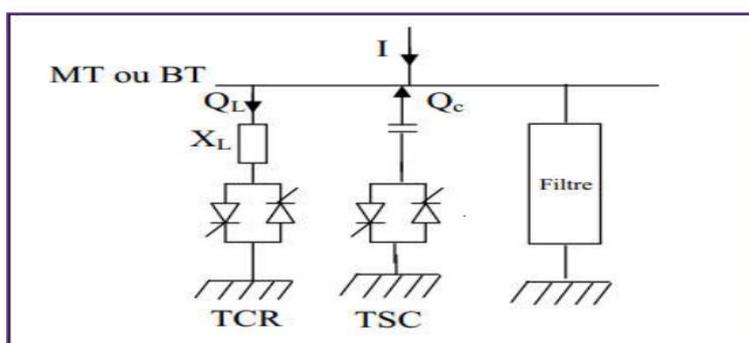


Figure III-6 Schéma d'un SVC[22]

III.5 Lieu d'installation d'équipement de compensation de l'énergie réactive

Le lieu d'installation d'un équipement de compensation d'énergie réactive dépend de deux critères :

- La taille de l'installation

- Installation avec un tableau général de distribution (TGBT) et une distance vers les tableaux secondaires relativement faible.
- Installation divisée électriquement en zones différentes, avec une distribution interne d'énergie et des tableaux secondaires de taille importante.

- L'existence de fortes charges consommatrices d'énergie

Dans ce cas, il convient de faire une étude de compensation d'énergie ou de filtrage d'harmoniques au niveau de chaque charge.

En fonction de ces critères, on peut résumer par le schéma III.7 ci-contre les différents lieux possibles de raccordement et ses avantages. [22]

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

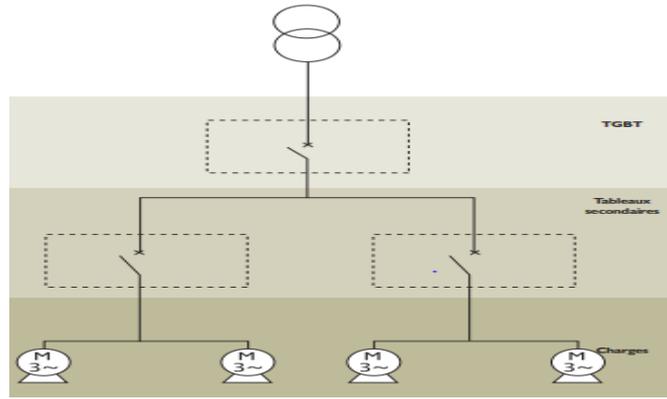


Figure III-7 Lieux possibles de compensation de l'énergie réactive

III.6 Composantes active et réactive de la puissance

Ces puissances se composent vectoriellement comme indiqué sur la Figure III-8.

S : puissance apparente, P : puissance active, Q : puissance réactive. [17]

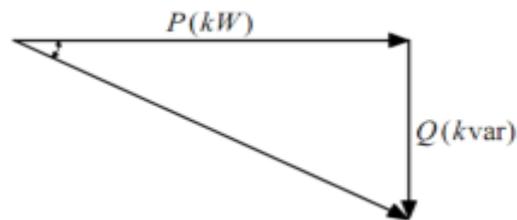


Figure III-8 Composition vectorielle des puissances active, réactive et apparente

φ : déphasage entre la puissance apparente et la puissance active (égal au déphasage entre le courant et la tension).

Dans le cas d'absence d'harmoniques, les expressions des puissances active, réactive et apparente sont les suivantes :

$$P = VI \cos \varphi \quad (\text{III-3})$$

$$Q = VI \sin \varphi \quad (\text{III-4})$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{III-5})$$

III.6.1 Facteur de puissance

Le facteur de puissance est défini par le rapport suivant :

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

$$F = \frac{P}{S} = \frac{\text{puissance active (KW)}}{\text{puissance apparente(KVA)}} \quad (\text{III-6})$$

En l'absence d'harmoniques, le facteur de puissance est égal à $\cos \varphi$.

La valeur $\text{tg } \varphi$: On utilise souvent $\text{tg } \alpha$ au lieu de $\cos \varphi$.

En l'absence d'harmoniques, l'expression de $\text{tg } \alpha$ est la suivante :

$$\text{Tg}(\varphi) = \frac{Q}{P} = \frac{\text{puissance réactive (Kvar)}}{\text{puissance active (KW)}} \quad (\text{III-7})$$

III.6.2 Circulation de l'énergie réactive

La circulation de l'énergie réactive a des influences importantes sur le choix des matériels et le fonctionnement des réseaux.

Elle a par conséquent des incidences économiques.

En effet, pour une même puissance active P utilisée, la Figure III-9 montre qu'il faut fournir d'autant plus de puissance apparente ($S_2 > S_1$) que le $\cos \varphi$ est faible, c'est-à-dire que l'angle φ est élevé.

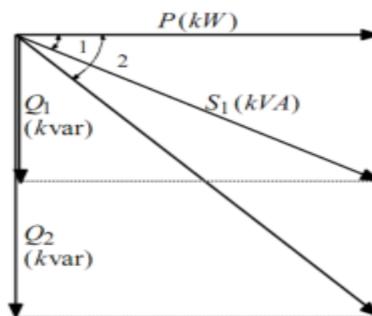


Figure III-9 Influence du $\cos \varphi$ sur la valeur de la puissance apparente

De façon identique (voir Figure III-10), pour un même courant actif utilisé I_a (pour une tension constante U du réseau), il faut fournir d'autant plus de courant apparent ($I_2 > I_1$) que le $\cos \varphi$ est faible (l'angle φ élevé).

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

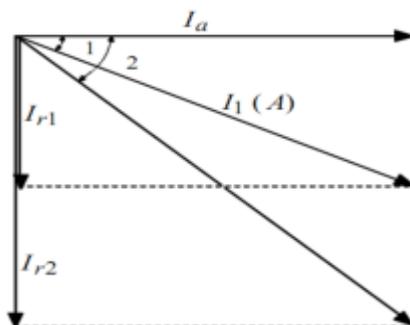


Figure III-10 Influence du $\cos \phi$ sur la valeur du courant apparent

Ainsi, en raison de l'augmentation du courant apparent, la circulation d'énergie réactive provoque :

- des surcharges et des échauffements supplémentaires dans les transformateurs et les câbles qui ont pour conséquence des pertes d'énergie active.
- des chutes de tension.

Les conséquences de la circulation d'énergie réactive conduisent donc à surdimensionnés les équipements électriques du réseau.

Pour éviter la circulation de cette énergie réactive dans le réseau, il faut la produire au plus près des consommateurs.

De façon pratique, on installe des condensateurs qui fournissent l'énergie réactive demandée par les matériels inductifs.

Ainsi, cette énergie réactive ne circule qu'entre les condensateurs et les consommateurs d'énergie réactive.

Il est alors évident que plus les condensateurs seront proches des consommateurs, moins les conséquences de la circulation d'énergie réactives seront importantes.

Pour éviter les conséquences d'une circulation d'énergie importante sur leur réseau, les distributeurs facturent généralement l'énergie réactive au-delà d'un certain seuil ; cela incite les utilisateurs à compenser l'énergie réactive qu'ils consomment. [17]

❖ Intérêts de la compensation d'énergie réactive

Suppression de la facturation des consommations excessives d'énergie réactive.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

La société Algérienne de la Distribution de l'électricité et du gaz (SADEG) fournit gratuitement l'énergie réactive jusqu'à concurrence de 50 % de l'énergie active consommée ($\text{tg } \varphi = 0,5$).

La quantité d'énergie réactive facturée W_f est égale à :

$$W_f = W_r - W_{gr} = W_a * (\text{tg } \varphi - 0,5) \quad (\text{III-8})$$

W_r (KVarh) : énergie réactive consommée mensuellement

W_a (KWh): énergie active consommée mensuellement

$W_{gr} = 0,5 W_a$: quantité d'énergie réactive livrée gratuitement.

La compensation d'énergie réactive permet d'obtenir $\text{tg } \varphi = 0,5$ et ainsi de supprimer les coûts de l'énergie réactive. [17]

III.6.3 Matériel de compensation d'énergie réactive

La compensation peut être réalisée avec deux familles de produits :

- Les condensateurs de valeurs fixes ou batterie fixe.
- Les batteries de condensateurs en gradins avec régulateur (ou batteries automatiques) qui permettent d'ajuster la compensation aux variations de consommation de l'installation.

III.6.3.1 Batteries fixes

La puissance réactive fournie par la batterie est constante quelles que soient les variations du facteur de puissance et de la charge des récepteurs, donc de la consommation d'énergie réactive de l'installation.

Les condensateurs sont utilisés de préférence :

- Aux bornes des récepteurs.
- Sur les jeux de barres dont la fluctuation de charge est faible.

La mise sous tension de ces batteries est :

- Soit manuelle par disjoncteur ou interrupteur.
- Soit semi-automatique par contacteur commandé à distance.

Ce type de batteries est généralement utilisé dans les cas suivants :

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

- D'installation électrique à charge constante fonctionnant 24h/24.
- De compensation hors charge des transformateurs.
- De compensation individuelle de moteurs. [23]

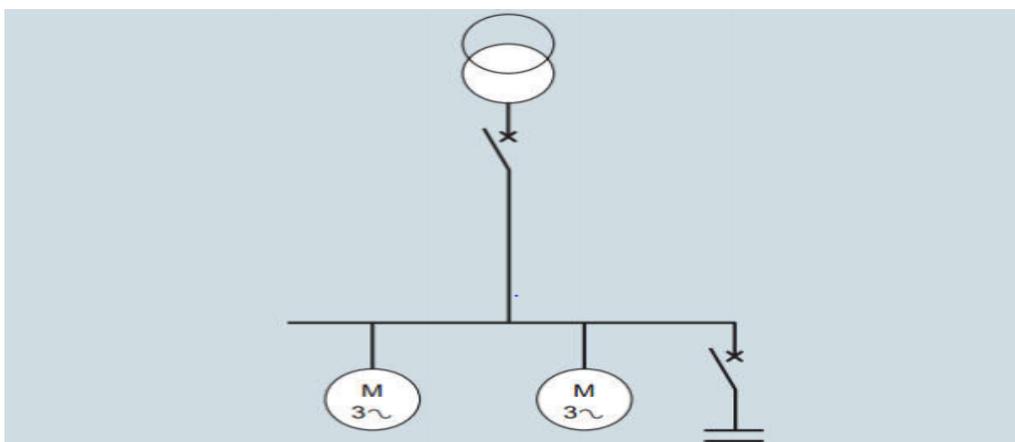


Figure III-11 Compensation fixe

III.6.3.2 Batteries de condensateurs en gradins avec régulation automatique

La puissance réactive fournie par la batterie est modulable en fonction des variations du facteur de puissance et de la charge des récepteurs donc de la consommation d'énergie réactive de l'installation.

Il s'utilise dans les cas où la puissance réactive consommée est forte vis-à-vis de la puissance du transformateur et varie dans des proportions importantes, c'est-à-dire essentiellement :

- Aux bornes des tableaux généraux BT.
- Sur les départs de puissance importante.

Ces batteries sont composées d'une association en parallèle de gradins condensateurs (gradin = condensateur + contacteur). La mise en service étant asservie à un régulateur de puissance intégré. [23]

❖ Principe et intérêt de la compensation automatique

Les batteries de condensateurs sont divisées en gradins (voir Figure III-12). La valeur du $\cos(\varphi)$ est détectée par un relais var métrique qui commande automatiquement l'enclenchement et le déclenchement des gradins en fonction de la charge et du $\cos \varphi$ désiré.

Le transformateur de courant doit être placé en amont des récepteurs et des batteries de condensateurs. [23]

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

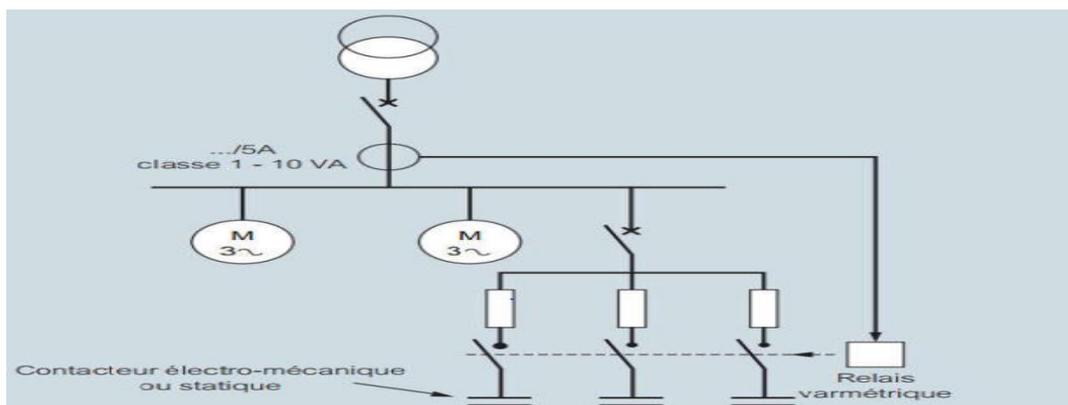


Figure III-12 Principe de la compensation automatique d'une installation

III.6.4 Emplacement des condensateurs

La compensation peut être globale, par secteur ou individuelle. En principe, la compensation idéale est celle qui permet de produire l'énergie réactive à l'endroit où elle est consommée et en quantité ajustée à la demande.

Ce mode de compensation est très coûteux, on cherchera donc, dans la pratique, un optimum technico-économique.

III.6.4.1 Compensation globale

La batterie est raccordée en tête d'installation (niveau 1) (voir Figure III-13) et assure une compensation pour l'ensemble de l'installation. Elle reste en service de façon permanente pendant la période de facturation de l'énergie réactive pour un fonctionnement normal du site. [17]

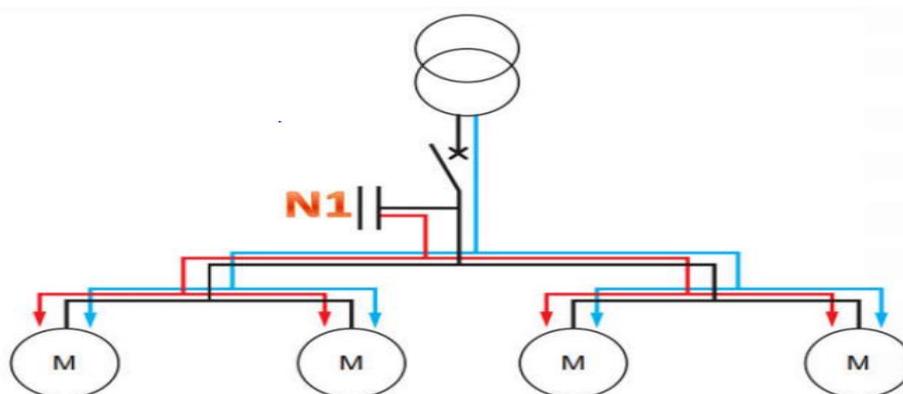


Figure III-13 Compensation globale

III.6.4.2 Compensation par secteur

La batterie est raccordée au tableau de distribution (niveau 2) (voir Figure III-14) et fournit l'énergie réactive demandée par un secteur de l'installation.

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

Une grande partie de l'installation est soulagée, en particulier la canalisation alimentant chaque secteur.

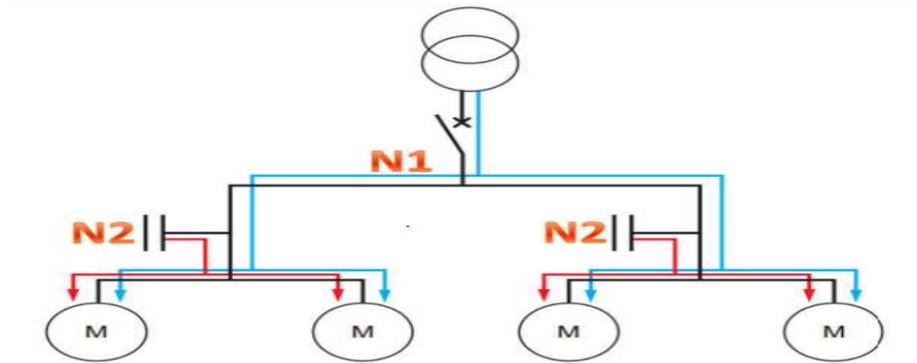


Figure III-14 Compensation par secteur

Ce type de compensation :

- Supprime les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive
- Optimise une partie du réseau, le courant réactif n'étant pas véhiculé entre les niveaux 1 et 2
- Augmente la puissance active disponible du transformateur et la puissance active qui peut être véhiculée dans les canalisations situées en amont du secteur compensé.

❖ Remarques

- Le courant réactif circule dans l'installation du niveau 2 jusqu'aux récepteurs.
- Les pertes par effet Joule (kWh) et les chutes de tension dans les canalisations reliant le niveau 2 au niveau 1 sont diminuées.
- Il y a un risque de surcompensation en cas de variations importantes de la charge (ce risque peut être éliminé par l'installation de batteries en gradins). [17]

III.6.4.3 Compensation individuelle

La batterie est raccordée au (Niveau 3) voir (Figure III-15) est conseillée lorsque l'installation est étendue et comporte des secteurs à forte consommation d'énergie réactive.

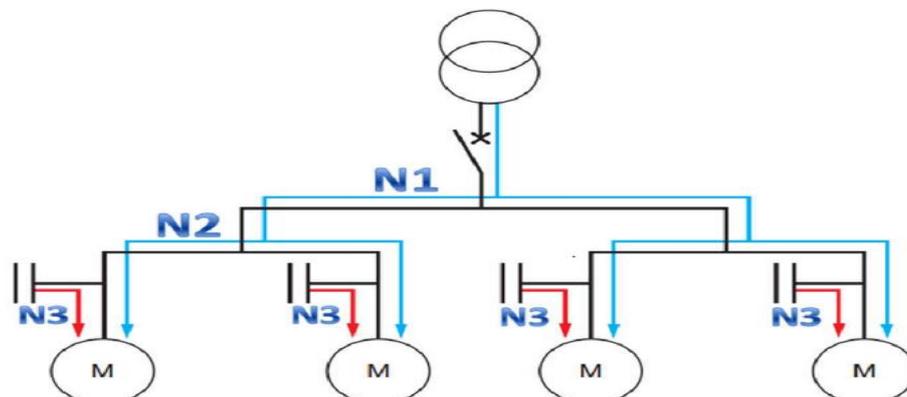


Figure III-15 Compensation individuelle

Chapitre III: Tarification et compensation de l'énergie réactive

Ce type de compensation :

- Supprime les pénalités pour consommation excessive d'énergie réactive.
- Augmente la puissance active disponible du transformateur et la puissance active qui peut être véhiculée dans les canalisations situées en amont du récepteur.
- Réduit les pertes par effet Joule (kWh) et les chutes de tension dans les canalisations entre le niveau 3 et le niveau 1. [17]
- La valeur de la puissance réactive Q_C nécessaire est :

$$Q_C = \frac{\text{k var h facturé}}{\text{durée de fonctionnement}} \quad (\text{III-9})$$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la méthode de facturation de l'énergie électrique ainsi que la stratégie de la compensation de l'énergie réactive.

S'agissant de la facturation, il est à retenir un bon choix de la Puissance Mise à Disposition (PMD) et une mise en marche rationnelle des équipements de grande Puissance afin que Puissance Maximale atteinte (PMA) soit la plus faible possible durant le mois de facturation.

En ce qui concerne l'énergie réactive, seule 50% de l'énergie active n'est pas facturée, pour cela il est impérativement nécessaire de placer des batteries de compensation. La compensation peut être globale, intermédiaire ou locale. Cela permettra la diminution de la consommation de l'énergie réactive et par là à la réduction de la facture mensuelle.

**Chapitre IV : Etat des lieux
du réseau électrique de
l'ESSAT**

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

Introduction

Pour étudier l'état des lieux du réseau électrique de l'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées, il faut impérativement calculer la puissance maximale, c'est-à-dire la puissance que devra fournir le distributeur d'énergie (SADEG) au profit du client ESSAT. Le but de ce chapitre est de fournir une méthode pour l'estimation de cette puissance en prenant compte des différents coefficients de foisonnement. De plus, établir les schémas électriques alimentant le site ainsi qu'étudier la tarification de l'énergie électrique des deux années précédentes.

Tout système électrique utilisant le courant alternatif (câble, ligne, transformateur, moteur, éclairage, etc.) met en jeu deux formes d'énergie : l'énergie active et l'énergie réactive. Améliorer le facteur de puissance d'une installation consiste à installer un système de compensation de l'énergie réactive, cela s'appelle compenser l'installation.

IV.1 Présentation d'ordre général de l'école supérieure

Si on remonte des années en arrière, le site de l'école a été une faculté en sciences exactes, biologie et sciences médicales. Ensuite, en 2009, la faculté qui regroupait plusieurs filières devient une école préparatoire en sciences et techniques, d'ailleurs c'était parmi les premières et meilleures écoles préparatoires en Algérie. Pour finir l'école a connue lors de l'année scolaire 2016/2017 une évolution pour accueillir de nouvelles spécialités au niveau du second cycle et a changé de nom pour devenir "l'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées " qu'on connaît aujourd'hui.

IV.1.1 Caractéristiques du site

Située à bel horizon au centre-ville de Tlemcen entre le CHU et l'école paramédicale comme montré sur la figure IV.1. L'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen comporte une superficie de 6851m².

Les coordonnées géographiques de l'ESSAT ; Latitude : 34.87768 Nord, Longitude : - 1.32659 Ouest et Altitude par rapport à la mer : 811m.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT



Figure IV-1 Image satellitaire représentative de localisation de l'ESSAT

IV.1.2 Composition du projet

Le site du projet est formé de 03 blocs en R+1 chacun :

- **Bloc A** : composé de 12 Salles de cours et travaux dirigés, Bureaux, Foyer, Laboratoire CAO/DAO, 3 Laboratoires second cycle et Laboratoire d'informatique.
- **Bloc B** : composé de la Scolarité, Direction, Bibliothèque, 4 Laboratoires de physique, 4 Laboratoires de chimie, 2 Salles de dessin, 3 Laboratoires d'informatique, 2 Laboratoires de langues, 2 Ateliers et Bureaux.
- **Bloc C** : composé de 3 Amphithéâtres, Mosquée, Salle de conférence, Administration, Bureaux.

IV.2 Besoins énergétiques

IV.2.1 Alimentation normale/secours de l'établissement

L'école est dotée du poste livraison HTA/BT N°7055, alimenté en coupure d'artère par le départ HTA 10kV nommé Mairie issu du poste THT de Bréa, voir figure IV-2.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

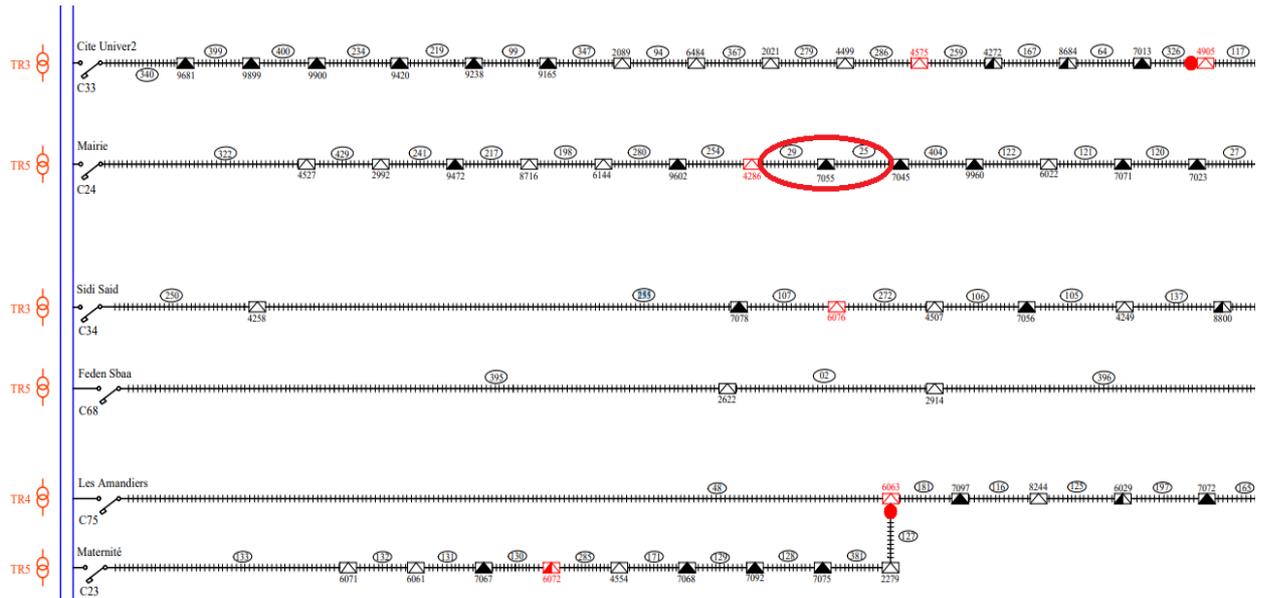


Figure IV-2 Situation du poste N° 7055 sur la carte schématique 10kV.[24]

Le poste de transformation est de type maçonné contenant des cellules HTA (arrivée, départ et protection), un transformateur d'une puissance de 160 kVA, un disjoncteur général, et équipement de comptage, voir figure IV-3.



Figure IV-3 Poste maçonné HTA/BT N°7055

Par ailleurs, la partie secours est constituée d'un groupe électrogène 180kVA et d'une armoire d'inverseur, voir figure IV-4.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT



Figure IV-4 Groupe électrogène et armoire d'inverseur

IV.2.2 Décomposition de l'installation

Tableau IV-1 Besoins énergétiques

N°	Désignation
1	POSTE LIVRAISON :
1.1	GENIE-CIVIL : Construction en génie-civil du poste de livraison pour un transformateur HTA/BT conformément aux normes en vigueur approuvées par les services techniques de SONELGAZ.
1.2	EQUIPEMENTS DU POSTE HTA/BT :
1.2.1	Transformateur : Type TS 5241B, N° série : 17279, Année : 1992, Marque : ENEL <ul style="list-style-type: none"> • 10 kV / 0.4 kV • $P_N=160\text{KVA}$ • $I_N=231\text{ A}$. • Fréquence = 50Hz • Poids total = 0.74t • Poids d'huile=0.19t • Refroidissement: ONAN • Tension de court-circuit= 4%
1.2.2	Cellules HTA : - Cellule Arrivée:Interrupteur <ul style="list-style-type: none"> • Marque: ABB • N° Série: 1VC3PBF0001486 • Tension nominale 12Kv • Date de fabrication: 2015 • Fréquence nominale 50Hz • Tension de tenue à fréquence industrielle nominale 28kV

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

1.2.3	<ul style="list-style-type: none"> • Courant normal nominal (jeu de barres) 630A • Courant normal nominal (circuit) 125A • Fluide et masse d'isolation SF6: 0.3kg <p>- Cellule Départ: Interrupteur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marque: ABB • N° Série: 1VC3PBF0001468 • Tension nominale 12Kv • Date de fabrication: 2015 • Fréquencenominale 50Hz • Tension de tenue à fréquence industrielle nominale 28kV • Courant normal nominal (jeu de barres) 630A • Courant normal nominal (circuit) 125A • Fluide et masse d'isolation SF6 : 0.3kg <p>- Cellule Protection : Interrupteur sectionneur + Fusibles MT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marque: ABB • N° Série: 1VC3PBF0001448 • Tension nominale 12Kv • Date de fabrication: 2015 • Fréquencenominale 50Hz • Tension de tenue à fréquence industrielle nominale 28kV • Courant normal nominal (jeu de barres) 630A • Courant normal nominal (circuit) 125A • Fluide et masse d'isolation SF6: 0.3kg <p>-Disjoncteur principal :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marque : Merlin Gerin <p>- Comptage : Compteur BT double tarif T42,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marque : AMC sous licence Itron • N° série : 031261002998 <p>-Auxiliaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matériel de Sécurité (manquant) • 3 Fusibles MT de rechange(manquant)
2	<p>ENERGIE DE SECOURS : Abri métallique couvrant le Groupe Electrogène Marque : ElectraMolin S.A, N° Série : 817791, Année de fabrication : 2009</p> <p>Armoire de l'inverseur : (Réseau- Groupe Electrogène) Marque : ElectraMolin S.A, N° Série : 215604 /4. 400 V, 260 A, Fréquence = 50 Hz</p>

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

3

TABLEAUX BASSE TENSION

Dans cette installation, nous avons trois (03) TBT (armoires principales) et d'autres armoires secondaires TE. (Voir les schémas unifilaires correspondants)

Les départs:

- 1. TBT du bloc A**
Marque: MCCB M8-100N
In=100A, 220/380V
- 2. TBT du bloc B**
Marque: MCCB M8-100N
In=100A, 220/380V
- 3. TBT du bloc C**
Marque: MCCB M8-100N
In=100A, 220/380V

IV.3 Présentation des schémas d'alimentation

Dans cette partie, on présente les différents schémas électriques de l'électrification de l'école supérieure. Ces schémas ont été élaborés par *QElectroTech* (logiciel Open Source destiné à réaliser des schémas électriques).

IV.3.1 Schéma d'alimentation normal/secours de l'ESSAT

La figure IV-5 représente le schéma de couplage Normal/Secours, Transfo/GE en passant par l'armoire d'inversion (Boitier Inverseur).

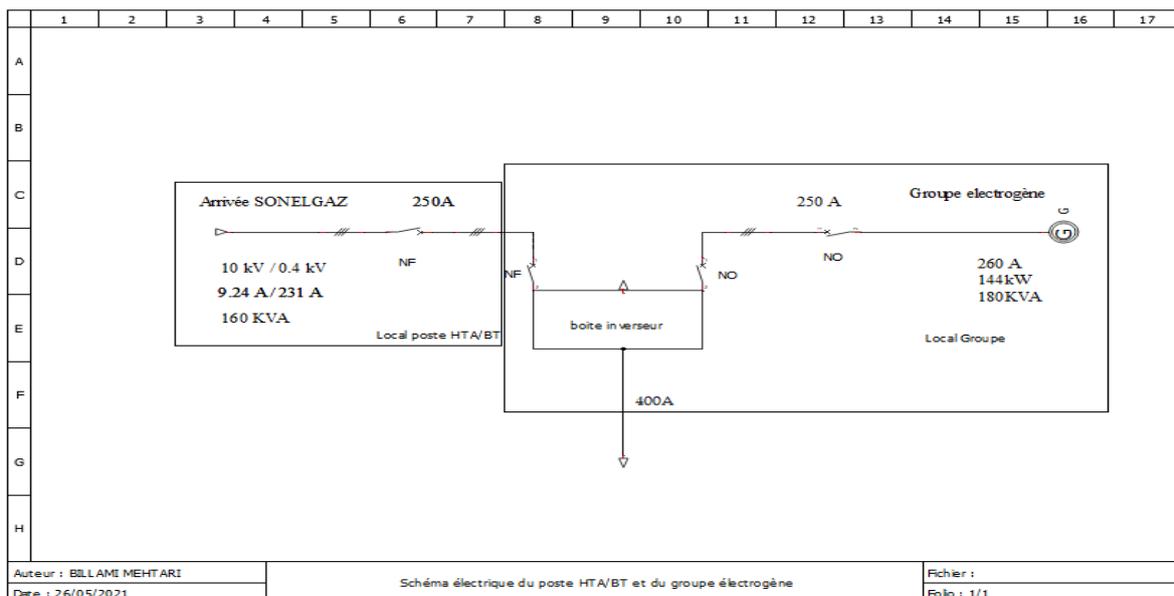


Figure IV-5 Schéma électrique du poste HTA/BT et du groupe électrogène

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

IV.3.2 Schémas d'alimentations par bloc

L'école supérieure est constituée de trois (03) blocs, chaque bloc contient une armoire (TBT) qui comporte à son tour des armoires secondaires et disjoncteurs auxiliaires comme montré sur les figures IV-6 à IV-9, les désignations des différents disjoncteurs sont mentionnées au tableau IV.2 ci-dessous.

- Bloc A

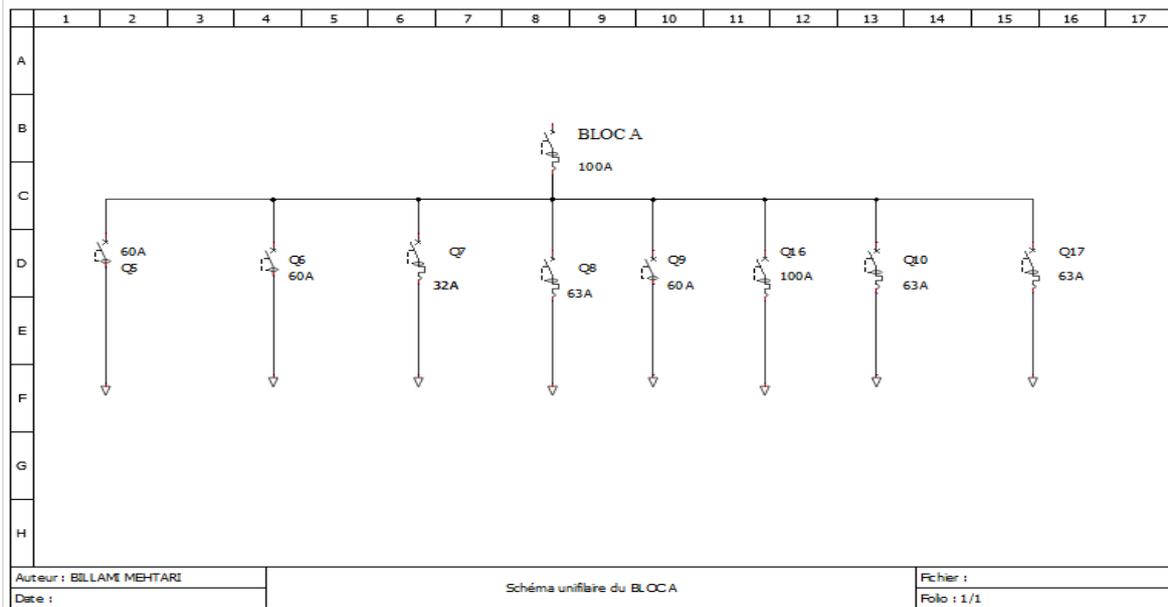


Figure IV-6 Schéma unifilaire du TBT du bloc A

- Bloc B

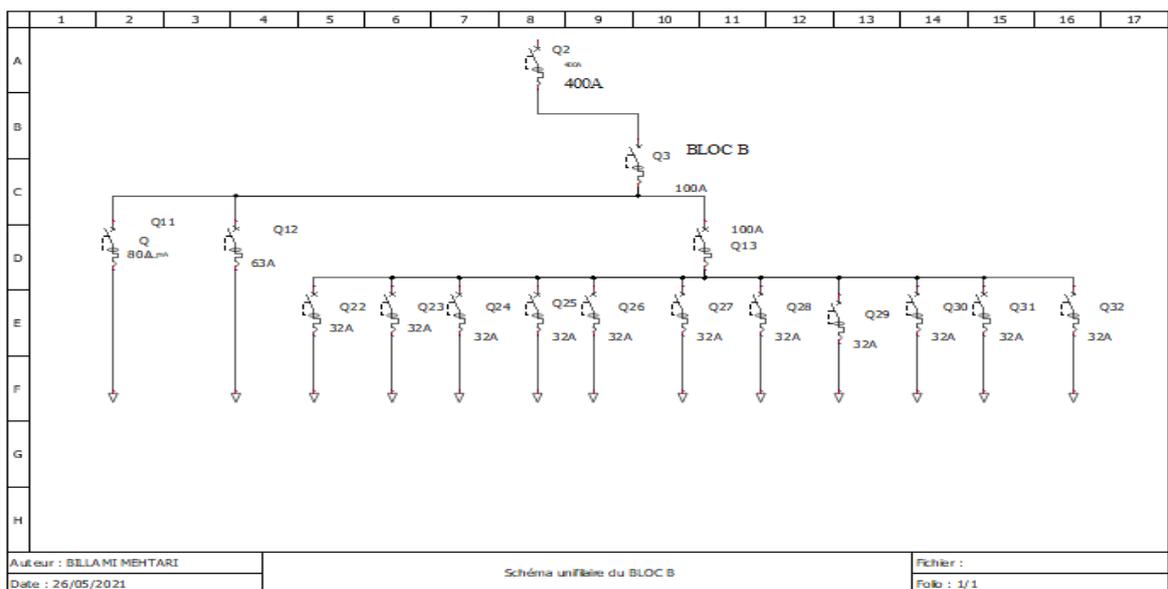


Figure IV-7 Schéma unifilaire du TBT du bloc B

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

- Bloc C

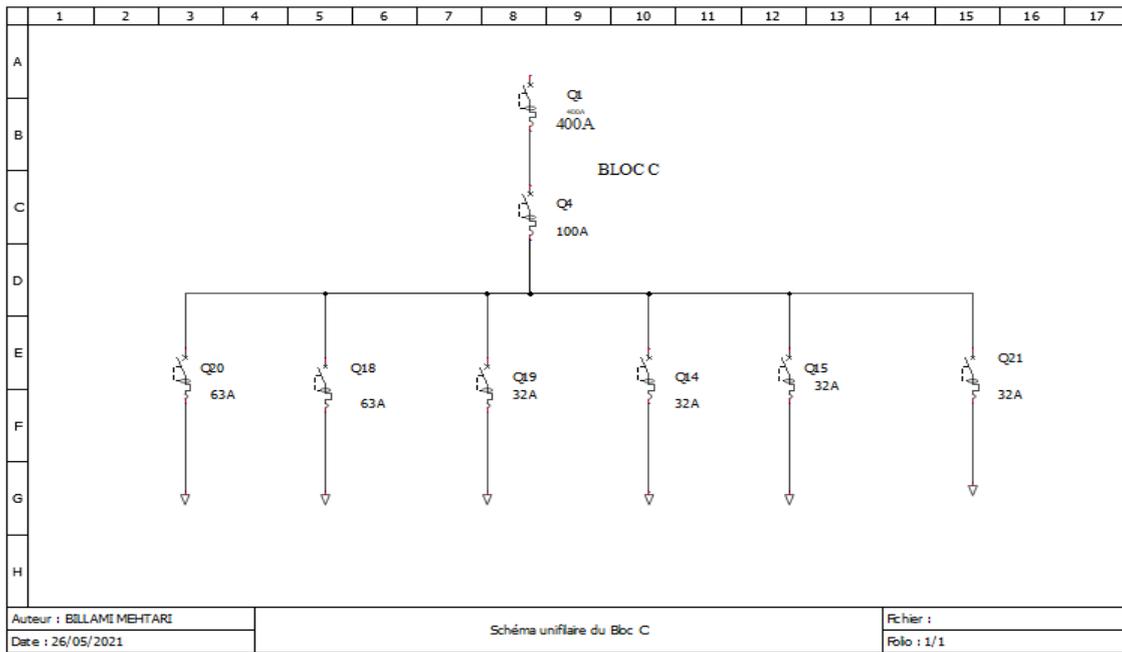


Figure IV-8 Schéma unifilaire du TBT du bloc C

IV.3.3 Schéma unifilaire global

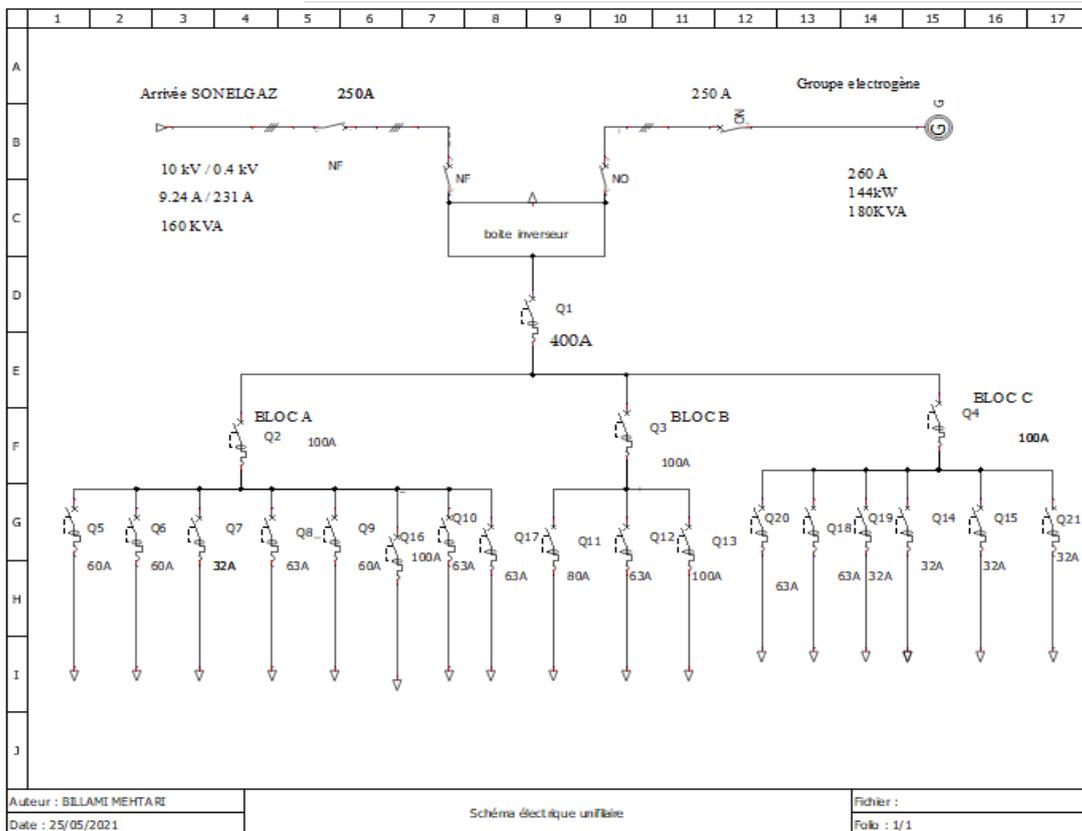


Figure IV-9 Schéma électrique général de l'école supérieure

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

Tableau IV-2Désignation des disjoncteurs

Q1	Sectionneur	Q2	Bloc A	Q3	Bloc B	Q4	Bloc C
Q5	Labo2 nd cycle 1	Q6	Labo 2 nd cycle 2	Q7	Bloc incendie	Q8	1 ^{er} étage bloc A
Q9	Labo2 nd cycle 3	Q10	Bureaux	Q11	Eclairageextérieur	Q12	Bibliothèque
Q13	1 ^{er} étage bloc B	Q14	Magasin	Q15	Magasin	Q16	Bloc chaufferie
Q17	Labo info+ foyer	Q18	Chaudière	Q19	Magasin	Q20	Administration
Q21	Département2 nd cycle	Q22	Bureaux	Q23	Labomécanique 1	Q24	Labomécanique 2
Q25	Labomécanique 3	Q26	Bureaux	Q27	Labo info 1	Q28	Labo info 2
Q29	Labo langue 1	Q30	Labo langue 2	Q31	Labo dessin	Q32	Salle visio-conf

IV.4 Bilan de puissance

Après avoir collecté et quantifier toutes charges des différents tableaux d'alimentation électrique de l'établissement, nous avons procédé au bilan énergétique force et éclairage. Les récepteurs ne fonctionnent pas tous ni en même temps ni à pleine charge d'où l'utilisation des facteurs de simultanéité (ks) et d'utilisation (ku) permettant de calculer la puissance d'utilisation réellement absorbée par chaque récepteur et chaque tableau électrique.

- **Charge totale de calcul des récepteurs basse tension**

$$P_{c,f,i} = P_{inst,f,i} * K_{d,f,i} \quad (\text{kW}) \quad (\text{IV-1})$$

$$P_{c,écl,i} = P_{inst,écl,i} * K_{d,écl,i} (\text{kW}) \quad (\text{IV-2})$$

$$P_{c,i} = P_{c,f,i} + P_{c,écl,i} (\text{kW}) \quad (\text{IV-3})$$

$P_{c,fi}$: Puissance de calcul force de TE « i ».

$P_{c,écl,i}$: Puissance de calcul éclairage de TE « i ».

$P_{inst,f,i}$: Puissance installée force de TE« i ».

$P_{inst,écl,i}$: Puissance installée éclairage de TE « i ».

$K_{d,fi}$: Facteur de demande force de TE « i ».

$K_{d,écl,i}$: Facteur de demande éclairage de TE« i ».

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

$$K_{di} = K_s * K_u \quad (IV-4)$$

K_s : Coefficient de simultanéité.

K_u : Coefficient d'utilisation.

$P_{c,i}$: Puissance active totale de calcul de TE « i » en [kW].

IV.4.1 Puissance installée

IV.4.1.1 Consommation détaillée de l'éclairage extérieur

Tableau IV-3 Consommation de l'éclairage extérieure calculée en W

		Nombre	Puissance(W)	puissance installée (W)	
Récepteur	Eclairage extérieur	poteaux lumineux à tête	10	150	1500
		mini poteaux de 1m sans tête	21	50	1050
		Projecteurs	23	400	9200
Total				11750	

IV.4.1.2 Consommation par bloc

La consommation de chaque bloc est représentée dans les tableaux IV.4 à IV.6 :

Tableau IV-4 Puissance installée du bloc A

		Nombre	Puissance(W)	puissance installée (W)	
Récepteur	Eclairage	Néant simple	48	36	1728
		Néant double	91	72	6552
		Néant led	2	36	72
		Lampe	3	50	150
	Climatisation		2	1020	2040
	Chaufferie et système d'incendie		-	-	3000
	Récepteur de charge	Pc	27	171	4617
		Imprimante	3	20	60
		Imprimante matricielle	1	66	66
		Frigo	1	150	150
		Modem	2	11,4	22,8
	Prise de courant		23	352	8096
	Total				26553,8

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

NB: La protection des circuits des prises est calibrée à 16A conformément à la norme **NF C15-100**. Dans notre cas, on a supposé une puissance de 352 W (0.35 kW) pour une seule prise du courant (sachant que la consommation des prises 2P+T varie entre 300W<PC<500W, selon le cas adéquat). [33]

Tableau IV-5 Puissance installée du bloc B

			Nombre	Puissance(W)	puissance installée(W)
Récepteur	Eclairage	Néant simple	22	36	792
		Néant double	117	72	8424
		Néant led	0	36	0
		Lampe	24	50	1200
	Climatisation		23	1020	23460
	EclairageExtérieure		-	-	11750
	Récepteur de charge	Pc	237	171	40527
		Imprimante	22	20	440
		Photocopieuse	12	433	5196
		Frigo	6	150	900
		Modem	5	11,4	57
	Prise de courant		25	352	8800
Total					101546

Tableau IV-6 Puissance installée du bloc C

			Nombre	Puissance(W)	puissance installée (W)
Récepteur	Eclairage	Néant simple	33	36	1188
		Néant double	50	72	3600
		Néant led	6	36	216
		Lampe	157	50	7850
	Climatisation		21	1020	21420
	Chaufferie		2	-	2500
	Récepteur de charge	Pc	27	171	4617
		Imprimante	20	20	400
		Photocopieuse	10	433	4330
		Frigo	3	150	450
		Modem	2	11,4	22,8
	Prise de courant		15	352	5280
Total					51873,8

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

IV.4.2 Facteurs de simultanéité et d'utilisation

Dans une installation, tous les appareils ne sont jamais activés simultanément et à pleine puissance c'est ce qu'on appelle le facteur de simultanéité (Ks). Le facteur d'utilisation (Ku) dépend de l'utilisation de chaque récepteur, voir tableau tableau II-1 du chapitre II.

IV.4.3 Puissance utilisée

La puissance utilisée de chaque bloc est représentée dans les tableaux suivants :

Tableau IV-7 Puissance utilisée du bloc A calculée en W

Récepteur	Puissance installée (W)	KU	KS	Puissance utilisée (W)
Eclairage	8502	1	0,8	6801,6
Climatisation	2040	1	0,46	938,4
Chaufferie	3000	1	0,7	2100
Récepteur de charge	4915,8	0,75	0,6	2212,11
Prise de courant	8096	0,2	0,53	858,176
Total				12910,286

Tableau IV-8 Puissance utilisée du bloc B calculée en W

Récepteur	Puissance installée (W)	KU	KS	Puissance utilisée (W)
Eclairage	10416	1	0,8	8332,8
Climatisation	23460	1	0,46	10791,6
Eclairage extérieur	11750	1	0,78	9165
Récepteur de charge	47120	0,75	0,6	21204
Prise de courant	8800	0,2	0,53	932,8
Total				50426,2

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

Tableau IV-9 Puissance utilisée du bloc C calculée en W

Récepteur	Puissance installée (W)	KU	KS	Puissance utilisée (W)
Eclairage	12854	1	0,8	10283,2
Climatisation	21420	1	0,46	9853,2
Chaufferie	2500	1	0,7	1750
Récepteur de charge	9819,8	0,75	0,6	4418,91
Prise de courant	5280	0,2	0,53	559,68
Total				26864,99

IV.4.4 Puissance totale

La puissance totale calculée est représentée dans le tableau IV.10 ci dessous :

Un coefficient de réserve de 10% de la charge actuelle est ajouté pour éventuelle extension du site (nouveaux laboratoires en projet).

Tableau IV-10 Puissance totale du site calculée en W et VA

TBT	P _{utilisé/Bloc}	P _{utilisé totale} (W)	K _{réserve}	P _{totale} (W)	Puissance totale(VA)
Bloc A	12910,28	90201,47	1,1	99221,61	124027,02
Bloc B	50426,2				
Bloc C	26864,99				

- ❖ Le tableau IV-11 ci dessous représente un récapitulatif général des puissances d'alimentation (Réseau- Groupe Diesel) et la puissance de calcul de l'ESSAT.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

Tableau IV-11 Récapitulatif Général

RECAP GENERAL	
Puissance Générale Calculée en kVA	124,03
Puissance de Transformateur Retenue en kVA	160,00
Puissance de Groupe électrogène Retenue en kVA	180,00

IV.5 Bilan tarifaire de l'énergie électrique

IV.5.1 Exemple de calcul de la consommation de l'électricité

- L'ESSAT est un client HTA chez la SADEG, sa consommation est facturée selon le tarif double T42 fixé par la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz suivant les périodes tarifaires « Pointe et Hors pointe », voir tableau III-2.
 - o Pointe (de 17h00 à 21h00), avec un prix de 872,02 cDA/KWh.
 - o Hors pointe (de 21h00 à 17h00), avec un prix de 180,64 cDA/KWh.
- Pour cette application, prenons comme exemple la période tarifaire du 01/12/2020 au 31/12/2020.

IV.5.1.1 Informations sur la facture

- Numéro de la facture :722012A01092
- Date de l'établissement de la facture : Décembre 2020
- Référence :132011300137185.
- Numéro du client: 7290137.
- Numéro du contrat: 7210024E1983
- Poste N°:7055.
- N° série du compteur: 031261002998
-

IV.5.1.2 Comptage et relevé des index

Le tableau IV.12 résume le relevé des trois quadrants pour la puissance active et réactive en comparant à chaque fois les deux index nouveau et ancien.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

Tableau IV-12 Relevé des index compteur de la période 01/12/2020 au 31/12/2020

Compteurs	N° série	Coeff de Lecture	Index Premier Cadran		Index Second Cadran		Index Troisième Cadran	
			Ancien	Nouveau	Ancien	Nouveau	Ancien	Nouveau
Actif-T- Tarif	031261002998	1.00	313 631	317 841	130 952	132 834	610 047	617 011
Reactif-S-T		1.00	788 465	800 501				
Index Puissance		1.00		35				

IV.5.1.3 Consommation de l'énergie et périodes tarifaires

Le tableau IV.13 calcule la consommation mensuelle pour chaque cadran et pour chaque période tarifaire.

Tableau IV-13 Calcul de la consommation de la période du 01/12 au 31/12/2020

Energies	Consommations			Périodes Tarifaires	
	Cadran 1	Cadran 2	Cadran 3	H. Pointe	Pointe
Consommation Active	4 210,00	1 882,00	6 964,00		
P.E.C. Active	79,99	35,76	132,22	11 696,31	1 979,76
P.A.V. Active	116,25	62,00	193,75		
Consommation Réactive	12 036,00			14228,64	
P.E.C. Réactive	481,44				
P.A.V. Réactive	1 711,20				

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

IV.5.1.4 Facturation

Le montant total facturé pour la consommation mensuelle de l'ESSAT est calculé comme suit : (les tarifs utilisés pour le calcul sont mentionnés sur le tableau III-2)

Montant mensuel de la facture (DA) = (a)+(b)+(c)+(d)+(e)+(f) tel que,

- **Le terme (a)** représente la redevance fixe.

$$a = 515,65 \text{ DA, voir tableau III-2}$$

- **Le terme (b)** représente le produit, Tarif de facturation de la PMD * Puissance Mise à Disposition

$$b = 38,70 * 120 = 4\,644,00 \text{ DA}$$

- **Le terme (c)** représente le produit, Tarif de Facturation de PMA * Puissance Maximale Absorbée

$$c = 180,58 * 35 = 6\,320,30 \text{ DA}$$

- **Le terme (d)** représente, \sum [énergie consommée par poste horaire * Tarif de l'énergie par poste horaire]

$$\text{Pour l'énergie consommée en H. Pointe : } 11\,696,31 * 1,8064 = 21\,128,21 \text{ DA}$$

$$\text{Pour l'énergie consommée durant la pointe : } 1\,979,76 * 8,7202 = 17\,263,90 \text{ DA}$$

- **Le terme (e)** représente, Tarif de l'énergie réactive * [Energie réactive consommée – 0.5 * Energie active consommée]

Dans ce cas W/E est supérieure à 0.50, en effet la consommation de l'énergie réactive durant le mois considéré dépasse la proportion de 50% de l'énergie active. Une majoration sera ajoutée en pénalisant le client.

$$e = 0.4553 * (14228,64 - 0.5 * (11\,969,31 + 1\,979,76)) = 3\,364,94 \text{ DA}$$

- **Le terme (f)** représente, Les taxes fixées par l'état. Un taux de 19% est applicable pour les abonnés de la moyenne tension.

$$\text{Le montant énergie HT} = (a) + (b) + (c) + (d) + (e)$$

$$\begin{aligned} \text{Le montant énergie HT} &= 515,65 + 4\,644,00 + 6\,320,30 + (21\,128,21 + 17\,263,90) + 3\,364,94 \\ &= 53\,237,00 \text{ DA} \end{aligned}$$

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

$$f = 19 * 53\,237,00 / 100 = 10\,115,03 \text{ DA}$$

- **Montant mensuel de la facture TTC (DA)** = Le montant énergie HT + (f)
= 53 237,00 + 10 115,03

Montant mensuel de la facture TTC (DA) = 63 352,03 DA

IV.5.2 Bilan tarifaire

IV.5.2.1 Pour l'année 2019

Le tableau IV-14 représente le bilan tarifaire mensuel de l'école supérieure, durant l'année 2019.

Tableau IV-14 Bilan tarifaire de l'énergie électrique année 2019

Mois	Energie active		Energie active totale	Energie réactive	Tgφ (%)	Majoration	PMD (kW)	PMA (kW)	Coût de la facture (DA)
	H.Pointe	Pointe							
Janvier	11 893	1920	13 813	12 995	94.08	6089	120	50	65672.32
Février	12 535	1942	14 477	13 577	93.78	6338	120	47	66771.44
Mars	10 092	1662	11 754	11 689	99.45	5812	120	44	57684.69
Avril	8996	1372	10 368	10 031	96.75	4847	120	35	49862.51
Mai	7500	853	8353	7354	88.04	3177	120	31	39496.64
Juin	8939	934	9873	7991	80.94	3054	120	54	48306.31
Juillet	10 255	1043	11 298	8609	76.20	2960	120	54	52215.37
Août	5757	861	6618	6236	94.23	2927	120	21	33548.50
Septembre	7669	1000	8669	8003	92.32	3668	120	34	42296.04
Octobre	9603	1355	10 958	9661	88.16	4282	120	39	51490.18
Novembre	11 494	1823	13 317	11 279	84.70	4620	120	58	64731.79
Décembre	12 014	2097	14 111	13169	93.32	6113	120	54	68642.26

IV.5.2.2 Pour l'année 2020

Le tableau IV-15 représente le bilan tarifaire mensuel de l'école supérieure, durant l'année 2020.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

Tableau IV-15 Bilan tarifaire de l'énergie électrique pour l'année 2020

Mois	Energie active		Energie active totale	Energie réactive	Tgφ (%)	Majoration	PMD (kW)	PMA (kW)	Coût de la facture (DA)
	H.Pointe	Pointe							
Janvier	10 028,20	1 507,96	11 536,16	13 106,48	113.61	7 338,40	120	39	55 701,63
Février	11 310,49	1 649,68	12 960,17	13 920,64	107.41	7 440,56	120	39	59 984,06
Mars	9 463,68	1 390,78	10 854,46	12 075,84	111.25	6 648 ,61	120	44	53 972,87
Avril	7 128,32	1 222,68	8 351	10 275,52	123.05	6 100,02	120	19	41 538,88
Mai	5 625,10	842,55	6 467,65	7 129,60	110.23	3 895,78	120	20	33 383,52
Juin	5 821,96	623,51	6 445,47	6 249,68	96.96	3 026,95	120	42	35 790,56
Juillet	9 115,18	1 059,60	1 0174,78	8 111,36	79.72	3 023,97	120	39	46 748,75
Août	7 172,96	991,33	8 164,29	7 426,00	90.96	3 343,86	120	17	37 311,02
Septembre	7 126,28	1 013,78	8 140,06	8 454,48	103.86	4 384,45	120	29	40 586,12
Octobre	8 860,43	1 353,07	1 0213,5	10 585,52	103.64	5 478,77	120	36	49 931,84
Novembre	6 986,68	1 256,31	8 242,99	8 841,36	107.26	4 719,87	120	29	42 984,51
Décembre	11 696,31	1 979,76	13 676,07	14 228,64	104.04	7 390,61	120	35	63 352,03

IV.6 Discussions et recommandations

Suivant l'étude d'expertise présentée dans ce manuscrit, certaines anomalies ont été analysées. Il est nécessaire qu'une concertation soit engagée à propos de ce qui suit :

- 1- Notre attention était attirée par l'absence du matériel de sécurité à l'intérieur du poste tel que le VAT (vérification d'absence de tension), perche de sauvetage, gants isolants, tapis et/ou tabouret isolant, ainsi que le jeu des trois fusibles MT servant à l'intervention rapide en cas de défaut électrique en assurant la sécurité de l'intervenant.
- 2- Le transformateur installé de 160 kVA est actuellement suffisant pour satisfaire les besoins en énergie de l'école supérieure, en effet avec de nouveaux laboratoires de recherche projetés, équipés de matériels consommateurs d'énergie électrique (moteur, climatiseur, pc, onduleurs...) nous avons une puissance supplémentaire de 36 kVA.
- 3- Le choix du type de déclencheur, son pouvoir de coupure ou son calibre doit impérativement répondre aux critères techniques de l'installation (protection des câbles et jeux de barres). Le pouvoir de coupure doit faire l'objet de révision à chaque modification du schéma de l'installation (changement des impédances).

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

- 4- La Puissance Mise à Disposition (PMD), est la puissance réservée par le distributeur d'énergie en vertu d'un accord de raccordement avec le client, cette puissance est appelée selon ses besoins réels.

Actuellement la PMD est fixé à 120 kW, et selon une étude faite sur une facturation de la consommation des 24 mois passés (année 2019/2020), nous avons constaté que la valeur maximale de la PMA (puissance maximale atteinte) est de 58 kW (voir tableau IV-14). De ce fait, il est recommandé de réviser le contrat de facturation avec le chargé de la clientèle de la SADEG. Une valeur normalisée de 80 KW est désormais suffisante comme valeur de la PMD, cela donnera une diminution de la facturation mensuelle et un gain net d'environ 1842 DA/mois pour seulement ce facteur.

$$b \text{ ancien} = 38,70 * 120 = 4\ 644,00 \text{ DA}$$

$$b \text{ nouveau} = 38,70 * 80 = 3096,00 \text{ DA}$$

$$\text{Gain}(b)_{\text{HT}} = 4\ 644,00 - 3096,00 = 1548 \text{ DA Gain mensuel hors taxes (HT)}$$

$$\text{Gain}(b)_{\text{TTC}} = 1548 * 119\% = 1842 \text{ DA Gain mensuel TTC}$$

NB : Valeur normalisé de la PMD fixées par décision CREG n° D/11-13/CD du 26 septembre 2013.

50-80-120-200-320-500-650-800-1000-1500-2000-2500-3000-4000-4500-5000-7500-10000-12500-15000.

- 5- L'ensemble du personnel de l'école qu'ils soient enseignants, travailleurs, administrateurs et même étudiants peuvent contribuer à la diminution de la facture d'électricité par le contrôle de la puissance maximale atteinte, ceci est possible en évitant d'alimenter un maximum de charge à la fois, et en cas de coupure d'électricité il est recommandé d'éteindre les charges qui étaient déjà en marche afin d'éviter des courants d'appels importants.

Aujourd'hui, grâce au détecteur de mouvement, la lumière s'allume automatiquement lorsque quelqu'un passe dans le champ de détection et s'éteint ensuite toute seule. Il est aussi possible de régler le seuil de luminosité ambiante en dessous duquel l'éclairage doit s'allumer. Autrement dit, lorsque, par exemple, il fait assez clair, la lumière ne s'allume pas, et lorsque la nuit tombe, la lumière s'allume.

Astuce pratique : réorganiser le circuit d'éclairage en plusieurs sections commandées chacune avec un télerrupteur, et équiper les moteurs avec un démarrage temporisé.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

Cela permettra de faire une économie mensuelle importante sur la facture de l'énergie.

$c_{\min} = 180,58 \times 17 = 3069,86$ DA (PMA en mois d'Aout 2020, voir tableau IV.15)

$c_{\max} = 180,58 \times 58 = 10473,64$ DA (PMA enregistré en mois de Novembre 2019, voir tableau IV.14)

Gain (C)_{HT} = $10473,64 - 3069,86 = 7403,78$ DA Gain mensuel HT

Gain (C)_{TTC} = $7403,78 \times 119\% = 8810,49$ DA Gain mensuel TTC

- 6- Contrairement aux compteurs installés chez les clients de distribution publique, les appareils de comptage d'énergie existant au niveau des postes livraison HTA/BT mesurent la consommation d'énergie active et réactive, le terme facteur de puissance qui apparait sur la facture représente $\text{tg}\phi$ et est calculé par le rapport de (ER/EA). A l'inverse du $\text{cos}\phi$, on aperçoit clairement que la valeur de la $\text{tg}\phi$ doit être le plus petit possible ce qui signifie un minimum de consommation d'énergie réactive.

Suite à l'analyse faite sur les factures d'énergie des 24 mois passés, nous avons constaté que la $\text{tg}\phi$ varie entre 76,2% pour le mois de juillet 2019 (voir tableau IV.14) et 123,05 % pour le mois d'Avril 2020 (voir tableau IV.15), ce qui dépasse largement la valeur offerte par le distributeur de l'énergie fixée à 50%. Cette majoration est comptabilisée sur la facture de l'école supérieure sous forme de pénalité (malus) d'un prix unitaire de 45,53 cDA/kVarh comme il est montré sur le tableau III.2.

Sur une facturation mensuelle de deux ans, nous avons observé l'atteinte d'un malus maximal de 3387,69 (enregistré pour le mois de février 2020) ceci correspond à la consommation des transformateurs, moteurs électriques et des tubes fluorescents (seulement si avec anciens ballasts électromagnétiques). En effet il est alors possible de réduire la consommation d'énergie réactive et de réaliser des économies tarifaires.

- 7- La compensation de l'énergie réactive s'avère importante pour améliorer la qualité du réseau électrique et réduire la facture d'énergie. Pour cela, nous proposons de placer des batteries de condensateur automatique (en gradin) servant de compenser l'énergie réactive appelé par les équipements installés sur le site.

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

❖ Pré-dimensionnement des condensateurs de compensation

La détermination de la compensation d'une installation est basée sur le calcul de la puissance réactive à compenser. Dans cette application, on s'est basé dans le calcul sur les factures mensuelles de la consommation de l'électricité.

Compensation centralisée de l'ensemble de l'installation

❖ Application (du 01/04/2020 au 30/04/2020)

Selon l'étude faite sur une facturation de la consommation des 24 mois passés (année 2019/2020), nous avons constaté que la valeur la plus élevée de $\text{tg } \phi$

- Relevé au compteur actif pendant 720h = 8 351 [kWh]
- Relevé correspondant au compteur réactif pendant 720h = 10 275,52[kVArh]

$$\text{Puissance active } P = 8\,351 / 720 = 11,6 \text{ [kW]}$$

$$\text{Puissance réactive } Q = 10\,275,52 / 720 = 14,27 \text{ [kVAr]}$$

$$\text{Il en résulte : } \text{tg } \phi_{\text{naturel}} = P/Q = 14,27 / 11,6 = 1,23\% \text{ d'où } \cos \phi_{\text{naturel}} = 0.63$$

$$\text{Le } \cos \phi_{\text{normalisé}} = 0.894 \text{ correspond à } \text{tg } \phi_{\text{normalisé}} = 0,5$$

$$Q \text{ à compenser} = Q_{\text{naturelle}} - (0.5 * P) = 8,47 \text{ kVAr}$$

$$\text{On rajoute 20\% de réserve pour les batteries de condensateurs : } Q_{\text{batteries}} = 10 \text{ kVAr.}$$

$$Q_{\text{batteries}} = 8,47 + 1,694 = 10,16 \text{ kVAr.}$$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé à l'établissement des schémas d'alimentation normal/secours de l'ESSAT ainsi que les schémas électriques de l'installation intérieure de l'établissement avec le logiciel QElectroTech, ensuite nous avons réalisé le bilan de puissance des différentes charges du site en introduisant les coefficients de foisonnements.

D'après les résultats de calcul obtenus, nous avons constaté que les puissances installées du transformateur et du groupe électrogène sont largement suffisantes pour alimenter la charge actuelle.

D'après l'étude des factures mensuelles des années précédentes, nous avons opté pour la nécessité de la révision de la valeur de la PMD auprès du service clientèle de la SADEG, ainsi

Chapitre IV : Etat des lieux du réseau électrique de l'ESSAT

que le contrôle de la PMA. Cela mène à des économies importantes sur la facture de l'énergie qui peuvent atteindre les 10000 DA.

Pour améliorer le facteur de puissance de l'installation à la valeur exigé par la SADEG et éviter les pénalités mensuelles ajoutées sur la facture, il est nécessaire d'installer des batteries de condensateurs alimentés en gradin pour la flexibilité de la compensation. Ainsi, cette énergie réactive ne circule qu'entre les condensateurs et les consommateurs d'énergie réactive. Il est alors évident que plus les condensateurs seront proches des consommateurs, moins les conséquences de la circulation d'énergie réactives seront importantes.

Et enfin, il est nécessaire de mettre en place le matériel de sécurité ainsi que des fusibles HTA à l'intérieur du poste de transformation pour l'intervention rapide et sécurisée de l'intervenant en cas d'éventuelles anomalies sur le réseau HTA alimentant l'ESSAT.

Conclusion générale et perspectives

L'électricité est une énergie facilement transportable mais difficilement stockable, alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables. Ces exigences nécessitent la permanence du transport et la mise à disposition de l'énergie par un réseau :

- « Haute Tension » pour les fortes puissances et les longues distances.
- « Moyenne et Basse Tension » pour les moyennes et faibles puissances et les courtes distances.

Dans ce travail, Nous avons d'abord commencé par une étude détaillée des postes de transformation HTA/BT, le cœur de la distribution de l'énergie, ils reçoivent l'énergie électrique, la transforment (en passant d'un niveau de tension à une autre) et la répartissent (en assurant la jonction des différents réseaux électriques).

Nous avons ensuite établi le bilan de puissance de l'établissement après avoir collecté les équipements installés dans chaque atelier du site, tenant compte ainsi des différents coefficients de correction.

Nous avons par la suite élaboré le schéma unifilaire d'alimentation normal/secours ainsi que les schémas acheminant l'énergie électrique à l'intérieur de l'installation de l'établissement.

En ce qui concerne les produits vendus par la SADEG, particulièrement l'électricité, est mesurée en quantité via un système de comptage installé sur la partie basse tension à l'intérieur du poste de transformation, et ainsi valorisés par des prix définis par des barèmes suivants des codes et des périodes tarifaires. Toutes ces spécificités font que ce produit est commercialisé en appliquant un système de prix plus élaboré qu'on appelle tarification ou système tarifaire composé de deux principales parties, l'une est fixe et englobe les redevances et les primes fixes, l'autre est variable en fonction de certains éléments concernant la consommation (plus bas à certains moments, plus forts à d'autres).

Pour ce qui concerne la facturation, une étude est établie sur les deux dernières années. Par cette dernière nous avons constaté qu'il est possible de faire des économies sur la facture de l'énergie électrique. Ceci passe par la révision de la valeur de la PMD auprès du service clientèle de la SADEG, et ainsi faire d'autres économies par le contrôle de la valeur de la PMA.

Chaque compagnie productrice d'électricité doit nécessairement disposer, à chaque instant, de la puissance active, en tenant compte des pertes entraînées par son transport, de la source au point de

Conclusion générale et perspectives

livraison. Il faut également disposer de puissance réactive en quantité suffisante, dans la mesure où chaque consommateur d'énergie électrique dispose de machines électriques demandant une certaine puissance réactive nécessaire à leur bon fonctionnement.

Par phase finale, nous avons calculé la valeur de puissance réactive à compenser, cela permet de réaliser des économies supplémentaires sur la facture mensuelle d'électricité et d'optimiser les équipements électriques. La meilleure solution consiste à installer des batteries de condensateurs au plus près possible des points de consommation d'énergie réactive afin de minimiser les conséquences de sa circulation sur l'installation électrique conduisant donc à sur dimensionner les équipements électriques du réseau.

Ces condensateurs vont faire baisser l'énergie réactive en améliorant le facteur de puissance de l'installation.

A titre de perspectives nous proposons ce qui suit

- 1- Elaborer le schéma global MT et BT de l'école
- 2- Procéder à la pose du circuit de compensation de l'énergie réactive
- 3- Faire les démarches nécessaires à la révision du contrat de fourniture d'énergie ESSAT-SADEG

Références bibliographiques

- [1] Jean-Claude TURPAIN- SCHNEIDER ELECTRIC- Système d'énergie électrique-guide de référence-les postes MT/BT. Edition 1998.
- [2] Guide installation électrique, Catalogue Schneider électrique, Edition 2017.
- [3] Guide pratique, Réalisation de postes HTA/BT de distribution publique, SéQuélec, 2017.
- [4] Jacques BOURBON, Technologie des postes HTA /BT Chapitre 1, Note de cours, 2010.
- [5] Distribution électrique basse tension et HTA, Catalogue Schneider électrique, Edition 2009.
- [6] Josué MALATCHOUMY- Préparer et réussir le Bac pro ELEEC-Transformateur HTA/BT. Tome 2 DUNOD Edition 2014.
- [7] 19-Réseaux HTA – Transformateurs HTA/BTA – Gestion de l'énergie. Guide de distribution de l'installation électrique Schneider Electric édition 2003.
- [8] Si Lounis Mouloud. Restructuration d'un réseau BT à forte chute de tension (village TAGMOUT AZOUZ) PFE ETB, Blida, Sonelgaz 2000.
- [9] Poste HTA/BT Guide de conception MT (Merlin Gerin) Catalogue HT/BT.
- [10] Document d'installation électrique- renovation électrique, Les plans en électricité (les plans du tableau électrique).
- [11] Guide d'installation électrique, Sécurité/ Confort/ Communication, Legrand.
- [12] le bilan de puissance d'une installation électrique. [Siteweb], consulté le : Avril 2021.URL :www.repereelec.com
- [13] Bilan de puissance des installations électriques, Chapitre4, Note de cours d'installation électrique, GE2.
- [14] Wiki Installation Electrique, Règles générales de conception d'une installation électrique, Chapitre A, Proposé par Schneider Electric.
- [15] M.BRAHAMI, Bilan de puissance, Séminaires, ESSA-Tlemcen 2018.
- [16] Benabdellah_Louardi, Réseaux industriels, Alimentation d'une zone industrielle, université Batna.
- [17] M.BRAHAMI, Compensation de l'énergie réactive, Séminaires, ESSA-Tlemcen 2018.

- [18] Nouveau système de tarification Barèmes 1989, Document Sonelgaz Edition 2005.
- [19] M.BRAHAMI, Tarification de l'énergie électrique, Séminaires, ESSA-Tlemcen 2018.
- [20] Décision CREG D/22-15/CD du 29 décembre 2015 portant fixation des tarifs de l'électricité et du gaz, Document Sonelgaz Edition 2015.
- [21] SEMAOUI Hammou, Compensation de l'énergie réactive d'une installation industrielle MT/BT, Mémoire de master, Université MOHAMED BOUDIAF- M'SILA, Année 2016.
- [22] Compensation d'énergie réactive Condensateurs et armoires de rephasage. [Siteweb], consulté le: Mai 2021. URL : www.chauvinarnoux.com
- [23] MOUSSI Abdelhafid, efficacité énergétique cas de « SARL EL BARAKA », Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, Année 2019.
- [24] Carte schématique 10kV District Tlemcen, réalisé par le service cartographie SADEG TC Mise à jour au 31/12/2020.
- [25] B. BELDJILALI, Etude de l'état des lieux du réseau électrique de l'école supérieure en génie électrique et énergétique d'Oran, Mémoire d'ingénieur, ESGEE-Oran, 2020.

Résumé

L'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen est fonctionnelle depuis plusieurs années. Son réseau électrique semble fonctionner normalement. Dans un souci de connaître le schéma électrique HTA/BT, le bilan de puissance (éclairage extérieur et intérieur, classes, laboratoires et administration), les capacités actuelles de réserves ainsi que le coût des factures, une étude de l'état des lieux s'impose. Cela ramène au choix de la puissance du transformateur, de la valeur de la puissance de l'installation de compensation et la puissance mise à disposition à contracter chez la SADEG.

Mots clés : Schéma électrique, bilan de puissance, capacité de réserve, système tarifaire, coût de facture, compensation de l'énergie réactive.

Abstract

The higher school of applied sciences of Tlemcen has been operational for several years. Its electrical network seems to function normally. In order to know the MV/LV electrical schematic, the power balance (exterior and interior lighting, classrooms, laboratories and administration), the current reserve capacities as well as the cost of the bills, a study of the state of the premises is necessary. This leads to the choice of the power of the transformers, the value of the power of the compensation installation and the power made available to be contracted with SADEG.

Key words: Electrical schematic, power balance, reserve capacity, tariff system, bill cost, reactive energy compensation.

ملخص

تعمل مدرسة تلمسان للعلوم التطبيقية منذ عدة سنوات، يبدو أنشبيكتها الكهربائية تعمل بشكل طبيعي. من أجل معرفة الرسم التخطيطي الكهربائي، توازن الطاقة (الإضاءة الخارجية والداخلية، الفصول الدراسية المختبرات والإدارة)، السعات الاحتياطية الحالية بالإضافة إلى تكلفة الفواتير ودراسة المخزون. اختيار قوة المحول وقيمة قوة التثبيت التعويضي والطاقة المتاحة للتعاقد مع الشركة الجزائرية لتوزيع الكهرباء والغاز.

الكلمات المفتاحية: الرسم البياني الكهربائي، ميزان الطاقة، السعة الاحتياطية، نظام التعريف، تكلفة الفاتورة، تعويض الطاقة التفاعلية.