



**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique**

PROJET DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Diagnostic et analyse des causes provoquant
l'enregistrement de l'énergie active et réactive dans
l'export des systèmes de comptage des clients HTA.**

Réalisé Par :

**Mr ELOUAZZANY ECHCHAHEDY Abdelali
Mr LOURIKI Mourad**

Encadré par :

Pr. Bouayad Mfaddal (FST FES)

Mr. El Hafidi Youness (O.N.E.E BE FES)

Soutenu le 06 Juin 2017 devant le jury

Pr Bouayad Mfaddal (FST FES)

Pr Echatoui Nor-Said (FST FES)

Pr EsSbai Najia (FST FES)

Avant-propos

Dans le but de préparer ses étudiants en licence appliquée à la vie professionnelle, la faculté des Sciences et Techniques Fès impose un stage obligatoire dans les entreprises, où l'objectif est de donner aux étudiants la possibilité d'acquérir une formation pratique et améliorer leur sens de responsabilité.

Le stage que nous avons effectué à l'O.N.E.E durant 60 jours était très bénéfique, il nous a permis de développer nos connaissances élémentaires et d'acquérir des notions fondamentales qui seront un atout majeur dans la vie professionnelle.

Au terme de ce stage, nous avons eu le plaisir de travailler avec un groupe de personnes expérimentées et de suivre de près les méthodes de travail, les contraintes surmontées, le relationnel ainsi que les difficultés souvent rencontrées, on a touché presque tous les composants de génie électrique (électrotechnique, électronique, Automatismes).

En effet, ce stage nous a permis non seulement d'approfondir nos connaissances en génie électrique mais aussi d'acquérir une expérience extrêmement valorisante d'un point de vue personnel.

Dédicaces

A nos chères mères, à nos pères

Affectueux par leur soutien, leur patience leur sacrifice et leur amour.

Vous qui avez fait de nous ce que nous sommes, nous ne pourrions pas le reconnaître en quelques lignes.

Nous espérons être à l'image que vous vous êtes faites de nous, que Dieu tout puissant vous garde, vous bénisse, vous préserve et vous procure santé et longue vie.

A nos frères, à nos sœurs, à nos petites et grandes familles...

pour l'amour, le respect et le courage qui nous ont toujours octroyé.

Nous vous dédions ce travail, expression de notre profonde gratitude, à nos vœux les plus sincères de bonheur et de succès.

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier l'équipe pédagogique de la FST FES et précisément Mr M.JORIO et aussi tous les intervenants responsables de la formation génie électrique, pour avoir assuré un enseignement de qualité en adéquation avec nos orientations professionnelles.

Encore, nous remercions vivement Mr M.BOUAYAD pour les conseils précieux et les orientations qu'il a déployé pour l'aboutissement de notre projet.

On n'oubliera pas de saluer notre encadrant Mr Y.EL HAFIDI et tous les agents de l'O.N.E.E qui nous ont fourni toutes les informations et les connaissances nécessaires très utiles dans notre sujet.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à l'O.N.E.E qui nous a donné cette magnifique opportunité pour pouvoir enrichir nos connaissances et développer nos compétences.

Sommaire

REMERCIEMENTS	4
LISTES DES ABREVIATIONS :	7
INTRODUCTION	8
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE L'O.N.E.E BRANCHE ELECTRICITE	10
I. INTRODUCTION :	11
III. ACTIVITES EFFECTUEES AU SEIN DE L'ONEE	12
IV. PRESENTATION DE LA DIRECTION REGIONALE DE DISTRIBUTION DE FES:.....	14
V. CONCLUSION :	16
CHAPITRE 2 : Description des différents types des systèmes de comptage	17
I. INTRODUCTION :	18
II. Types des systèmes de comptage :	18
1. Comptage basse tension :	18
2. Comptage moyenne tension:	18
3. Comptage haute tension :	18
III. Généralités sur les comptages MT :	19
1. Conception du comptage MT :	19
2. Transformateurs de mesure :	20
IV. Les Types de compteurs d'énergie électrique :	22
1. Les compteurs électromécaniques Monophasés:	22
2. Les compteurs électromécaniques triphasés :	24
3. Les compteurs numériques (SL7000):	25
V. Conclusion:	26
CHAPITRE 3 : Diagnostic de la comptabilisation de l'énergie active export par le compteur numérique	27
I. INTRODUCTION :	28
II. Causes de l'enregistrement de l'énergie active dans l'export :	28
1. Cas d'inversion de la polarité TC :	28
2. Cas de mauvaise concordance de phase (inversion filerie intensité ou tension) :	28
3. Analyse d'une expérience pratique d'inversion de phase :	31
4. Solutions et suggestion :	34
III. Conclusion :	35
CHAPITRE 4 : Batterie de condensateurs et impact de leurs défaillances sur l'énergie d'export 36	36
I. INTRODUCTION :	37
II. Généralité sur la compensation :	37
III. L'impact de la défaillance d la batterie de condensateur sur l'énergie active export:	37
1. Problématique:	37
2. étude pratique :	38
3. étude théorique :	39

4. Solutions :	41
IV. Conclusion :	41
CONCLUSION GENERALE	44
TABLE DES ILLUSTRATIONS	45
REFERENCES	46
ANNEXES	47

Liste des abréviations

<i>Abréviation</i>	<i>Désignation</i>
BT	Basse Tension
CEI	Comité d'Electrotechnique International
EA	Energie Active
HT	Haute Tension
IACM	Association international des mécanismes de calcul
I_n	Courant Nominal
LMT	Ligne Moyenne Tension
MT	Moyenne Tension
ONEE	Office national de l'eau et l'électricité
TC	Transformateur de Courant
<i>TT</i>	Transformateur de Tension
THT	Très Haute Tension

Introduction

La mission confiée à l'office nationale de l'électricité est de satisfaire la demande de sa clientèle en énergie électrique à tout instant dans les meilleures conditions de qualité de service, de sécurité et au moindre coût, ainsi la continuité de fourniture de l'énergie électrique doit être assurée selon les valeurs normales pour lesquelles le matériel a été défini en tension et fréquence nominale.

L'énergie électrique, vu ses nombreuses possibilités d'utilisation acquiert une importance déterminante par rapport à d'autres énergies.

La mesure fiable et rationnelle de cette énergie, son analyse, sa facturation aux consommateurs constituent pour L'O.N.E.E des activités en développement continu, tant sur le plan de distribution que sur le plan des échanges d'énergie.

Depuis longtemps, la mesure de la consommation de l'énergie électrique a été réalisée au moyen de compteurs électromécaniques à induction.

Néanmoins la complexité des tarifications de l'énergie électrique qui se met en évidence de jour en jour, le nombre croissant des tranches horaires appliquées et l'exigence de compteurs plus précis a conduit les fabricants des compteurs à mettre au point et à lancer sur le marché d'autres produits numériques entièrement à base d'électronique et d'informatique.

Par ailleurs, dans le cadre de notre projet de stage, il nous a été demandé de faire un diagnostic de l'énergie active export enregistrée par les compteurs numériques installés aux postes clients MT.

Ce rapport s'organise de la manière suivante : dans le premier chapitre, on présentera le lieu de stage.

Dans le deuxième chapitre, on s'intéressera à la description des différents types de système de comptage. Ensuite, le troisième chapitre sera consacré à l'analyse des différents cas d'inversion et de discordance de phase du compteur,

Puis on citera leur impact sur l'énergie comptabilisée dans l'import et l'export du système de comptage.

Dans le dernier chapitre nous parlerons de la compensation de l'énergie réactive et de l'influence de la défaillance des batteries de condensateurs utilisées pour cette compensation sur l'énergie enregistrée dans l'import et l'export du système de comptage et nous proposerons des solutions envisageables pour remédier à ces problèmes.

Enfin, nous terminerons ce rapport par une conclusion générale.

Chapitre 1

Présentation de l'O.N.E.E

Branche électricité

I. Introduction :

Dans ce premier chapitre, nous présentons le lieu de stage et nous décrivons les services visités lors de ce stage.

II. présentation de L'ONEE :

L'Office National de l'Electricité a été créé par Dahir en août 1963 et a remplacé la société Electrique du Maroc à qui était confiée depuis 1924, la concession d'une organisation de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique.

L'ONEE est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière et a investi depuis sa création en exclusivité dans la production et le transport de l'énergie. Il assure également la distribution de l'énergie électrique dans la majorité des provinces du royaume et dans le monde rural.

La production et le transport de l'énergie électrique sur le territoire national sont assurés depuis 1963, par l'ONEE, qui est placé sous la tutelle du ministère de l'énergie et des mines. En 1994 une partie de la production a été concédée au privé.



Figure I.1 : Logo de l'ONEE

III. Activités effectuées au sein de l'ONEE :

Doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, l'ONEE opère dans les trois métiers clés du secteur électrique à savoir, la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique.

1. La production de l'énergie électrique :

Le parc de production compte des ouvrages hydrauliques, thermiques et éoliens, totalisant une puissance installée de 7342,2 MW.

En tant que producteur national, l'ONEE a la responsabilité de fournir sur tout le territoire du Royaume et à tout instant une énergie de qualité. Cette fourniture est assurée par des moyens de production exploités directement par l'ONEE, par des ouvrages confiés à des producteurs concessionnels, des autos producteurs et par l'interconnexion.



Figure I.2 : Parc éolien



Figure I.3 : Centrale Thermique

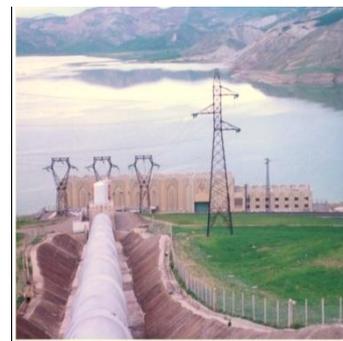


Figure I.4 : centrale hydraulique

2. Le transport de l'énergie électrique :

Le transport de l'électricité est un monopole naturel dont la gestion est confiée exclusivement à L'ONEE pour garantir la sécurité d'approvisionnement du pays couvrant la quasi-totalité du territoire national,

le réseau de transport est constitué de lignes de 400 kV, 225 kV, 150 kV et 60kV.

D'une longueur totale de plus de 22 995km de lignes THT/HT, le réseau de transport national est interconnecté aux réseaux Espagnol et Algérien dans le but de renforcer la fiabilité et la sécurité d'alimentation et d'intégrer le marché national de l'électricité dans un vaste marché Euromaghrebin.

3. la distribution de l'énergie électrique :

La distribution de l'énergie électrique est assurée :

- Soit directement par l'ONEE, notamment en zones rurales et dans quelques centres urbains.
- Soit par des Régies de distribution qui sont au nombre de 7 Régies, placées sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.
- Soit en gestion déléguée dans les villes de Casablanca, Rabat, Tanger et Tétouan qui est assurée par des opérateurs privés (Lydec, Redal, Amendis).

Le schéma global de l'acheminement de l'énergie électrique de la centrale de production jusqu'aux abonnés basse tension est donné sur la figure suivante :

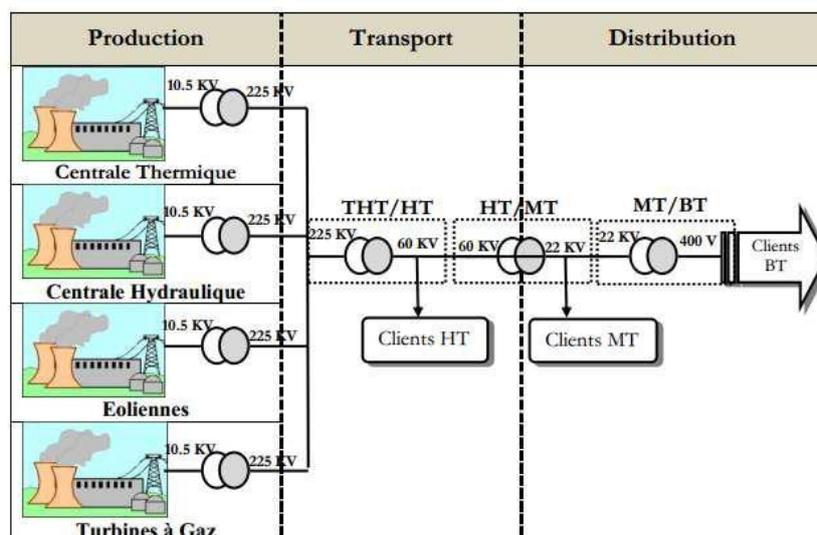
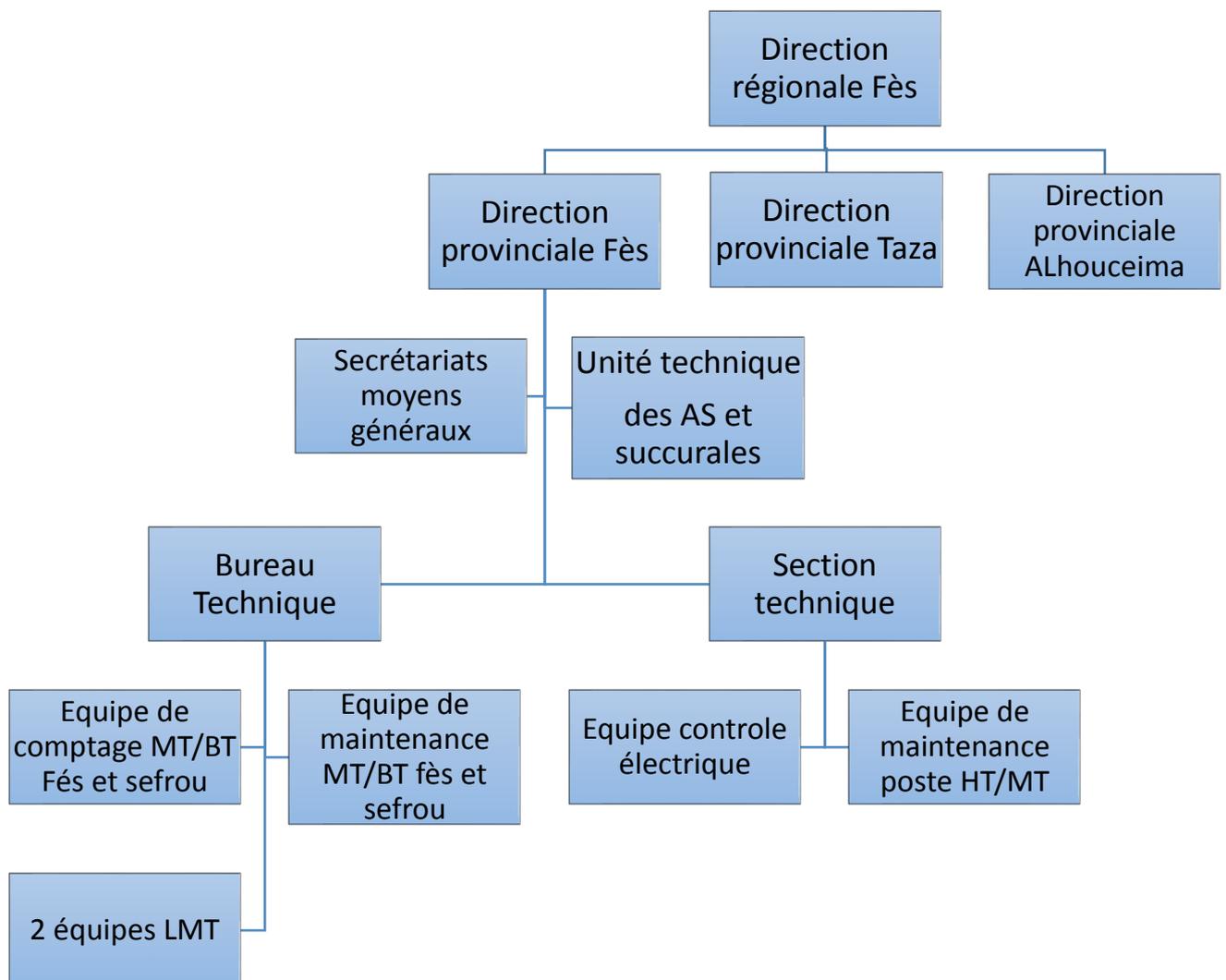


Figure I.5 : Acheminement de l'énergie électrique

IV. Présentation de la Direction Régionale de Distribution de Fès:

La mission technique HT/MT de la direction régionale de distribution de Fès consiste à assurer la planification, la réalisation, la conduite et la maintenance des ouvrages du réseau de distribution MT situés sur le territoire de la direction dans les meilleures conditions de sécurité, de qualité et au moindre coût.

Dans ce qui suit nous donnons l'organigramme de la Direction Régionale de Fès :



Pour assurer la réalisation et la maintenance des ouvrages du réseau de distribution MT, la direction régionale de Fès a mis en place trois équipes :

1. Equipe poste HT /MT :

L'équipe poste HT/MT a pour mission d'assurer la maintenance des organes de coupure et de transformation, des batteries 127V et 48V, des redresseurs, et des auxiliaires à courant continu et alternatif, dans les postes sources par des visites systématiques type I, type II et parfois type III.

- **Visite type I :**

Les opérations s'effectuent sans avoir recours à l'indisponibilité des installations :

- Contrôle visuel de l'état général du poste
- Contrôle visuel de l'appareillage de coupure et de sectionnement du poste
- Contrôle visuel de l'état des auxiliaires à courant continue et alternatif.

- **Visite type II :**

Les travaux se déroulent sous indisponibilité mais sans démontage d'appareils.

- **Visite type III :**

Les travaux se déroulent sous indisponibilité avec démontage d'appareils et décufrage des transformateurs HT/MT.

2. Equipe Contrôle Commande :

Parmi les tâches réalisées par cette équipe, il y a :

- Le suivi des appareils de contrôle et commande dans le cadre de la maintenance préventive ou corrective.

- Vérification et essais de la protection des postes clients protégés par disjoncteur MT.
- Installation et mise en service des nouvelles protections.
- Configuration sur place des DRR.
- Analyse des incidents survenant sur le réseau MT.
- Maintenance des équipements de protection basse tension.
- Réception des nouveaux postes de livraison.

3. Equipe LMT (ligne moyenne tension) :

Cette équipe réalise les tâches suivantes :

- Assure la maintenance des lignes MT.
- Visites au sol des lignes.
- Remplacement des isolateurs cassés sous indisponibilité.
- Elagage des arbres avoisinants les lignes aériennes.
- Entretien des IACM.
- Réception des nouveaux ouvrages.

V. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit brièvement le lieu de stage et nous avons donné un aperçu général de l'ONEE et notamment des services visités. Dans ce qui va suivre, nous allons donner une présentation générale des postes sources HT/MT.

Chapitre 2

Description des différents types des systèmes de comptage

I. Introduction :

L'énergie produite par l'ONEE est transmise aux clients par l'intermédiaire de compteurs qui enregistrent les consommations de ces derniers pour ensuite être facturées.

II. Types des systèmes de comptage :

Ils existent trois types de comptage qui sont :

- Les comptages BT
- Les comptages MT
- Les comptages HT

1. les comptages basse tension :

Pour ce type de comptage le client alimenté, est situé près du poste de distribution public et que la puissance demandée n'excède pas quelques kilowatts.

L'énergie consommée par le client est enregistrée par des compteurs ordinaires pour des intensités comprise entre 3 et 30 A en monophasé et en triphasé.

2. les comptages moyens tension :

Ce type de comptage est généralement utilisé pour les clients privés dont l'alimentation en énergie électrique nécessite la construction d'une ligne moyenne tension et d'un poste de transformation. Ils peuvent être près d'un réseau électrique ou même très éloigné.

Le comptage moyenne tension est autorisé lorsque la puissance installée est comprise entre : 630 KVA et 1500 KVA.

3. les comptages hauts tension :

Lorsque la puissance installée dépasse 1500KVA, le comptage est réalisé du coté HT avec des équipements spéciaux tels que les cellules de comptages. Ce type de comptage est utilisé en industrie dont les besoins en puissance sont très élevé, ce qui impose aux clients d'installer plusieurs transformateurs selon leurs besoins avec un seul compteur d'énergie placé au poste de livraison.

Remarque : Dans tous ce qui suit nous allons consacrer notre étude au comptage MT.

III. Généralité sur les comptages MT :

1. conception du comptage MT :

Le comptage MT est installé aux postes clients dont la puissance installée dépasse ou égale 50 KVA. Comme il peut être installé pour un cas particulier à savoir le client situé loin du réseau de distribution BT et désire installer son propre transformateur de puissance 25 KVA.

Ils existent deux modes de comptage MT :

- **Comptage côté BT :**

Le comptage côté BT comptabilise l'énergie consommée par les clients MT au niveau basse tension (en aval du transformateur de puissance) suivant le schéma ci après :

Il est utilisé pour les puissances ≤ 630 KVA

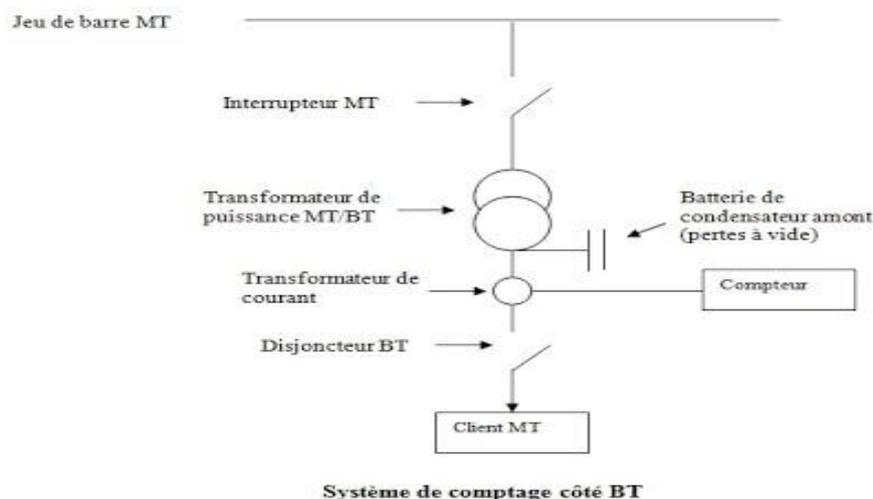


Figure II.1 : système de comptage côté BT

- Comptage côté MT :

Le comptage côté MT comptabilise l'énergie consommée par les clients MT au niveau moyenne tension (en amont du transformateur de puissance) suivant le schéma ci après.

Il est utilisé pour les cas suivants :

- les puissances supérieures à 630 KVA et inférieures à 1500 KVA
- les clients utilisant plusieurs transformateurs quelle que soit leur puissance (même si la somme est inférieure à 630 KVA qui est le cas du comptage côté BT.

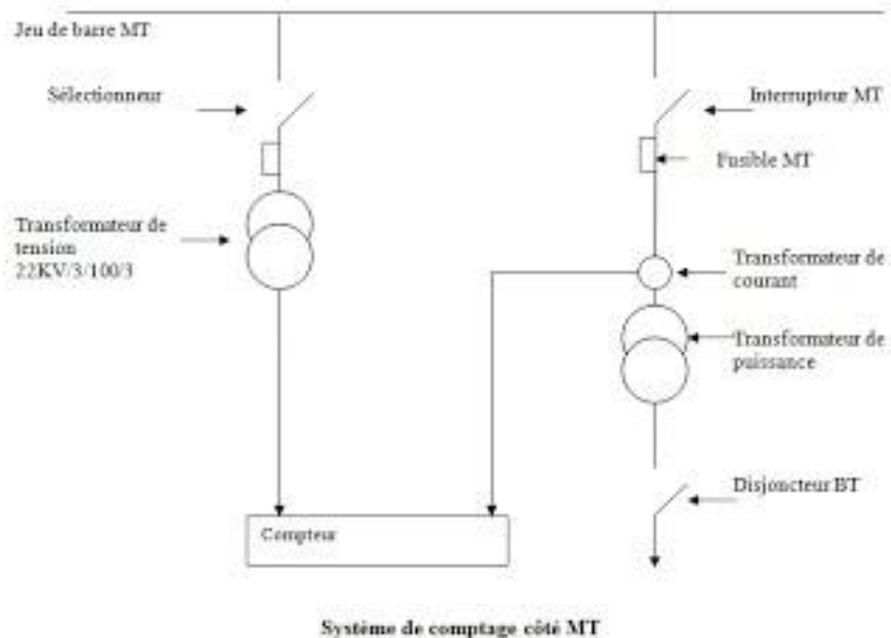


Figure II.2 : système de comptage côté MT

2. les transformateurs de mesure:

Selon la définition de la commission électrotechnique internationale, un transformateur de mesure est un transformateur destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs, des relais et autres appareils analogues. Ils sont utilisés pour permettre la mesure de la tension ou du courant quand ceux-ci ont une valeur trop élevée pour être mesurée directement. Ils doivent transformer la tension ou le courant de manière proportionnelle et sans déphasage. En effet dans le réseau MT on peut distinguer deux types de réducteurs de mesures :

- Transformateurs de courant (Figure II.3) :

Les transformateurs de courant de mesure sont fabriqués pour alimenter les appareils de mesure, les compteurs et les autres appareils qui marchent avec la même technique. Ces transformateurs isolent ces appareils des réseaux à haute tension et transforment les courants hors limite de mesure aux courants mesurables.

Ces transformateurs délivrent sur leurs secondaires des courants (5A ou 1A) par transformation des grandeurs primaires correspondantes du réseau.

Dans le réglage des protections, on doit tenir compte des caractéristiques des TC, qui présentent certaines limites pour les performances des protections pour éviter la saturation du circuit magnétique, le courant primaire du TC ne doit pas dépasser 2 à 3 In, (In le courant d'emploi du TC).



Figure II.3 : transformateur de courant

- Transformateurs de tension :

Selon la CEI, un transformateur de tension est un transformateur de mesure dans lequel la tension secondaire est, dans les conditions normales

d'emploi, pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions.

Il s'agit donc d'un appareil utilisé pour la mesure de fortes tensions électriques. Il sert à faire l'adaptation entre la tension élevée d'un réseau électrique HTA ou HTB (jusqu'à quelques centaines de kilovolts) et l'appareil de mesure (voltmètre, ou wattmètre par exemple) ou le relais de protection, qui eux sont prévus pour mesurer des tensions de l'ordre de la centaine de volts.

La caractéristique la plus importante d'un "transformateur de tension" est donc son rapport de transformation entre le primaire et le secondaire.

IV. Les types de compteurs d'énergie électrique :

Un compteur électrique est un organe électrotechnique servant à mesurer la quantité d'énergie électrique consommée dans un lieu : habitation, industrie... Il est utilisé par les fournisseurs d'électricité afin de facturer la consommation d'énergie au client. À l'origine ces appareils étaient de conception électromécanique, ils sont remplacés dorénavant par des modèles électroniques.

Ils existent trois types de compteurs :

- compteur électromécaniques monophasés (2 fils)
- compteur électromécaniques triphasés (4fils)
- compteur numérique (électronique)

1. les compteurs électromécaniques monophasés:

Principe de fonctionnement : Les éléments essentiels du compteur sont visibles à travers le capot transparent, à savoir :

- Le disque aluminium constituant le rotor.
- Bobine «Tension» constitué par une bobine comportant un grand nombre de spires de fil fin.
- Bobine «Intensité» constitué par quelques spires de gros fil.
- L'aimant de freinage.

– le totaliseur d'énergie constitué d'un ensemble d'engrenages qui actionne un dispositif d'affichage.

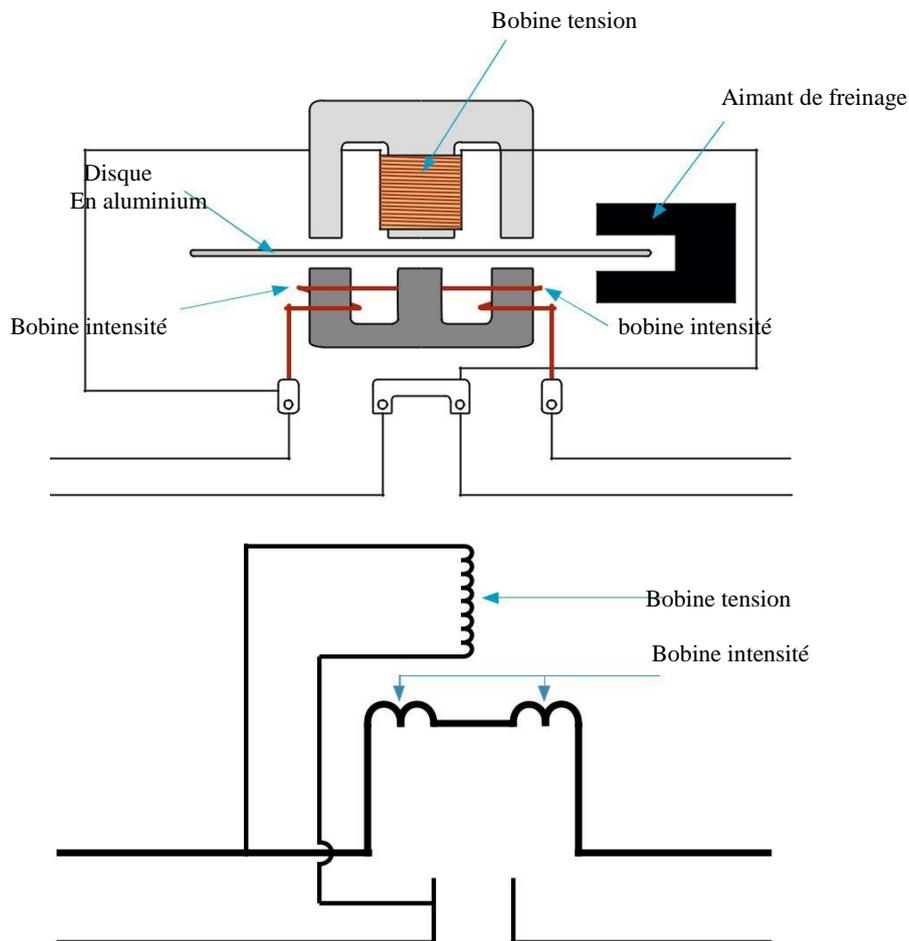


Figure II.5 : Constitution d'un compteur monophasé

Le courant induit naît dans un conducteur si celui-ci est soumis à une aimantation variable qui peut être obtenue à l'aide d'une bobine parcourue par un courant alternatif. Par ailleurs, le passage d'un courant dans un conducteur crée dans son entourage un champ magnétique susceptible d'être influencé par d'autres champs magnétiques.

On assimile un disque à un ensemble de conducteurs soudés côte à côte dans le sens des rayons du disque. Par conséquent, un disque parcouru par un courant induit et soumis à une aimantation variable, peut tourner autour de son axe.

Pour que le disque du compteur électrique puisse tourner et faire tourner de sa part la minuterie qui calcule la consommation de l'énergie active (KWH), deux conditions sont donc nécessaires :

1. Le disque doit être parcouru par un courant électrique : lorsque le circuit d'utilisation est fermé, le courant parcourt la bobine «Intensité» et produit un courant induit dans le disque.
2. Le champ magnétique du courant induit doit être soumis à une aimantation variable telle que celui produit par l'électroaimant (bobine «Tension»).

2. les compteurs électromécaniques triphasés:

Les compteurs utilisés sont du type monophasé ou triphasé. Pour les triphasés, ils sont constitués des mêmes éléments que les compteurs monophasés, mais à la différence de ceux-ci, ils comportent deux ou trois bobines tension et intensité.

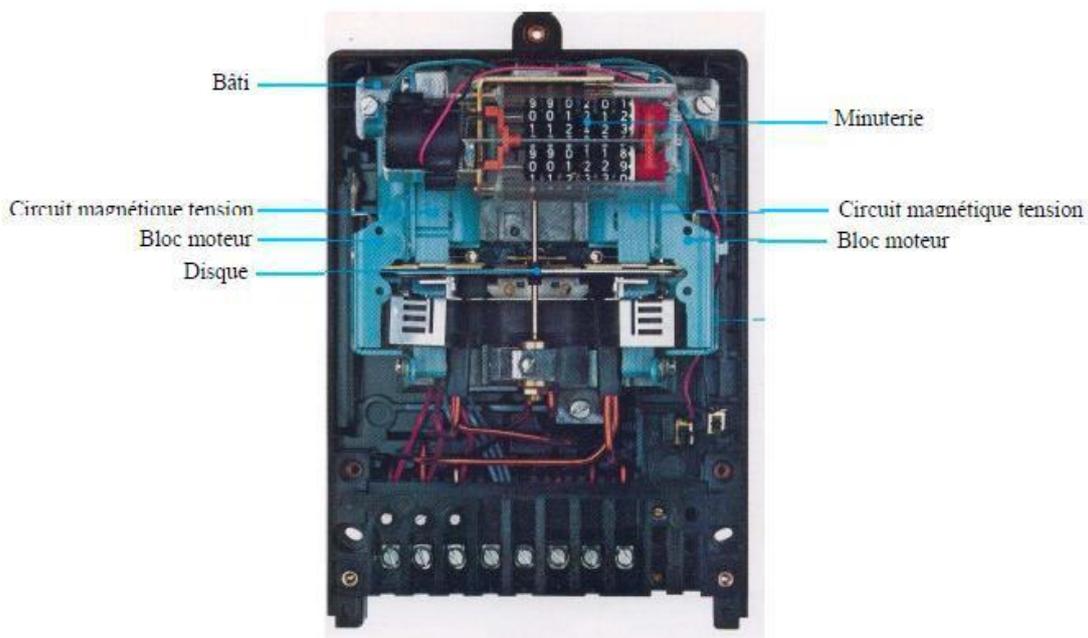


Figure II.6: Constitution d'un compteur triphasé

En effet, les compteurs électromécaniques ont été longtemps les seuls utilisés et ont bien résolu une grande partie des problèmes posés, mais les progrès en cours de l'électronique et de l'informatique ont permis le développement des ensembles moins encombrants et mieux adaptés à des systèmes beaucoup plus complexes, capables d'améliorer encore la gestion de l'énergie électrique.

3. les compteurs numériques (SL 7000):

L'évolution de l'électronique et de l'informatique ont permis le passage au système de comptage numérique, ouvrant ainsi la voie à des ensembles moins encombrants, capable d'améliorer encore la précision de mesure tout en présentant la flexibilité souhaitée par l'évolution de la tarification.

Le principe de base des systèmes de comptage numérique est la transformation des grandeurs analogiques tension et courant en signaux numériques.

Le traitement des données et calcul des énergies et des puissances se fait par l'intermédiaire d'un microprocesseur, des mémoires, des ports E/S...

Vu les problèmes rencontrés par les comptages électromécanique sur la facturation d'énergie, l'ONEE a pris la décision de remplacer tous les comptages électromécanique par numérique.

L'opération a débutée en 1997 et a touché uniquement les clients à usage industriel, et à ce jour la généralisation des comptages numériques est en cours.

La marque la plus utilisée par l'ONEE est **ACTARIS SL7000**.



Figure II.7 : compteur ACTARIS SL7000

Avantages : Par rapports aux compteurs électromécaniques on peut énumérer les avantages suivants :

- Encombrements et poids réduit.
- Grande précision tout au long de la vie du compteur même En faible charge.
- Haut niveau d'intégration :

1. Des compteurs d'énergie active et réactive double sens import et export.
2. Trois indicateurs de puissance suivant les tarifs heures pleines, heures de pointe et heures creuses avec la date et l'heure.
3. Une horloge calendrier permettant la commutation des tarifs et l'élaboration des calendriers (jours, saisons, profil journaliers et jours particuliers).
4. Télé relève et télé programmation.
5. Fonction de sécurité anti fraude.
6. Autocontrôle.

V. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les différents types des systèmes de comptage ainsi que les compteurs électromécaniques et numériques servant à réaliser ceci.

Chapitre 3

Diagnostic de la comptabilisation de l'énergie active export par le compteur numérique

I. Introduction :

Le compteur numérique est conçu pour enregistrer l'énergie active et réactive en deux sens :

- Le sens positive appelé import
- Le sens négative appelé export

II. Causes de l'enregistrement de l'énergie active dans l'export.

1. cas d'inversion de la polarité du TC :

- **Etude théorique :**

Pour ce cas on traite le cas le plus défavorable (trois polarités TC inversées) donc le de déphasage engendré pour ce cas est :

$$(U_1, I_1) = \pi + \Phi \quad (U_2, I_2) = \pi + \Phi \quad (U_3, I_3) = \pi + \Phi$$

L'énergie active enregistrée par phase et comme suit :

$$\text{Phase1 : } E_1 = U_1 * V_1 * t * \cos (\pi + \Phi) \quad (1)$$

$$\text{Phase2 : } E_2 = U_2 * V_2 * t * \cos (\pi + \Phi) \quad (2)$$

$$\text{Phase3 : } E_3 = U_3 * V_3 * t * \cos (\pi + \Phi) \quad (3)$$

Or: $\cos (\pi + \Phi) = -\cos \Phi$

Alors :

$$E_1 = -U_1 * V_1 * t * \cos \Phi \quad (1)$$

$$E_2 = -U_2 * V_2 * t * \cos \Phi \quad (2)$$

$$E_3 = -U_3 * V_3 * t * \cos \Phi \quad (3)$$

Comme elle est négative elle sera enregistrée en export et l'import égal à 0.

- **Conclusion :**

- La puissance appelé est négative ($-U_1 * V_1 * t * \cos \Phi$).
- La valeur absolue de l'énergie export est égale à celle enregistrée par l'import dans le cas du branchement correct.
- La facturation de l'énergie active enregistrée en export est réelle.

2. cas de mauvaise concordance de phase (Inversion filerie intensité ou tension) :

Les combinaisons possibles pour la mauvaise concordance des phases sont :

- 1) $(U_1, I_1) = \Phi$ $(U_2, I_3) = 2\pi/3 + \Phi$ $(U_3, I_2) = 4\pi/3 + \Phi$
(Inversion de I_1 avec I_3).
- 2) $(U_1, I_2) = 2\pi/3 + \Phi$ $(U_2, I_1) = 4\pi/3 + \Phi$ $(U_3, I_3) = \Phi$
(Inversion de I_1 avec I_3).
- 3) $(U_1, I_2) = 2\pi/3 + \Phi$ $(U_2, I_3) = 2\pi/3 + \Phi$ $(U_3, I_1) = 2\pi/3 + \Phi$
(Inversion de I_1 I_2 et I_3).
- 4) $(U_1, I_3) = 4\pi/3 + \Phi$ $(U_2, I_1) = 4\pi/3 + \Phi$ $(U_3, I_2) = 4\pi/3 + \Phi$
(Inversion de I_1, I_2 ET I_3)
- 5) $(U_1, I_3) = 4\pi/3 + \Phi$ $(U_2, I_2) = \Phi$ $(U_3, I_1) = 2\pi/3 + \Phi$
(Inversion de I_1 et I_3)

On va traiter le cas n° : 1,3 et 4 sachant que n° : 1,2 et 5 sont identique.

• **Cas n° 1 :**

L'énergie active enregistrée par phase et comme suit :

$$\text{Phase 1: } E_1 = U_1 * I_1 * t * \cos \Phi \quad (4)$$

$$\text{Phase 2: } E_2 = U_2 * I_3 * t * \cos (2\pi/3 + \Phi) \quad (5)$$

$$\text{Phase 3: } E_3 = U_3 * I_2 * t * \cos (4\pi/3 + \Phi) \quad (6)$$

Or: $\cos (2\pi/3 + \Phi) = -1/2 \cos \Phi - \sqrt{3}/2 \sin \Phi$, $\cos (4\pi/3 + \Phi) = 1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi$
(Méthode de calcul voir annexe).

$$\text{Alors : } E_1 = U_1 * I_1 * t * \cos \Phi. \quad (4)$$

$$E_2 = -U_2 * I_3 * t * (1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi). \quad (5)$$

$$E_3 = U_3 * I_2 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi). \quad (6)$$

Cas d'un client fonctionnant avec un $\cos \Phi$ (facteur de puissance) faible :

Si : $\cos \Phi \rightarrow 0 \rightarrow \Phi \rightarrow \pi/2$ et $\sin \Phi \rightarrow 1$

$$\text{Lim } E_1 = \text{Lim } U_1 * I_1 * t * \cos \Phi = 0 \quad (4)$$

$$\text{Lim } E_2 = \text{Lim } -U_2 * I_3 * t * (1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = -U_2 * I_3 * t * \sqrt{3}/2 \quad (5)$$

$$\text{Lim } E_3 = \text{Lim } U_3 * I_2 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = U_3 * I_2 * t * \sqrt{3}/2 \quad (6)$$

Résultat 1 :

- 1) E_2 sera enregistrée en export ($E_2 < 0$)
- 2) E_3 sera enregistrée en import ($E_3 > 0$)
- 3) la facturation de l'énergie active enregistrée en import et export n'est pas réelle.

Cas d'un client fonctionnant avec un bon $\cos \Phi$:

si : $\cos \Phi \rightarrow 1 \rightarrow \Phi \rightarrow 0$ et $\sin \Phi \rightarrow 0$

$$\text{Lim } E_1 = U_1 * I_1 * t. \quad (4)$$

$$\text{Lim } E_2 = -1/2 * U_2 * I_3 * t. \quad (5)$$

$$\text{Lim } E_3 = -1/2 * U_3 * I_2 * t. \quad (6)$$

Résultat2 :

- 1) E_1 est enregistrée en import.
- 2) E_2 et E_3 sont enregistrées en export.
- 3) La facturation de l'énergie active enregistrée en import et export n'est pas réel.

Conclusion : l'énergie active enregistrée par le compteur ayant l'inversion du cas n°1 n'est pas réel.

• **Cas n° 3 :**

L'énergie active enregistrée par phase et comme suit :

$$\text{Phase 1: } E_1 = U_1 * I_2 * t * \cos (2\pi/3 + \Phi) \quad (7)$$

$$\text{Phase 2: } E_2 = U_2 * I_3 * t * \cos (2\pi/3 + \Phi) \quad (8)$$

$$\text{Phase 3: } E_3 = U_3 * I_1 * t * \cos (2\pi/3 + \Phi) \quad (9)$$

$$\text{Or: } \cos (2\pi/3 + \Phi) = -1/2 \cos \Phi - \sqrt{3}/2 \sin \Phi$$

(Méthode de calcul voir annexe).

$$\text{Alors : } E_1 = - U_1 * I_2 * t * (1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi).$$

$$E_2 = - U_2 * I_3 * t * (1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi).$$

$$E_3 = - U_3 * I_1 * t * (1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi).$$

Cas d'un client fonctionnant avec un cos Φ faible :

$$\text{Si : } \cos \Phi \rightarrow 0 \rightarrow \Phi \rightarrow \pi/2 \text{ et } \sin \Phi \rightarrow 1$$

$$\text{Lim } E_1 = \text{Lim } - U_1 * I_2 * t * (1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = - U_1 * I_2 * t * \sqrt{3}/2 \quad (7)$$

$$\text{Lim } E_2 = \text{Lim } - U_2 * I_3 * t * (1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = - U_2 * I_3 * t * \sqrt{3}/2 \quad (8)$$

$$\text{Lim } E_3 = \text{Lim } U_3 * I_2 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = - U_3 * I_2 * t * \sqrt{3}/2 \quad (9)$$

Résultat1 :

- 1) E_1 , E_2 et E_3 seront enregistrées en export
- 2) La facturation de l'énergie active enregistrée en import et export n'est pas réelle.

Cas d'un client fonctionnant avec un bon cos Φ :

$$\text{Si : } \cos \Phi \rightarrow 1 \rightarrow \Phi \rightarrow 0 \text{ et } \sin \Phi \rightarrow 0$$

$$\text{Lim } E_1 = - U_1 * I_2 * t * 1/2 \quad (7)$$

$$\text{Lim } E_2 = - U_2 * I_3 * t * 1/2 \quad (8)$$

$$\text{Lim } E_3 = - U_3 * I_2 * t * 1/2 \quad (9)$$

Résultat2 :

- 1) E_1 , E_2 et E_3 seront enregistrées en export.
- 2) La facturation de l'énergie active enregistrée en import et export n'est pas réelle.

Conclusion : l'énergie active enregistrée par le compteur ayant l'inversion du cas n°3 n'est pas réelle.

- **Cas n° 4 :**

L'énergie active enregistrée par phase et comme suit :

$$\text{Phase 1: } E_1 = U_1 * I_3 * t * \cos(4\pi/3 + \Phi) \quad (10)$$

$$\text{Phase 2: } E_2 = U_2 * I_3 * t * \cos(4\pi/3 + \Phi) \quad (11)$$

$$\text{Phase 3: } E_3 = U_3 * I_1 * t * \cos(4\pi/3 + \Phi) \quad (12)$$

$$\text{Or: } \cos(4\pi/3 + \Phi) = -1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi$$

(Méthode de calcul voir annexe).

$$\text{Alors : } E_1 = U_1 * I_3 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi). \quad (10)$$

$$E_2 = U_2 * I_1 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi). \quad (11)$$

$$E_3 = U_3 * I_2 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi). \quad (12)$$

Cas d'un client fonctionnant avec un $\cos \Phi$ faible :

Si : $\cos \Phi \rightarrow 0 \rightarrow \Phi \rightarrow \pi/2$ et $\sin \Phi \rightarrow 1$

$$\text{Lim } E_1 = \text{Lim } U_1 * I_3 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = U_1 * I_3 * t * \sqrt{3}/2 \quad (10)$$

$$\text{Lim } E_2 = \text{Lim } U_2 * I_1 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = U_2 * I_1 * t * \sqrt{3}/2 \quad (11)$$

$$\text{Lim } E_3 = \text{Lim } U_3 * I_2 * t * (-1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi) = U_3 * I_2 * t * \sqrt{3}/2 \quad (12)$$

Résultat1 :

- 1) E_1 , E_2 et E_3 seront enregistrées en import mais avec des valeurs différents à ceux si le branchement a été réalisé d'une manière correct.
- 2) La facturation de l'énergie active enregistrée par le compteur ayant l'inversion du cas n°4 n'est pas réelle.

Cas d'un client fonctionnant avec un bon $\cos \Phi$:

Si : $\cos \Phi \rightarrow 1 \rightarrow \Phi \rightarrow 0$ et $\sin \Phi \rightarrow 0$

$$\text{Lim } E_1 = -U_1 * I_3 * t * 1/2 \quad (10)$$

$$\text{Lim } E_2 = -U_2 * I_1 * t * 1/2 \quad (11)$$

$$\text{Lim } E_3 = -U_3 * I_2 * t * 1/2 \quad (12)$$

Résultat2 :

- 1) E_1 , E_2 et E_3 seront enregistrées en export.
- 2) L'énergie enregistrée en export n'est pas réel.

Conclusion : l'énergie active enregistrée par le compteur ayant l'inversion du cas n°3 n'est pas réel.

3. Analyse d'une Expérience pratique d'inversion de phase

Dans cette expérience on va traiter un cas d'inversion de phase pour faire une comparaison entre l'étude théorique et l'étude pratique :



Figure III.1 : Mise en parallèle de trois compteurs numériques

Dans cette expérience on a mis trois compteurs numériques en parallèle deux de type SL7000 et un de type A12E déjà existant.

Le compteur SL7000 au milieu est monté avec inversion similaire à celle existante déjà dans le compteur A12E (le compteur au milieu est monté juste pour lire les informations existantes dans le A12E) et celui à droite est monté correctement.

- Energies actives et réactives totales par phase import et export du compteur inversé SL7000

Energie active:

SL7000 (inversé) import (KWh)				SL7000 (inversé) export (KWh)			
Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3
8199	0	7622	577	8820	8693	0	126

Tableau 1 : l'énergie active import et export dans compteur inversé.

Energie réactive:

SL7000 (inversé) import (Kvarh)				SL7000 (inversé) export (Kvarh)			
Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3
8999	4011	4989	0	9770	27	0	9743

Tableau 2 : l'énergie réactive import et export dans compteur inversé.

- L'énergie active **import** enregistrée par le compteur SL7000 (inversé) est de **8199** KWh sur 26 jours.
- L'énergie active **export** enregistrée par le compteur SL7000 (inversé) est de **8820** KWh sur 26 jours
- L'énergie réactive **import** enregistrée par le compteur SL7000 (inversé) est de **8999** Kvarh sur 26 jours.
- L'énergie réactive **export** enregistrée par le compteur SL7000 (inversé) est de **9770** Kvarh sur 26 jours.

- Energies actives et réactives totales par phase import et export du compteur branché correctement SL7000

Energie active:

SL7000 (correcte) import (KWh)				SL7000 (correcte) export (KWh)			
Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3
23644	8175	7616	7854	4	0	0	4

Tableau 3 : l'énergie active import et export dans compteur correcte.

Energie réactive:

SL7000 (correcte) import (Kvarh)				SL7000 (correcte) export (Kvarh)			
Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Totale	Phase 1	Phase 2	Phase 3
15824	5329	4989	5507	0	0	0	0

Tableau 4 : l'énergie réactive import et export dans compteur correcte.

- L'énergie active **import** enregistrée par le compteur SL7000 (correct) est de **23644** KWh sur 26 jours
- L'énergie active **import** enregistrée par le compteur SL7000 (inversé) est de **15824** KWh sur 26 jours

Synthèse :

- 1) Cas de l'inversion de polarité : la facturation de l'énergie export est réelle.
- 2) Inversion filerie courant ou tension : d'après la gestion du compteur numérique qui exige la facturation aux clients, l'énergie export en cas de ces inversions traités et selon l'étude théorique et pratique détaillée ci-dessus la facturation de cette énergie n'est pas réel.

- Procédure de la gestion de l'énergie active export

La procédure de gestion des compteurs numériques est mise en œuvre et traite l'énergie export comme suit :

Le compteur numérique n'indique des consommations d'EA export que dans les cas suivants :

- 1) inversion de polarité des TC
- 2) inversion de tension au niveau de la filerie
- 3) inversion de courant au niveau de la filerie

Dans cette situation les consommations enregistrées sur les registres d'EA export devront être facturés au client.

Dans cette situation les consommations enregistrées sur les registres d'EA ne sont pas réelles et il faut procéder comme suit :

1) inversion de polarité des TC

-Facturer l'énergie export

2) inversion de tension ou courant au niveau de la filerie

-Appliquer la RGE (règle générale d'estimation) pour l'énergie et la puissance appelée.

Objectif : notre objectif est d'essayer d'éliminer cette énergie active d'export car c'est une énergie qui n'est pas réel est qui est facturable.

4. Solutions et suggestions :

Pour éviter la comptabilisation de l'EA export dans le compteur numérique on peut proposer ses solutions :

- Inversion de polarité des TC

- ✓ Pour éviter les inversions dues aux polarités TC l'agent de comptage doit procéder à l'essai de polarités des TC.

- **Inversion de la filerie tension ou courant**

L'agent de comptage chargé de la mise sous tension du compteur doit procéder à ce qui suit :

- ✓ Essai du comptage après la mise sous tension en demandant au client de mettre en service une charge tout en vérifiant l'incréméntation de l'énergie au niveau des paramètres destinés à l'énergie import et s'assurer que les paramètres de l'énergie d'export sont égales à 0
- ✓ Après chaque relevé mensuel la section commerciale est tenue d'éditer l'état des clients ayant les compteurs présentant l'export et la transmettre à l'équipe comptage pour vérification.

III. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons traité les différentes causes d'où émane la comptabilisation de l'énergie active et réactive dans l'export des systèmes de comptage.

Nous avons aussi proposé des solutions pour remédier à ce problème d'export d'énergie.

Chapitre 4
*Batterie de condensateurs et impact de
leurs défaillances sur la
comptabilisation de l'énergie dans
l'export*

I. Introduction :

Dans ce chapitre nous parlons de l'impact de la défaillance de la batterie de condensateur sur l'énergie active export et sur le facteur de puissance.

II. Généralités sur la compensation :

Les réseaux électriques à courant alternatif fournissent l'énergie apparente qui correspond à la puissance apparente. Cette énergie se décompose en deux formes d'énergie : l'énergie active et l'énergie réactive.

L'énergie active résulte de la puissance active. Elle se transforme intégralement en puissance mécanique (travail) et en chaleur (pertes). L'énergie réactive sert essentiellement à la magnétisation des circuits des équipements électriques.

Pour les raisons évoquées ci-dessus, il est nécessaire de produire l'énergie réactive au plus près possible des charges, pour éviter qu'elle ne soit appelée sur le réseau. C'est ce qu'on appelle "compensation de l'énergie réactive". Pour inciter à cela et éviter de sur-calibrer son réseau, le distributeur d'énergie pénalise financièrement les consommateurs d'énergie réactive au-delà d'un certain seuil.

Les avantages apportés par la compensation d'énergie réactive sont tels qu'ils permettent d'obtenir très rapidement un retour sur l'investissement consenti.

Ces avantages sont les suivants :

- Suppression de la facturation des consommations excessives d'énergie réactive
- Réduction de la puissance souscrite en KVA.
- Diminution de l'énergie active consommée en kWh (réduction des pertes Joule).
- Réduction de la chute de tension : La circulation de courants réactifs est responsable de chutes de tension le long des lignes d'alimentation. Celles-ci sont préjudiciables au bon fonctionnement des récepteurs même si la tension en tête

de ligne est correcte. La présence d'une batterie de condensateurs en bout de ligne en permettra la diminution.

III. l'impact de la défaillance de la batterie de condensateur sur l'énergie active export :

1. Problématique

On sait que les batteries de condensateur sont utilisées pour diminuer l'énergie réactive et augmenter le facteur de puissance, or dans le cas de la défaillance d'un pole de condensateurs on constate que le compteur enregistre une énergie d'export dans cette phase.

Le système étudié est composé d'une batterie de condensateur montée en triangle dont un pole est défaillant (C3 on le contribue une valeur très petite 1u) et une charge purement résistive.

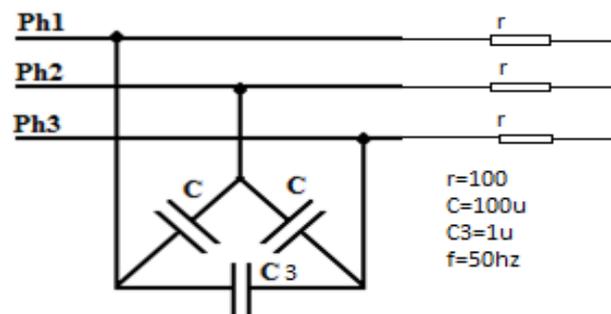


Figure IV.1 : Batterie de condensateur avec charge résistive

2. Etude Pratique du système

On a effectué une simulation par le logiciel de simulation PSIM (voir l'annexe), et on a trouvé les résultats suivant :

Power Factor	
Time From	1.0000000e-005
Time To	5.0000000e-002
I1 vs. V1	-4.0183380e-001

Figure IV.2 : Facteur de puissance Calculé

Real Power	
Time From	1.0000000e-005
Time To	5.0000000e-002
I1 vs. V1	-1.1066016e+002

Figure IV.3 : Energie active calculé

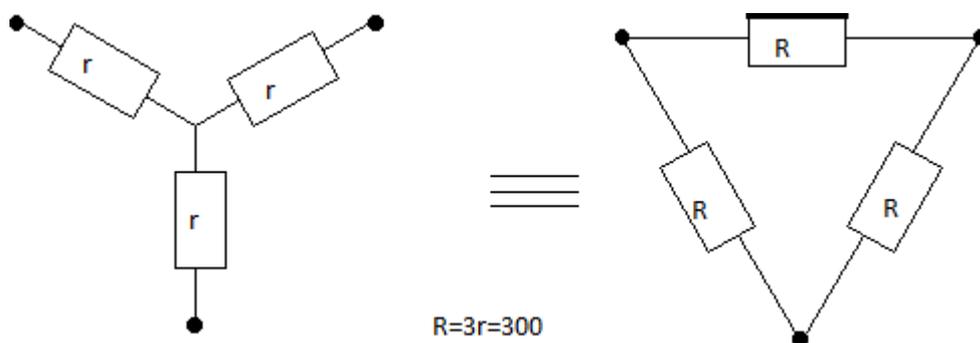
Interprétation des résultats :

On constate après la simulation que la puissance active est négative ainsi que le facteur de puissance, ce qui implique qu'on a une équivalence d'une impédance dont la partie réelle est négative dans cette phase.

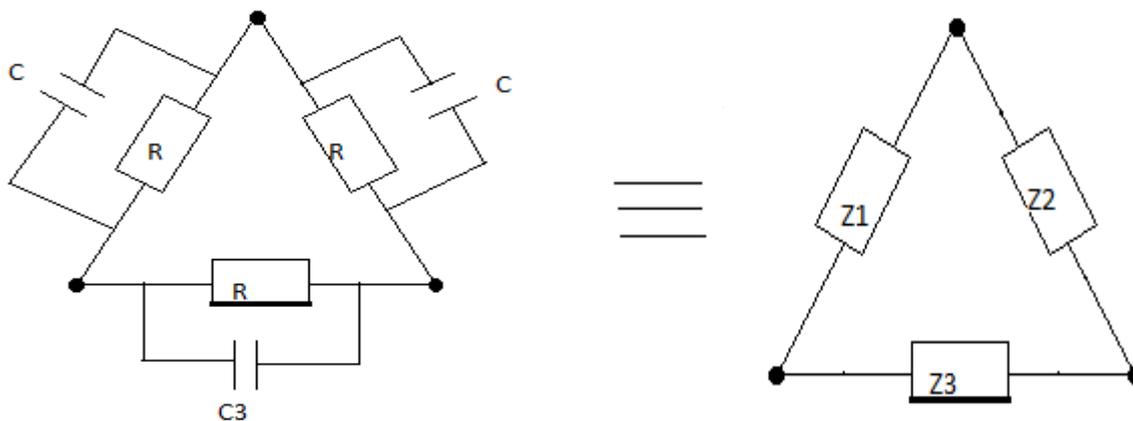
Notre objectif est de montrer ce résultat théoriquement.

3. Etude théorique

On va calculer l'impédance entre la phase 1 et le neutre :
La charge est montée en étoile, on va la transformer en triangle :



Le système devient :

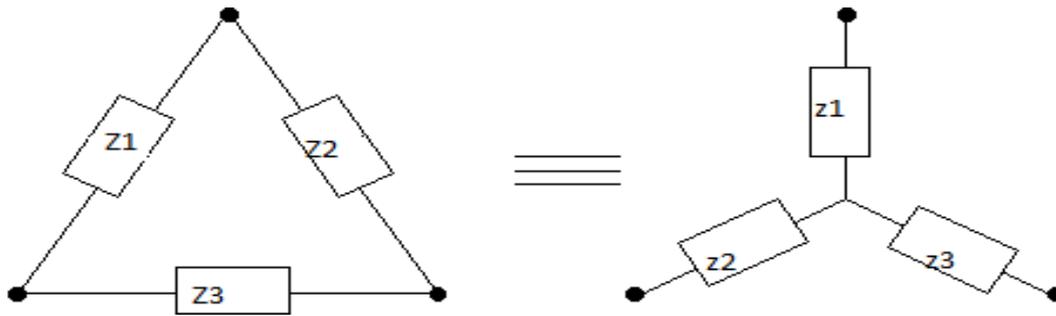


On calcule Z_1 , Z_2 et Z_3 :

$$Z_1=Z_2= R//C = R / (1+jRC\omega) \quad (1)$$

$$Z_3= R //C_3 = R / (1+jRC_3\omega) \quad (2)$$

Cette impédance est entre phase 1 et phase 2, et puisque le compteur numérique calcul l'énergie entre phase et neutre, on est obligé de faire une transformation en étoile pour trouver l'impédance entre phase et neutre.



On applique le théorème de **KENNELY** pour trouver les impédances z_1 , z_2 et z_3 .

Et puisque nous sommes intéressés par l'impédance z_1 car c'est elle qui contient un pôle de condensateurs défaillant.

$$Z_1 = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_3} = \frac{(Z_1)^2}{(2Z_1 + Z_3)} = \frac{\left(\frac{R}{1 + RjC\omega}\right)^2}{\frac{2R}{1 + RjC\omega} + \frac{R}{1 + RjC3\omega}} = \frac{R(1 + RjC3\omega)}{(1 + RjC\omega)(2jRC3\omega + jRC\omega + 3)}$$

$$Z_1 = \frac{R(1 + RjC3\omega)}{2jRC3\omega + jRC\omega + 3 - 2R^2CC3\omega^2 - (RC\omega)^2 + 3jRC\omega}$$

$$Z_1 = \frac{R(1 + RjC3\omega)}{3 - 2R^2CC3\omega^2 - (RC\omega)^2 + j[2RC3\omega + 4RC\omega]}$$

On pose :

$$a = 3 - 2R^2CC3\omega^2 - (RC\omega)^2$$

$$b = 2RC3\omega + 4RC\omega$$

$$Z_1 = \frac{R(1 + RjC3\omega)(a - jb)}{a^2 + b^2} = \frac{(R + R^2jC3\omega)[3 - 2R^2CC3\omega^2 - (RC\omega)^2 - j(2RC3\omega + 4RC\omega)]}{a^2 + b^2}$$

$$= \frac{3R - 2R^3CC3\omega^2 - R(RC\omega)^2 - j(2R^2C3\omega + 4R^2C\omega) + jRC3\omega[3 - 2R^2CC3\omega^2 - (RC\omega)^2] + RC3\omega[2RC3\omega + 4RC\omega]}{a^2 + b^2}$$

Nous sommes intéressés par la partie réelle pour démontrer qu'elle est négative, alors

$$\mathcal{Re}(z_1) = \frac{3R - 2R^3CC3\omega^2 - R(RC\omega)^2 + RC3\omega[2RC3\omega + 4RC\omega]}{a^2 + b^2}$$

L'application numérique nous donne :

$$\mathcal{Re}(Z_1) = \frac{-9.31 \cdot 10^3}{a^2 + b^2} < 0$$

Alors que : $\cos\phi = \frac{\mathcal{Re}(z_1)}{\sqrt{\mathcal{Re}(z_1)^2 + \mathcal{Im}(z_1)^2}} < 0$

Ce qui implique que : $P = UI \cos \phi < 0$

Résultat : Finalement on a trouvé que le résultat de la simulation PSIM est équivalent au calcul théorique, dans ce qui suit on va essayer de trouver une solution pour éviter ce problème.

4. Solution :

- Causes de défaillance des condensateurs

En fonctionnement sur les réseaux, les condensateurs sont assujettis à des contraintes électriques et/ou thermiques dues à l'exploitation même. Il est indispensable de tenir compte des phénomènes physiques dont l'apparition et le développement pourraient conduire rapidement à une défaillance et qui sont, en particulier :

- l'instabilité thermique des diélectriques ;
- les impuretés introduites accidentellement durant la fabrication ;
- les phénomènes transitoires rapides ;
- les surtensions ou les surintensités qui peuvent se manifester sur les réseaux et provoquer l'apparition de décharges partielles ou accélérer le vieillissement des diélectriques ;
- les harmoniques

Or, la cause principale de dégradation des condensateurs sont les harmoniques.

- Les Harmoniques

La modernisation des processus industriels, la sophistication des machines et appareillages électrique sont entraîné, ces dernières années, un développement important de l'électronique de puissance :

Ces systèmes à base de semi-conducteurs (transistors, thyristors...) destinés à réaliser :

Des convertisseurs statiques de puissance :

Alternatif/ continu

Des redresseurs

Des onduleurs

Des convertisseurs de fréquences

Et bien d'autres dispositifs de commande par train d'ondes ou réglage de phase.

Ces systèmes représentent pour les réseaux électriques des charges dites « non linéaires ».

Une charge « non linéaire » est une charge dont 'intensité absorbée n'est pas à l'image de la tension d'alimentation (bien que la tension de la source imposée à la charge soit sinusoïdale ; l'intensité absorbée est sinusoïdale).

D'autres charges « non linéaires » sont également présentées dans les installations électriques, en particulier :

- Charge à impédance variable, faisant appel à l'arc électrique : fours à arc, postes à souder, tubes fluorescents, lampes à décharge...
- Charges utilisant de forts courants magnétisants : transformateurs saturés, inducteurs...

Le courant absorbé par un récepteur non linéaire met en évidence des courants harmoniques qui induisent la plus grande part des tensions harmoniques.

Objectif : notre objectif est de trouver un moyen pour diminuer les harmoniques qui sont responsables de la distorsion des condensateurs.

- Batteries de condensateurs de type automatique (var métrique)

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.

Ces batteries sont composées d'une association en parallèle de gradins condensateurs (gradin = condensateur + contacteur). La mise en ou hors service de tout ou partie de la batterie étant asservie à un régulateur var métrique intégré.

Ces batteries sont également utilisées dans le cas :

- d'installation électrique à charge variable,
- d'installation d'une batterie dont la puissance est supérieure à 15% de la puissance du transformateur.

L'avantage de cette batterie automatique par rapport à celle classique c'est qu'elle est constituée avec des équipements servant à protéger les condensateurs des courants d'appel et des harmoniques.

Ce dispositif comprend :

- Un système de mesure var métrique.
- Un système de compensation d'énergie réactive assuré par des gradins de condensateur asservis par le relais var métrique.
- Un contacteur statique permet de supprimer le courant d'appel lié aux condensateurs.
- Un système de charges non linéaires permettant de mettre en évidence les phénomènes d'anti-résonance liés aux circulations d'harmoniques dans les condensateurs.

– Un dispositif correctif avec self anti-résonnance.

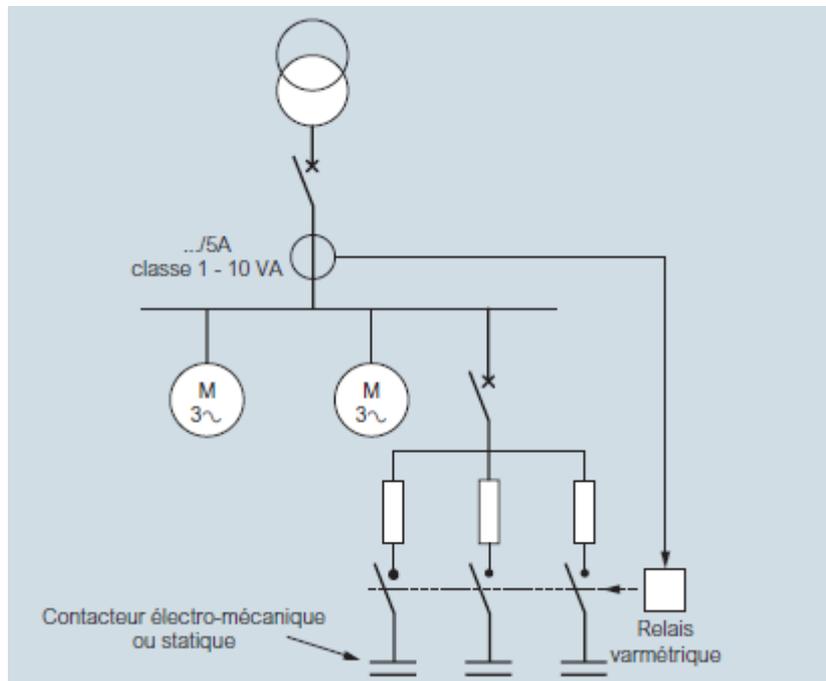


Figure IV.4 : Batterie de condensateur automatique

IV. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'impact de la défaillance de la batterie de condensateurs sur la comptabilisation de l'énergie active dans l'export, et nous avons donné une vision générale sur les causes provoquant la distorsion des condensateurs ainsi on a proposé l'utilisation des batteries de compensation automatique pour protéger les condensateurs et remédier le problème d'énergie d'export.

Conclusion générale

Le stage est une occasion d'allier entre pratique et théorie. Il permet de développer les compétences organisationnelles d'écoute et de communication pour pouvoir mieux s'adapter au monde du travail.

Ce stage effectué à l'ONEE nous a aidé à étendre nos connaissances en génie électrique, de capitaliser une expérience, d'avoir un esprit critique, de développer les relations humaines et d'apprendre à travailler en groupe.

La mesure fiable et rationnelle de l'énergie électrique, son analyse, sa facturation s'avère l'une des propriétés inscrites dans la politique adoptée par cet office.

Après l'analyse effectuée sur les différents types de systèmes de comptage, nous avons constaté qu'il y a un problème de comptabilisation de l'énergie active dans l'export soit par la mauvaise concordance de filerie intensité ou tension soit par l'effet de la défaillance des batteries de condensateurs. Comme solution à ce problème, il y'a les batteries de compensation var métriques. Tandis que pour le problème de l'inversion de filerie, nous avons proposé la solution de l'essai du comptage après la mise sous tension en demandant au client de mettre en service la charge tout en s'assurant que les paramètres de l'énergie d'export sont égales à 0.

Il est donc important de savoir les causes provoquant l'enregistrement de l'EA dans l'export et essayer de les traiter afin de fiabiliser la facturation de l'énergie électrique.

Table des illustrations

Figure I.1 : Logo de l'ONEE

Figure I.2 : Parc éolien

Figure I.3 : Centrale thermique

Figure I.4 : Centrale hydraulique

Figure I.5 : Acheminement de l'énergie électrique

Figure II.1 : système de comptage côté BT

Figure II.2 : système de comptage côté MT

Figure II.3 : transformateur de courant

Figure II.4 : transformateurs de courant branchés avec un compteur numérique

Figure II.5 : Constitution d'un compteur monophasé

Figure II.6 : Constitution d'un compteur triphasé

Figure II.7 : compteur ACTARIS SL7000

Figure III.1 : Mise en parallèle de trois compteurs numérique

Figure IV.1 : Batterie de condensateur avec charge résistive

Figure IV.2 : Facteur de puissance calculé

Figure IV.3 : Energie active calculé

Figure IV.4 : Batterie de condensateur automatique

Références

[1] : Site officiel de l'O.N.E <http://www.one.org.ma/>

[2] : http://fr.wikipedia.org/wiki/Transformateur_de_courant

[3] : *Rapport de passage cadre technique Amajoud Lahoucin*

[4] : *Cahier technique n° 18 Analyse des réseaux triphasés en régime perturbé à l'aide des composantes symétriques Schneider-Electric*

[5] : *Présentation effectué par l'équipe de comptage de l'ONEE*

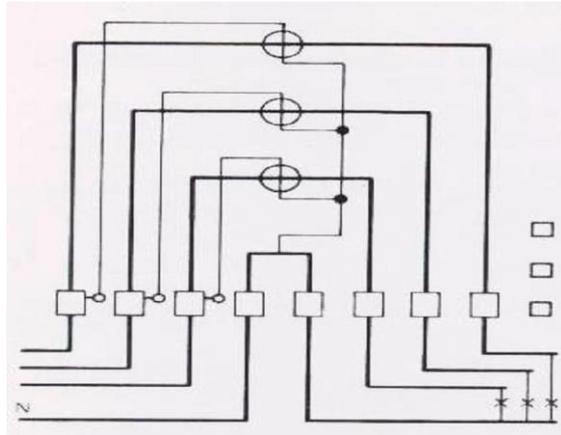
[6] : *Cahier technique de l'ONEE*

[7] : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/problematiques-communes-des-reseaux-electriques-ingenierie-42267210/condensateurs-de-puissance-d4710/causes-de-degradation-des-condensateurs-d4710niv10004.html>

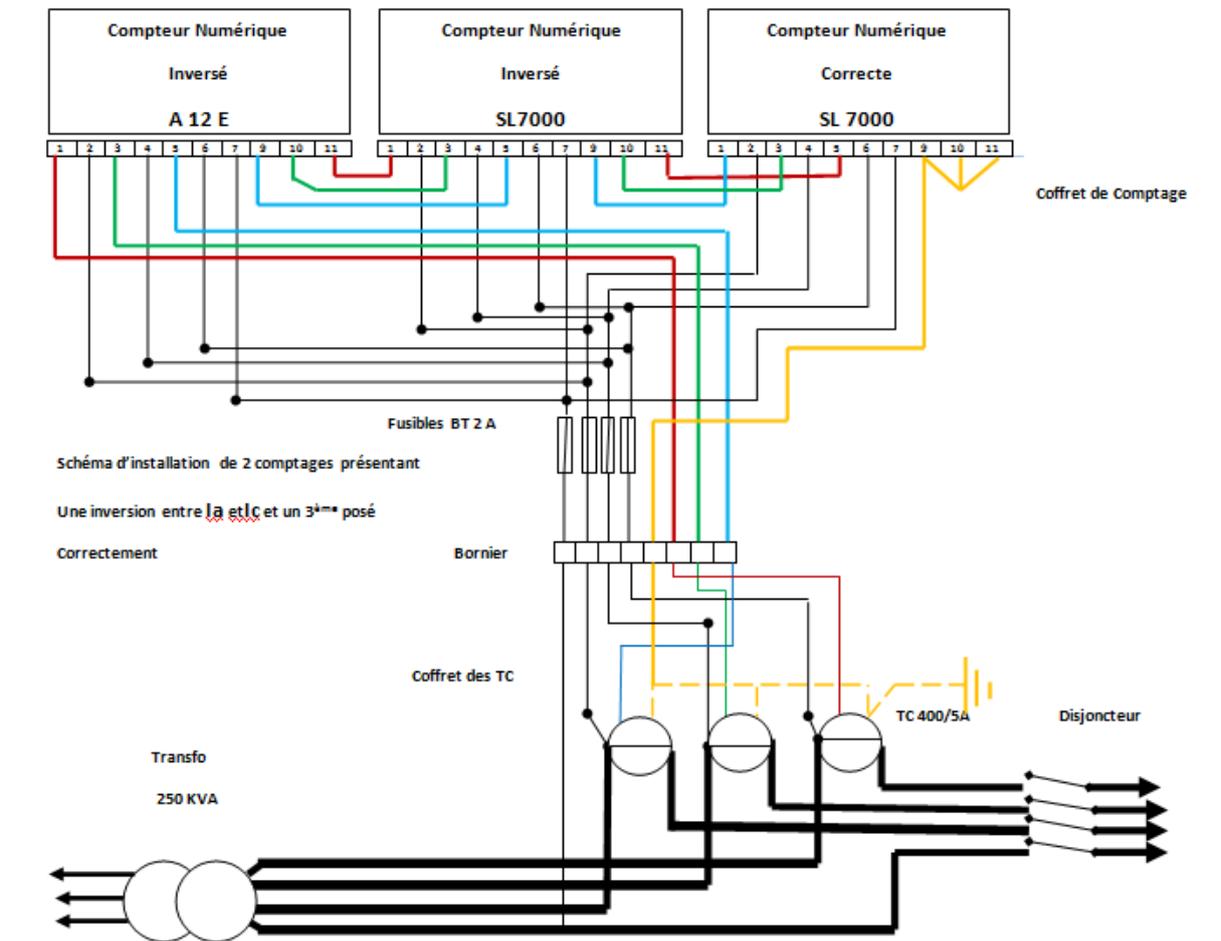
[8] : *Compensation de l'énergie électrique et contrôle de qualité des réseaux électriques*

Annexes

Annexe 1: Schéma de branchement d'un compteur triphasé



Annexe 2: Schéma de branchement de l'expérience de l'inversion de phase



Annexe 3: Méthode de calcul de $\cos(2\pi/3+\Phi)$ et $\cos(4\pi/3+\Phi)$

$$\cos(2\pi/3+\Phi) = \cos(2\pi/3)\cos(\Phi) - \sin(2\pi/3)\sin(\Phi)$$

$$= -1/2 \cos \Phi - \sqrt{3}/2 \sin \Phi$$

$$\cos(4\pi/3+\Phi) = \cos(4\pi/3)\cos(\Phi) - \sin(4\pi/3)\sin(\Phi)$$

$$= 1/2 \cos \Phi + \sqrt{3}/2 \sin \Phi$$

Annexe 4: Simulation des batterie de condensateurs effectués avec le Logiciel PSIM

