

## **L'IMPORTANCE DE LA CONTINUITÉ DU NEUTRE DANS LE SCHEMA DE LIAISON A LA TERRE TT : CAS DU RESEAU ELECTRIQUE DU TOGO**

**Comlanvi ADJAMAGBO<sup>1\*</sup>, Irina PACHOUKOVA<sup>1</sup>, Pierre NGAE<sup>2</sup> et Antoine VIANOU<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Université de Lomé, Ecole Nationale Supérieure d'ingénieurs laboratoire ERSI, B.P. 1515, Togo*

<sup>2</sup>*Université d'Evry, laboratoire LMEE, 40 rue du Pelvoux, 91020 Evry Cedex, France*

<sup>3</sup>*Université d'Abomey Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi, laboratoire LERTI, Benin*

(Reçu le 04 Janvier 2009, accepté le 30 Mai 2009)

---

\* Correspondance et tirés à part, e-mail : [adjamagbonicolas@yahoo.fr](mailto:adjamagbonicolas@yahoo.fr)

### **RÉSUMÉ**

La distribution de l'énergie électrique ne se limite plus à la simple fourniture de l'énergie. La qualité de cette énergie est une exigence qui doit garantir la sécurité des biens, du consommateur et de l'exploitant. Cette sécurité dépend en partie du schéma de liaison à la terre. Le réseau électrique du Togo a opté pour le Schéma TT qui exige que le neutre du transformateur soit mis à la terre de même que la masse de la charge. Dans ce schéma, la continuité du conducteur du neutre est importante. Des données sur les incidents dommageables survenus sur le réseau électrique public ont révélé que 48 % de ces incidents sont relatifs à la coupure du conducteur du neutre et par lequel le réseau est suspendu aux poteaux électriques. Une approche de solution pour réduire la fréquence de coupure du conducteur du neutre est le rapprochement des poteaux électriques, l'augmentation de la section du conducteur du neutre.

Dans le but d'améliorer dans l'ensemble la qualité du service de fourniture de l'énergie électrique, nous proposons la correction de 20 % des causes qui réduiront de 78 % les incidents dommageables sur le réseau électrique.

**Mots-clés :** *Energie électrique, qualité de service, conducteur du neutre, schéma TT*

## ABSTRACT

### **Importance of the continuity of the neutral in the diagram of connection a ground TT: case of the electrical supply network of the togo**

The distribution of the electric power is not limited any more to the simple supply of energy. The quality of this energy is a requirement which must guarantee the safety of the goods, the consumer and the owner. This safety depends on the diagram of connection to the ground. The electrical supply network of Togo chose the Diagram TT which requires that the neutral of the transformer be put at the ground just as the mass of the load. In this diagram, the continuity of the driver of the neutral is significant. Data on the detrimental incidents which have occurred on the public electrical supply network revealed that 48 % of these incidents relate to the cut of the driver of the neutral and by which the network is suspended on the electric posts. An approach of solution to reduce the cut-off frequency of the driver of the neutral is the bringing together of the electric posts, the increase in the section of the driver of the neutral. As a whole the correction of 20 % of the causes will improve of 80 % the detrimental incidents on the electrical supply network.

**Keywords :** *electric power, quality of service, driver of the neutral, diagram TT*

## I - INTRODUCTION

L'énergie électrique est produite, transportée et distribuée par l'intermédiaire des réseaux électriques. La sensibilité de plus en plus poussée des appareils et machines amène les consommateurs à être de plus en plus exigeants envers le fournisseur d'énergie électrique. La qualité de service est désormais une exigence. La qualité se définit comme une propriété à satisfaire des besoins. La qualité du produit d'électricité, au point de raccordement du consommateur, est caractérisée par la continuité de la fourniture de l'énergie et la constance de la tension.

La continuité de la fourniture dépend de la combinaison de plusieurs facteurs dont la topologie du réseau, l'état des organes constituant le réseau, l'organisation de l'exploitation du réseau. De la topographie du réseau dépend la rapidité d'intervention en cas de besoin [1]. La qualité de la tension dépend des sources de production et des mesures d'exploitation.

Par surcroît et avant toute chose l'exploitation doit garantir la sécurité des exploitants et des biens. Cette sécurité dépend du choix du schéma de liaison à la terre. En effet le défaut de qualité peut entraîner une insécurité allant du simple dommage à la destruction des biens et à des dégâts corporels.

Dans cette étude nous essayerons de mieux comprendre le régime du neutre qui a une nouvelle appellation : schéma de liaison à la terre. Nous nous pencherons particulièrement sur le régime TT adopté dans le réseau du Togo. Sur la base des

statistiques d'exploitation nous proposerons des solutions pour améliorer la qualité de la fourniture de l'énergie électrique au Togo.

## **II - MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **II-1. Le matériel**

Un réseau électrique est composé d'une multitude d'éléments dont des kilomètres de câble aériens et souterrains, des disjoncteurs, des sectionneurs, des transformateurs, des alternateurs, des interrupteurs aériens à commande mécanique, des fusibles, des portes fusibles, des supports de câble. On dénombre sur le réseau électrique du Togo en date du 31 décembre 2007, 1691 km de réseau MT, 2608 km de réseau BT, 977 postes MT/BT. Tous ces éléments sont susceptibles d'être des sources de panne. L'exploitation du réseau est parfois emmaillée d'incidents qui peuvent être plus ou moins gênants pour le consommateur et même destructeurs.

### **II-2. . L'échantillonnage**

De janvier 2002 à décembre 2008 parmi les incidents déclarés par les consommateurs, 852 ont été retenus par le distributeur d'électricité comme susceptibles d'être provoqués par des pannes sur le réseau.

Nous avons recueilli auprès de la société d'assurance des données statistiques des pannes sur le réseau électrique entraînant des désagréments aux clients de la CEET pour la période de 2002 à 2008.

### **II-3. Le traitement des données**

Les données transmises par la CEET à la société d'assurance ont été classées selon la nature du défaut. A l'aide du logiciel Excel le traitement des données a été réalisé pour le dénombrement et la distribution de la fréquence des pannes.

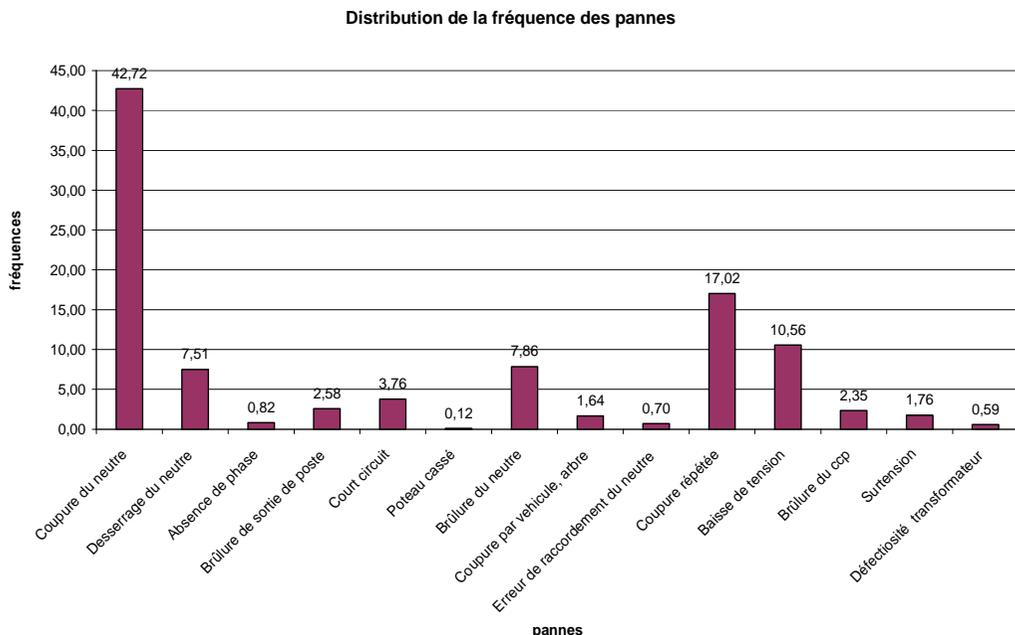
## **III - RÉSULTATS ET DISCUSSION**

La distribution de l'énergie électrique dans la plupart des pays est confiée par l'Etat à une société publique ou à une société privée liée par un contrat garantissant un droit de regard de l'Etat, l'énergie électrique étant un secteur sensible dont dépend l'essor économique d'un pays. La distribution de l'énergie électrique au Togo est confiée à la « Compagnie Energie Electrique du Togo » (CEET). La CEET doit assurer la desserte de la clientèle, faire face au développement de la consommation, rechercher la qualité du produit électricité adaptée aux besoins de la clientèle. Jusqu'en 2006 seuls 20% des ménages au Togo ont accès à l'électricité [2].

La CEET en tant qu'opérateur économique a souscrit une assurance responsabilité civile auprès d'une société d'assurance pour couvrir les tords qu'elle peut causer à ses clients dans l'exercice de ses fonctions.

L'exploitation d'un réseau électrique est la finalité de tout processus de production et de transport de l'énergie électrique. Elle englobe la gestion de l'énergie elle-même et toute la logistique de distribution. Elle est la sensibilité de la société de distribution et l'élément d'appréciation ou de jugement du consommateur. C'est pour cela que l'organisation du service d'exploitation doit être soignée et bien rodée [3].

En réalité, il y a eu plus d'incidents survenus que déclarés parce que soit les incidences financières ne sont pas importantes, soit parce que les sinistrés ne savent pas qu'ils peuvent réclamer la réparation du préjudice. *La Figure 1* présente la distribution de la fréquence des différentes pannes.



**Figure 1 :** *Distribution de la fréquence des pannes survenues sur le réseau électrique du Togo de 2002 à 2008 et entraînant des dommages*

Il est à signaler que les consommateurs dont il s'agit dans cette étude sont desservis seulement en basse tension, en triphasé ou en monophasé. L'alimentation triphasée requiert quatre conducteurs dont trois phases et le neutre, tandis que la monophasée comporte deux conducteurs, une phase et le neutre. La tension entre une phase et le neutre est 220 V, la tension entre deux phases quelconques fait 380 V soit  $\sqrt{3}$  fois la tension par phase. Ces incidents ont été regroupés en 14 cas selon leur nature. Nous avons la coupure du neutre du réseau qui représente 42,72 %, le desserrage du neutre 7,51 %, l'absence de phase 0,82 %, la brûlure de sortie de poste 2,58 %, le court circuit 3,76 %, le

poteau cassé 0,12 %, la brûlure du neutre 7,86 %, la coupure du réseau par un véhicule ou par un arbre 1,64 %, l'erreur de raccordement du neutre ou permutation du neutre 0,70 %, les coupures répétées dues à la persistance d'un défaut 17,02 %, la baisse de tension 10,56 %, la brûlure du coupe circuit principal 2,35 %, la défektivité du transformateur 0,59 %. Il est à remarqué que l'incident le plus récurrent est la coupure du neutre. En regroupant les défauts liés au neutre en l'occurrence la coupure du neutre, le desserrage du neutre et la brûlure du neutre, on regroupe ainsi 58,10 % des incidents. Il s'avère que le neutre du réseau est l'épine dorsale autour de laquelle se greffe plus de la moitié des défauts dommageables du réseau.

Pour mieux comprendre la problématique du neutre nous allons parcourir les différents schémas de liaison à la terre. Un schéma de liaison à la terre est caractérisé par deux lettres. La première indique le raccordement du neutre du transformateur, elle peut être :

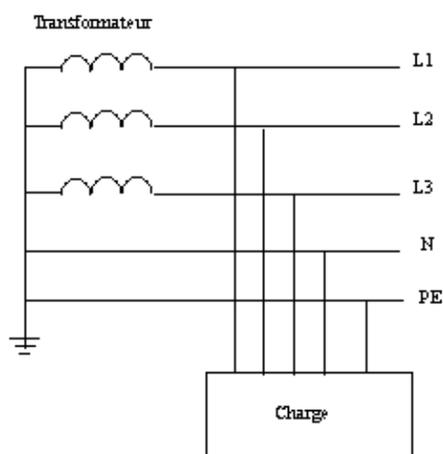
- T lorsqu'il est raccordé à la terre,
- I lorsqu'il est isolé par rapport à la terre ou raccordé à la terre par l'intermédiaire d'une impédance.

La deuxième lettre indique comment raccorder la masse de la charge à la terre, elle peut être :

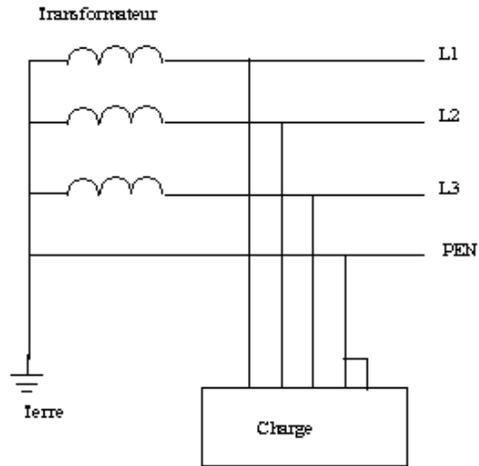
- T lorsqu'elle est raccordée à la terre,
- N lorsqu'elle est raccordée au neutre.

#### Schéma TN

Dans le schéma de liaison à la terre TN, le neutre du secondaire du transformateur est mis à la terre et la masse de la charge est reliée au conducteur de protection équipotentiel PE (de l'anglais protective earth) lui-même relié à une prise de terre. Les normes CEI 60364 et NF C 15-100 définissent deux sous schémas TNS et TNC illustrés respectivement aux **Figure 2** et **Figure 3** [4].



**Figure 2 : Schéma TNS**

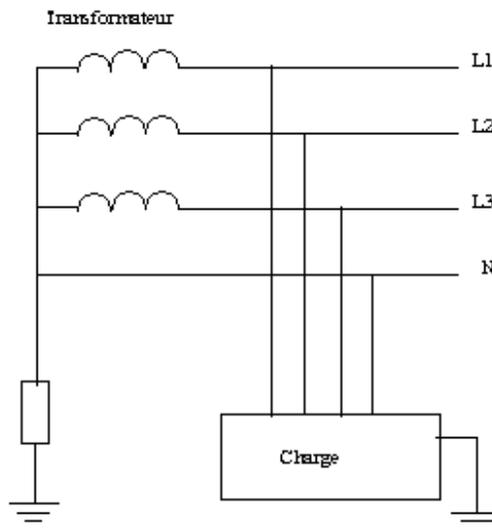


**Figure 3 : Schéma TNC**

Le schéma TNS exige cinq conducteurs, le neutre est séparé du conducteur de protection équipotentielle. Dans le schéma TNC, le neutre et le conducteur de protection équipotentielle sont confondus. La masse de la charge est mise au neutre. Dans ce schéma un défaut d'isolation aboutit immédiatement à un court circuit.

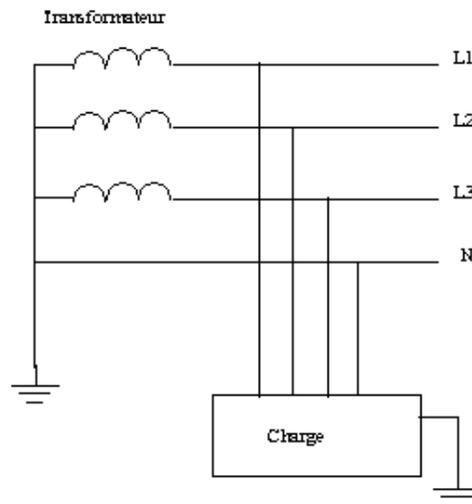
Les schémas TNC et TNS peuvent être utilisés dans une même installation, mais le schéma TNC doit obligatoirement être en amont du schéma TNS.

Dans le schéma IT le neutre du transformateur est isolé ou est mis à la terre par l'intermédiaire d'une impédance. La masse de la charge est mise à la terre comme l'indique la **Figure 4**.



**Figure 4 : Schéma IT**

Le réseau électrique public togolais a opté pour le régime TT, **Figure 5**. Pour ce régime le neutre du transformateur est mis à la terre et la masse de la charge est mise aussi à la terre.



**Figure 5 : Schéma TT**

Ce schéma de liaison à la terre permet d'obtenir deux tensions. Une souscription monophasée permettant au consommateur d'avoir une tension 220 V entre phase et neutre. Cette souscription est recommandée aux ménages qui ne disposent pas d'un éventail fourni d'appareils électroménagers et dont la puissance totale ne dépasse pas 13,2 kVA. Une souscription triphasée permet d'avoir en plus des 220 V entre phase et neutre une tension de 380 V entre phases pour les machines triphasées. La puissance minimale à souscrire dans ce cas est 6,6 kVA, au-delà de 39,6 kVA le consommateur est obligé de se faire tirer une ligne spéciale à partir d'un poste de distribution ou de passer en moyenne tension MT.

La mise à disposition d'une alimentation triphasée dans les ménages est plus chère mais bénéfique tant pour le consommateur que pour le distributeur. En effet le consommateur dispose de trois différentes phases sur lesquelles il peut bien répartir ses charges. En cas d'absence d'une phase sur le réseau une partie de l'installation est quand même alimentée ce qui évite d'être entièrement dans le noir le soir. Un bon équilibrage des charges évite de créer un déséquilibre sur le réseau. Ce déséquilibre qui peut aller jusqu'à la baisse de tension sur certaines phases affecte la qualité de l'énergie fournie par le distributeur.

Dans ce schéma le conducteur du neutre est le cordon ombilical entre la source d'énergie et la charge ; il est sensible. Le réseau électrique public est

toujours déséquilibré. Ce déséquilibre vient des diverses charges monophasées branchées par les consommateurs sur le réseau. Le point neutre initial en régime équilibré se déplace [5]. Il apparaît un autre point neutre virtuel. En cas de coupure accidentel du conducteur du neutre, la phase la moins chargée se retrouve à un potentiel élevé tandis que la phase la plus chargée se retrouve à un potentiel plus faible que l'initial. Cet effet explique les sinistres enregistrés lors des coupures ou des desserrages du neutre du réseau.

Aussi, le réseau électrique aérien est suspendu aux poteaux électriques, soit en bois, soit en béton, ou soit en fer galvanisé espacés en moyenne de 40 m. Cette suspension est obtenue par l'intermédiaire des pinces d'encrage qui tiennent mécaniquement le câble du réseau par le conducteur du neutre. Cet état de chose fait que c'est le conducteur du neutre qui supporte physiquement le poids du réseau et le rend vulnérable. Souvent il y a rupture de ce conducteur. Cela explique la fréquence élevée de 42,72 % d'incident attribué à la rupture du neutre.

Par ailleurs, la sécurité des consommateurs face au défaut d'isolement doit être assurée par la mise à la terre des masses des charges et obligatoirement par un dispositif différentiel qui coupe automatiquement l'alimentation électrique dès la détection d'un courant de défaut selon la sensibilité du dispositif [6]. La mise à la terre et le dispositif différentiel sont inséparables. Une mise à la terre du conducteur du neutre du réseau public doit être faite au plus à chaque 300 m. Cet effort est fait par le distributeur d'énergie malheureusement, la présence du cuivre dans le dispositif de mise à la terre attire le pillage du cuivre par des personnes mal intentionnées qui préfèrent revendre ce métal à vil prix aux forgerons au risque d'insécuriser le réseau électrique. Pour nous rendre compte de l'ampleur du désastre nous avons sillonné un territoire d'un rayon de un kilomètre autour d'un poste de distribution dans le quartier Kodjoviakopé à Lomé. Le long de 25 km de câble BT nous avons dénombré 80 prises de terre réalisées dont 65 coupées soit 81,25%.

#### **IV - CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Le schéma de liaison TT adopté pour le réseau électrique du Togo offre la possibilité aux consommateurs de disposer de deux tensions 220 V et 380 V au choix selon leurs besoins.

Pour diminuer la fréquence de rupture du conducteur du neutre, nous proposons de réduire l'espacement entre les poteaux pour déduire le poids supporté par le conducteur du neutre.

Les sections des conducteurs du réseau étant 70 mm<sup>2</sup> pour les phases et 54,6 mm<sup>2</sup> pour le neutre, nous proposons également que la section du conducteur du neutre soit 70 mm<sup>2</sup> pour le rendre mécaniquement plus résistant.

L'amélioration de la qualité du service passe aussi par la réduction du temps de coupure de la fourniture de l'énergie électrique. Conformément à la loi de Pareto 80 % des effets sont produits par 20 % des causes. Ainsi en s'attellant à la correction de la coupure du neutre, de la brûlure du neutre, de la coupure répétée et de la baisse de tension le distributeur de l'énergie électrique peut réduire de 78 % les incidents dommageables sur le réseau.

Enfin, pour minimiser les actes de vandalisme sur le réseau électrique, une sensibilisation doit être faite pour dénoncer ce comportement.

### **RÉFÉRENCES**

- [1] - Alain Doulet, Réseau de distribution, introduction, Technique de l'ingénieur, traité Génie Electrique, Paris, 2001, D4 200, p. 1-6
- [2] - sie-togo@togo-imet.com
- [3] - Alain Doulet, Réseau de distribution, exploitation, Technique de l'ingénieur, traité Génie Electrique, Paris, 1997, D4 230, p. 1-18
- [4] - Patrick Lagonotte, Les installations électriques, Hermes Science Publication, Paris, 2000, p.381, [www.hermes-science.com](http://www.hermes-science.com)
- [5] - A. Fouillé, C. Naudet, Problèmes d'électricité générale à l'usage des ingénieurs, DUNOD, Paris, 1977, p.355
- [6] - R. Bourgeois, D, Cogniel. Mémotech électrotechnique, CASTEILLA, Paris, 1992, p.591.