

Electrification rurale.

Vers une technique innovatrice pour l'Afrique

Jean-Louis Lilien, Professeur, Université de Liège – Belgique
Alphonse Omboua, Maître Assistant, ENSP-Congo Brazzaville

Abstract

In many developing countries, there are a lot of high voltage lines which cross many regions to supply electricity to the main towns or connect to networks the distanced electric substations.

These lines, used for supplying electricity to big towns, cross a lot of villages whose people broadly poor hope to be supplied with electricity without a suitable solution.

However it seems very deplorable that the power conducted by these lines doesn't profit to surrounding population.

Unfortunately, for these villages, the use of classical substations is too expensive to the power distributors because of high cost of investment and production for these potential scattered consumers with the low demand of electricity.

This paper presents the original solution settled in 2002 in one of the village located in Congo Brazzaville and continue to operate correctly in 2006. It is a new power transformer, based on the technique of SF6 measuring transformer, which is connected on one phase of the high voltage line 220kV and which produces the low voltage 230 V directly useful by the rural population.

This prototype sample for the rural electrification has been designed to deliver a power of 50kVA. A cheap and robust system! It requires a large popularization, mainly in sub saharian Africa that has got many such opportunities. Outside the role of bulk power transmission, the high voltage line is now also able to distribute a part of it.

Samenvatting

In vele ontwikkelingslanden vindt men verschillende hoogspanningslijnen die uitgebreide gebieden oversteken om grote steden te voeden of om verre elektriciteitscentrales met het hoogspanningsnet te verbinden.

Op hun traject kruisen deze lijnen kleine verspreide dorpen waarvan de arme inwoners – tevergeefs – hopen met elektriciteit gevoed te worden.

Jammer genoeg is het gebruik van klassieke transformatorhuisjes niet mogelijk: de investering en gebruikskosten zijn te hoog gezien de belangrijke afstand die de dorpen scheidt et hun lage energie verbruik.

Dit artikel presenteert een originele oplossing die in 2002 in een dorp van Kongo Brazzaville werd geplaatst en die nog steeds naar wens blijft werken. Het gaat om een nieuwe transformator die via een éénfasekabel met een 220kV spanningslijn wordt verbonden en die 230V spanning levert, direct bruikbaar door de bevolking.

Deze nieuwe 50kVA vermogenstransformator is gebaseerd op de technologie van SF6- geïsoleerde meettransformatoren. Een goedkoop en robuust systeem! De ideale kandidaat voor Afrika bezuiden de Sahara waar er talrijke dorpen zijn die nog niet met elektriciteit worden gevoed.

Buiten de rol van vermogenstransmissie, kan de hoogspanningslijn nu ook elektriciteit verdelen.

Résumé

On trouve dans les pays en développement de nombreux cas de lignes à haute tension qui traversent des régions entières pour alimenter les principales villes ou relient au réseau des centrales électriques éloignées.

Ces lignes prévues pour l'alimentation en électricité des grandes agglomérations traversent sur leur passage de nombreux petits villages dispersés et dont les habitants souvent pauvres, espèrent en vain d'être alimentés en électricité.

Il paraît cependant très regrettable que le flux de puissance que ces lignes transportent ne puisse être partiellement déployé au profit des ces populations riveraines impatientes.

Malheureusement pour ces villages, le recours à des postes classiques HT / MT et MT / BT s'annonce trop coûteux pour les distributeurs d'énergie à cause des investissements et des coûts de production élevés pour un marché où les consommateurs sont dispersés sur des distances considérables et pour une demande globale énergétique faible. Cet article présente une solution originale installée en 2002 dans un village du Congo Brazzaville et qui continue à fonctionner à merveille. Il s'agit d'un nouveau type de transformateur monophasé, qui est relié sur un conducteur de phase de la ligne à HT 220kV et qui délivre spectaculairement de la basse tension 230 volts directement utilisable par les populations rurales.

Ce prototype conçu pour l'électrification rurale, a été dimensionné pour une puissance de 50kVA, basé sur la technologie des transformateurs de mesure isolé au SF6. Un appareil bon marché et dont la fiabilité n'est plus à démontrer ; il mérite une diffusion à grande échelle et surtout sa vulgarisation en Afrique subsaharienne qui possède de nombreux sites potentiels. Au-delà de sa mission première de transport d'énergie, la ligne à haute tension peut maintenant jouer également un rôle de distribution.

Introduction

Une application originale pour l'électrification rurale a été développée et installée au Congo Brazzaville au village de Makola (près de Pointe-Noire), projet subsidié par l'AGCD (Agence Générale de la Coopération au Développement) et la CUD (Coopération Universitaire au Développement) de Belgique.

Cette étude fut pilotée par l'Université de Liège en collaboration avec l'Université Marien Ngouabi du Congo, l'ASCONES et la Société Nationale d'Electricité (SNE).

L'application nécessite la proximité de passage d'une ligne à très haute tension (Fig. 1).

Le transformateur monophasé prototype, dénommé PLX est directement connecté sur la ligne THT. Le retour se fait par la terre (Fig 2). C'est en fait l'adaptation d'une technologie liée au transformateur de mesure, dont la fiabilité n'est plus à démontrer. L'adaptation consiste principalement à l'implantation d'un bobinage secondaire rendu apte à soutirer une puissance de 50 kVA soit plusieurs milliers de fois celle qu'un transformateur de mesure de tension délivre d'habitude.

La présence de tous les partenaires sur place a permis de finaliser cette réalisation et de l'inaugurer en présence de Madame Antoinette Sassou N'guesso, épouse du chef de l'Etat le 17 avril 2002 (fig 1). Bientôt quatre années d'utilisation sans encombre montre la fiabilité exceptionnelle de ce matériel.

Makola est probablement la première installation (au monde) de ce type utili-

sée dans de telles conditions (schéma de principe à la Fig. 2).

Soumis à la tension entre phase et terre et d'une technologie adaptée, le transformateur délivre spectaculairement du 230 volts directement utilisable par les récepteurs en basse tension.

Ce prototype a été dimensionné pour une puissance maximale de 50 kVA. Il alimente actuellement sans problème le village de MAKOLA qui a bien voulu accueillir cette expérimentation..

Problématique de l'électrification rurale

Des technologies performantes de conversion des sources d'énergie renouvelables en électricité sont aujourd'hui disponibles sur le marché: modules photovoltaïques, aérogénérateurs, petites turbines hydroélectriques, cogénération sur biogaz.

Associés à des groupes électrogènes en appoint et à des équipements économes en énergie, la production d'électricité d'origine renouvelable, au service de l'électrification rurale décentralisée, est aujourd'hui opérationnelle.

Malgré tout cela, l'Afrique continue à faire face à des problèmes de développement: comment nourrir, loger, soigner, enseigner une population en croissance rapide, élever son niveau technique et scientifique et l'amener à la stabilisation démographique sans une politique énergétique adéquate?

Aujourd'hui, la campagne africaine se vide à cause de l'exode rural, les populations viennent s'entasser dans les principales villes déjà lourdes de problèmes.

Les jeunes fuient la campagne à cause des conditions de vie très médiocres, loin de tout modernisme et de tout confort, au manque de l'énergie électrique !



Fig. 1: L'église du village de Makola (en haut) à proximité de la ligne 220 kV et l'inauguration du projet de Makola par l'épouse du chef de l'Etat Congolais, Madame Antoinette Sassou N'guesso (en bas) – Avril 2002.



Fig. 2: Makola – Principe du système. Soutirage monophasé à 230 V d'une ligne à haute tension 220 kV

La lutte contre l'exode rural s'avère indispensable comme le soulignent les discours politiques.

Le monde rural a tant besoin, de salle de lecture éclairée, de moyen de réfrigération, de la TV. Vidéo pour s'informer et pour tenter de ralentir le désir d'aller en ville.

Makola est un village du Congo Brazzaville de près de 1000 habitants (près de 167 ménages) situé à 30 km de la ville de Pointe Noire au sud du pays; ce village est traversé par la ligne à THT 220kV en provenance du poste de Loudima pour l'alimentation de la ville de Pointe Noire.

«La ligne à haute tension passe pourtant au dessus de la tête mais on n'avait jamais l'électricité nécessaire pour tourner un quelconque moulin, on continuait de vivre sans électricité à Makola!» (citation du chef du village de Makola)

Ce problème n'est pas nouveau: on trouve dans les pays en développement de nombreux cas de lignes à H.T. qui traversent des régions entières pour alimenter les principales villes ou relient au réseau des centrales électriques éloignées.

Ces lignes prévues pour l'alimentation en électricité des grandes agglomérations passent généralement non loin des grands axes routiers le long desquels se trouvent de nombreux petits villages et dont les habitants, souvent pauvres, espèrent en vain d'être alimentés en électricité.

Il paraît cependant très regrettable que le flux de puissance que ces lignes transportent ne puisse être partiellement déployé au profit de ces populations riveraines toujours dans l'interminable attente du courant électrique.

Pour ces villages éloignés des villes, dispersés et pauvres avec de faibles demandes d'énergie, le recours à des postes HT/MT et MT/BT s'annonce tout de suite non rentable pour le distributeur de l'énergie électrique. En effet, les calculs économiques des distributeurs d'énergie montrent qu'ils n'ont aucun intérêt à assurer la distribution d'énergie électrique là où les investissements et les coûts de production sont importants pour un marché où les consom-

mateurs sont très dispersés et pour une demande énergétique très faible.

Livrer à travers un poste classique, une puissance d'une centaine de kVA à partir d'une tension supérieure à 100 kV est techniquement possible, mais porte à des valeurs exagérément élevées le prix du kVA installé.

En effet, indépendamment du prix du transformateur, le coût total fera également intervenir celui d'une travée de poste à haute tension, notamment du disjoncteur particulièrement coûteux. Il sera alors difficilement acceptable d'assurer la desserte d'une puissance voisine de 50 kVA au prix d'un effort financier comparable à celui consenti pour un poste de plusieurs dizaines de MVA. Il faut ajouter que dans ce domaine de tension, les puissances des transformateurs descendent rarement en-dessous de 10 MVA, soit 200 fois la valeur que nous ciblons comme idéale pour une communauté villageoise.

De nombreux villages pourtant traversés par des lignes à haute tension ne peuvent donc pas être connectés au réseau électrique! De ce fait, des solutions originales, moins coûteuses que les techniques traditionnelles et surtout moins exigeantes en maintenance et investissements initiaux seraient donc particulièrement les bienvenues.

Makola est un exemple type de la résolution de ce problème: Le soutirage de l'énergie directement d'une ligne à THT pour l'alimentation de faibles charges comme celles de la plupart des villages du tiers monde.

La solution proposée: l'adaptation d'un transformateur de mesure de tension pour soutirer 50 kVA

Simple, robuste, éprouvé depuis l'aune des réseaux électriques et sans maintenance, le transformateur de mesure de tension (isolé au SF6) fut le point de départ de la réflexion. Nous avons voulu utiliser le matériel existant (notamment la cuve) (Fig. 3 et 4). Bien entendu le bobinage secondaire a du être modifié, c'est quasi la seule modification, il suffisait d'y penser.

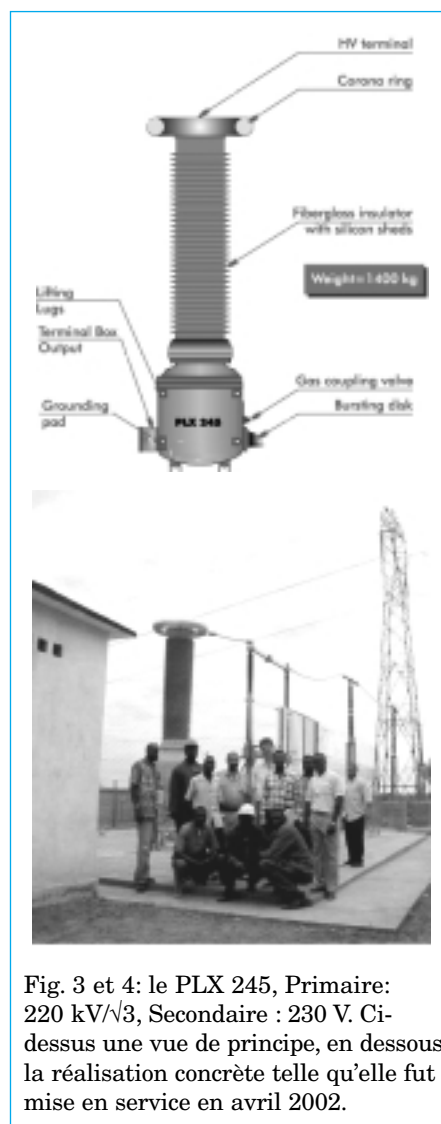


Fig. 3 et 4: le PLX 245, Primaire: 220 kV/ $\sqrt{3}$, Secondaire : 230 V. Ci-dessus une vue de principe, en dessous la réalisation concrète telle qu'elle fut mise en service en avril 2002.

D'ouvrage de transit dans sa destination première, la ligne 220 kV qui passait à Makola allait bientôt assumer aussi un rôle de distributrice d'énergie électrique. Ceci est rendu possible car la ligne est exploitée bien en-dessous de sa limite thermique (et de stabilité).

La solution préconisée (soutirage d'environ 0,03 % de la puissance naturelle de la ligne) permet désormais sans investissements excessifs l'alimentation de faibles charges situées au voisinage des lignes à haute tension, solution très profitable dans les pays en développement.

La charge de Makola

Makola est un village de près de 1000 habitants (près de 167 ménages) où les besoins en énergie électrique pouvaient se chiffrer à en Avril 2002 (Tableau 1).

Tableau 1: Besoins en énergie électrique de Makola

Désignation	Puissance en kW (Evaluation Pmax)	Cos φ	Puissance en kVA
Pompage d'eau pour distribution	3,5	0,8	4,375
Eclairage des habitations 2 ampoules par habitation + radio (140W × 167)	23,38	1	23,38
Télévisions des habitants : 6 téléviseurs couleurs 80 W 10 téléviseurs noir et blanc 45 W	1,2	0,8	1,5
2 Réfrigérateurs pour conservation aliments 10 autres réfrigérateurs pour boutiques:	2,2	0,8	2,75
Eclairage public 17 lampadaires de 500 W	8,5	1	8,5
Dispensaire : 1 Réfrigérateur pour vaccins, Scialytique, stérilisateur et éclairage	3,5	0,8	4,375
Eglise (éclairage et sonorisation)	0,6	1	0,6
Artisanat (machines à coudre, sciage, etc.)	5	0,8	6,25
En prenant un coefficient de foisonnement de 0,8 on trouve un total de $0,8 \times (51,73 \text{ kVA}) = 41,3 \text{ kVA}$ soit 82 % de la puissance nominale du PLX			

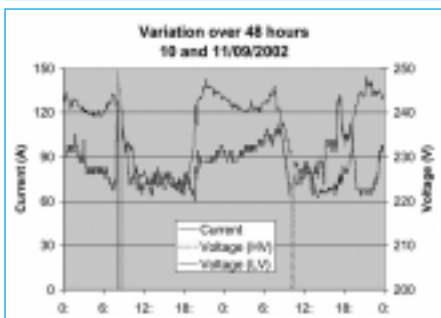


Fig. 5: Enregistrements sur 48 heures de charge après 5 mois de mise en service à Makola

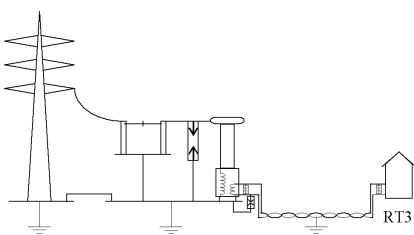


Fig. 6: Le système de mise à la terre à Makola

Dès la mise sous tension en 2002, la charge a rapidement atteint 25 kVA (éclairage, alimentation d'un débit de boisson). Elle a ensuite progressé assez lentement.

Cinq mois après l'inauguration, la charge était de 30 kVA (60 %) (Fig. 5). Les deux interruptions observées sur les 48 h enregistrées sont (i) une tension

supérieure à 242 V éliminée par notre dispositif surtenseur (avec réenclenchement automatique) et (ii) une coupure de la ligne 220 kV indépendante de notre volonté.

Il est amusant de constater une charge qui reste maximale pendant toute la nuit équatoriale (de 6 heures du soir à 6 heure du matin).

Une mesure récente (janvier 2006) à l'aide d'une pince ampèremétrique à l'heure de pointe (19h) vient de donner la valeur de 198 A comme intensité du courant à la sortie du tableau BT ce qui signifie que l'appareil fonctionne aujourd'hui à près 91 % de sa puissance nominale. L'augmentation de la charge peut être attribuée à l'augmentation de l'éclairage des habitations, du nombre de téléviseurs et de réfrigérateurs dans le village.

Mise à la terre et la protection des personnes à Makola

Une étude assez poussée a été rendue nécessaire compte tenu du retour par la terre d'une part et de la fréquence importante d'orage tropicaux et donc de coup de foudre atteignant la ligne haute tension et pouvant se propager

vers la BT. Il fallait également empêcher des surtensions à 50 Hz sur le réseau BT, en effet la ligne 220 kV travaille souvent au dessus de sa tension nominale vu la faible charge.

Bien entendu un parafoudre ad hoc fut installé côté HT (après environ quatre années d'utilisation, on a relevé 99 «coups» au compteur du parafoudre).

Mais il a fallu également développer un réseau de terre approprié, tant pour la HT que la BT.

Après mûre réflexion, les options suivantes ont été prises (Fig. 6):

- connexion de la terre HT au pylône;
- réalisation fouillée de la terre HT pour ramener sa résistance à un minimum acceptable;
- réalisation fouillée de la terre BT pour les mêmes raisons;
- installation d'un parafoudre entre les terres BT et HT (3kV à 50 Hz);
- installation d'un parafoudre entre les bornes BT de l'appareil (2 kV à 50 Hz);
- installation dans le tableau BT, d'un parasurtenseur avec réenclenchement automatique en BT, valeur fixée à 242 V.

La réalisation d'une bonne terre en pays subsaharien est difficile (Laurent-1972, Dalziel 1972). En effet la conductivité des sols est très mauvaise, elle dépend aussi de leur taux d'humidité. L'influence des conditions saisonnières sur la résistivité de sol se fait sentir jusqu'à une profondeur de 1 à 2 mètres en moyenne. Plus le sol est humide, plus la résistivité est faible.

Dans le cas de Makola, nous avons mesuré (jusqu'à 8 m de profondeur) une résistivité du sol proche de 3000 Ω.m, c'est largement au delà des valeurs traditionnelles rencontrées en Europe, de 100 Ω.m.

La résistivité des prises de terre peut être diminuée en agissant sur la résistivité naturelle des terrains avoisinant les électrodes de terre. Pour le faire, on procède en remblayant la fosse au voisinage immédiat du piquet par un matériau de résistivité favorable. Dans le cas de Makola, c'est le charbon de bois qui a été employé pour enfouir les huit piquets de terre (de 8 m de long) interconnectés par un réseau maillé enterré en cuivre nu de 29 mm². L'ensemble de ce réseau de terre amé-

lioré a donné une résistance de terre HT satisfaisante finale de 35 Ω.

La terre basse tension a été réalisée en enterrant un câble sur 200 m environ.

La sécurité des personnes, évaluation des risques

Lors de l'écoulement d'un courant de défaut ou de foudre vers la terre, il peut apparaître des tensions de pas et de contact dangereuses pour la population.

En effet, si la résistance de terre est élevée, les surtensions transitoires des masses peuvent atteindre des valeurs importantes.

La résistance d'une prise de terre est proportionnelle à la résistivité du sol lorsque celui-ci peut être considéré comme homogène.

Tension de pas U_p

C'est le cas où une personne au moment d'un court-circuit ou d'un défaut est présent aux abords de la dalle de la plate forme avec ses deux pieds à des potentiels différents (Fig. 7).

La tension de pas U_p admissible dérivée entre les points de contact des pieds est donnée par la formule suivante (Dalziel -1972):

$$U_p = \frac{116 + 0,7\rho_s}{\sqrt{t}} \quad [V]$$

ρ_s : représente la résistivité de la couche superficielle du sol (Ωm) et (t) la durée du courant de défaut en secondes.

Pour une forte résistivité superficielle similaire à celle du site, on obtient (durée maximale du défaut, selon le réglage des protections à Loudima, fixé à 0,5 s).

$$\rho_s = 3000 \Omega m \quad U_p = 3133 V$$

$$R_i = R \text{ contact} + R \text{ corps} + R \text{ chaussures} + R \text{ pieds}$$

(La valeur calculée néglige les résistances R contact et R chaussures par soucis de sécurité)

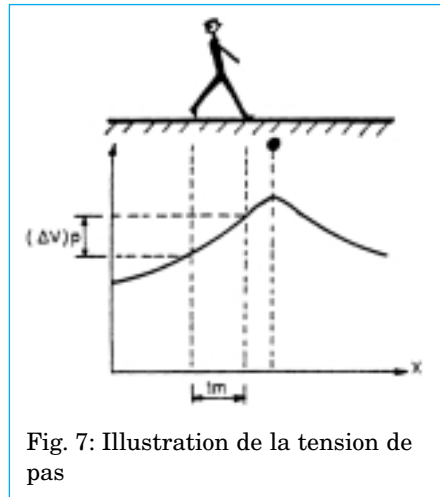


Fig. 7: Illustration de la tension de pas

Tension de contact U_c

C'est le cas où un individu touche la masse au moment d'un court-circuit ou d'un défaut (Fig. 8). Le point de contact sera ici à un potentiel de plusieurs kV tandis que les pieds à un potentiel plus bas.

Les contacts les plus dangereux pour les personnes pendant une montée en tension des masses d'une installation sont : les contacts simultanés généralement de main à main d'une part avec une structure conductrice reliée aux masses et de l'autre avec le sol local ou une structure solidaire du potentiel du sol local à un endroit où le potentiel diffère de celui des masses.

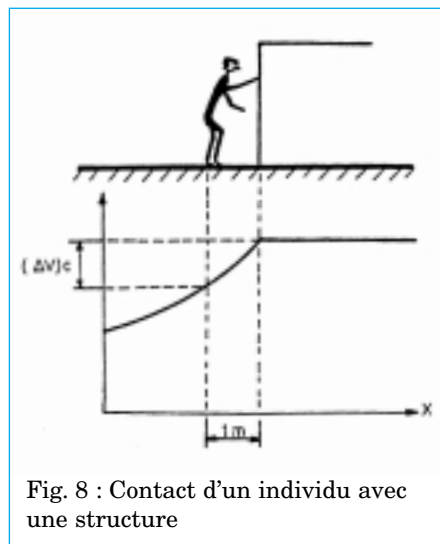


Fig. 8 : Contact d'un individu avec une structure

Ici, la résistance du trajet électrique est telle que $R_i = R$ la résistance du contact + R la résistance des chaussures + R la résistance du corps.

Selon la même norme, la tension de contact admissible par calcul théorique est donnée par la formule suivante:

$$U_c = \frac{116 + 0,17\rho_s}{\sqrt{t}} \quad [V]$$

De même que pour U_p , on trouve pour $\rho_s = 3000 \Omega m$ $U_c = 885 V$

Ces valeurs seront comparées aux valeurs prévues en cas de défaut. (Une fois encore la valeur calculée néglige R contact et R chaussures)

Compte tenu de la réalisation, des mesures de tension de pas et de contact ont été effectuées à Makola (Fig. 9) en injectant un courant connu dans la prise de terre (via un groupe électrogène de 5 kVA). L'extrapolation au courant de défaut à Makola a été ensuite effectuée et les valeurs restaient inférieures aux valeurs citées plus haut comme on peut le voir ci-dessous.

La tension de pas la plus élevée a été observée près de la plate-forme en béton et évaluée à 2600 V pour un courant de court-circuit de 360 A (cette valeur très faible du courant de court-circuit a été évaluée sur base du réseau existant et est liée à l'éloignement considérable des groupes de production)

La tension de toucher maximale (300 V) dans les mêmes conditions a été observée le long de la barrière métallique encadrant le transformateur (première enceinte), le deuxième enceinte étant placée à environ 6 mètres de celle-ci, le danger est inexistant pour la population.

La première enceinte ne peut être approchée que par le personnel qualifié. Ce personnel appartenant à la compagnie d'électricité ne peut évidemment se rendre près de cette enceinte par temps d'orage.

La travée de Makola (Fig. 10) comporte:

- un sectionneur HT pour découplage éventuel de la HT;
- un parafoudre;
- le PLX 245;
- une armoire de distribution BT avec mesures, contrôles et protections;
- un départ du réseau basse tension étendu dans le village de Makola.



Fig. 9: Mesure de la tension de pas sur le site de Makola



Fig. 10: La travée de Makola



Fig. 11: Le réseau BT lors des travaux



mise à des contraintes atypiques de par son environnement luxuriant et météorologique.

Les dangers d'un retour par la terre

Les craintes que pourraient amener une exploitation avec retour par la terre sont ramenées quasi à néant avec nos choix.

Si nous avons une résistance de terre importante (35 ohms), nous avons également des tensions admissibles élevées et par ailleurs des courants de court-circuit très faibles (environ 300 A au niveau de Makola).

Le courant de charge HT est inférieur à 0.5 Ampère en régime nominal.

Reliant notre terre HT au pylône, nous profitons également du câble de garde et donc de la mise en parallèle des impédances de mise à la terre des pylônes. En cas de défaut phase-terre sur la ligne, une partie du courant viendra dans notre installation mais seulement une petite partie vu la valeur de l'impédance.

En cas de foudroiement, la montée en tension fera amorcer le parafoudre entre terres HT et BT ramenant l'impédance de terre à une valeur plus intéressante compte tenu des 200 mètres enterrés.

En quatre années d'exploitation et notamment de nombreux orages tropicaux, nous n'avons eu aucun problème sur site.

Par ailleurs pour des charges plus importantes (hôpitaux par ex) nous envisageons des installations triphasées avec trois PLX et donc la possibilité de reconstituer une installation triphasée sans retour par la terre.

Conclusions

Sans doute pour la première fois au monde, une réalisation originale de soutirage d'énergie a été réalisée au Congo Brazzaville avec un appareil basé sur la technologie des transformateurs de mesure isolé au SF6. Un appareil dont la fiabilité n'est plus à démontrer.

Une vue du réseau basse tension à Makola

Le réseau BT (Fig. 11) fut réalisé très rapidement (deux jours) avec poteaux en bois et torsade aérienne de 4×70 mm² d'aluminium + porteur. Une liaison à notre conducteur enterré est effectuée tous les trois pylônes.

Les habitations étaient raccordées via un disjoncteur installé sur l'habitation et équipées de deux lampes et d'une prise de courant.

Impact sur la fiabilité de la ligne à haute tension

A juste titre la compagnie gérant la ligne de transport à haute tension s'est inquiétée de la perte de fiabilité de ses installations en présence du système proposé, particulièrement en cas de multiplication de celui-ci.

Pour parer à ces réactions bien naturelles, notre argument principal se base sur l'utilisation d'un matériel très fiable. Notre transfo est en fait un appareil d'un niveau de tension supérieure (par ex 400 kV pour une ligne 220 kV) construit avec la fiabilité d'un transformateur de mesure (et notamment testé au niveau décharge partielle en sécurité importante). Le choix du parafoudre est «approprié». L'utilisation d'une technique inductive et non capacitive nous prémunit contre les risques de ferrorésonance par ailleurs. L'isolation gazeuse SF6 est également très fiable.

D'un autre côté, il faut se placer dans la problématique subsaharienne et mettre dans la balance les avantages pour la population locale de la solution proposée.

Jamais depuis 4 ans notre installation n'a amené le moindre risque pour la ligne HT, ligne qui par ailleurs est sou-

Cette installation est en service depuis bientôt quatre années et la charge a atteint sa valeur nominale en janvier 2006.

Nul doute que ce type d'installation est bien adapté au climat subsaharien et aux difficultés inhérentes liées à la fourniture d'énergie en zone isolée mais située à proximité d'une ligne à très haute tension.

L'apport d'énergie électrique au niveau de villages isolés en brousse apporte une solution à l'exode rural, permet de générer des activités artisanales et améliore sensiblement le confort des citoyens par l'apport d'éclairage, du froid bien nécessaire à la conservation des aliments, l'alimentation de petit moteur (pompe, artisanat, etc...), etc..

Les auteurs espèrent bien qu'à terme ce type de solution pourrait se multiplier en Afrique subsaharienne qui possède de nombreux sites potentiels.

Références

- [1] P. G. Laurent, 1972: Guide sur le calcul, l'exécution et la mesure des prises de terre; R.G.E, Tome 81, N°7, 8 et 9, pp 455-494 et pp 563-571

- [2] C. F. Dalziel: Electric Shock Hazard, IEEE Spectrum, PP.41-50, February 1972

Remerciements

Ce projet, subsidié par la coopération au développement belge a été réalisé en collaboration avec la firme Alstom-Balteau (Beyne-Heusay, Belgique) aujourd'hui liquidée. Les auteurs tiennent à remercier très chaleureusement les participants d'Alstom à ce beau projet, MM Pierre-André Monfils (directeur R&D), Luc Brokamp et Christian Pans. Les auteurs du rapport tentent actuellement, avec d'anciens membres d'Alstom-Balteau de générer une activité industrielle relative à la commercialisation du transformateur dont il est question dans ce rapport.

Les auteurs



Pr. Dr. Ir. J. L. Lilien received his degree in Electrical and Mechanical Engineering from the University of Liège (Belgium) in 1976 and his Ph.D. from the same University in 1984. He

is presently a professor at the University of Liège, Dept. of Electricity, Electronics and Computer sciences. He is the head of the unit: Transmission and Distribution of Electrical Energy. He is IEEE and CIGRE member, as chairman or member of several task forces. He has published over 100 technical papers. He may be contacted at the following address: Pr. J.L. Lilien, University of Liège, Montefiore Institute, Sart Tilman B28, 4000 Liège, Belgium, Tel. +32-43662633 ; Fax: +32-43662998, e-mail: lilien@montefiore.ulg.ac.be, url: www.montefiore.ulg.ac.be/services/tde



Dr. Ir. A. Omboua received his degree in Electrical Engineering from the University of Tunis (Tunisia) in 1986 and his Ph.D. from the University of Liège (Belgium) in 2002. He received a post-gradual diploma in Ouagadougou in rural development energies. He is presently lecturer at the University of Brazzaville (ENSP), Dept. of electricity. He is expert of rural electrification (decentralized) using photovoltaic systems. He is also very active in non governmental organization (Ascones) which is focused on energy delivery in remote area. He may be contacted at the following address: Dr A. Omboua, BP 2871 Brazzaville E-mail: ombouaweb@yahoo.fr, tél: +242 6620967.

Au cours de l'Assemblée Générale qui s'est tenue le 21 mars 2006, les prix de la SRBE ont été attribués.

Le jury chargé de l'attribution du prix SRBE "Recherche et Développement" 2005 s'est réuni le 15 mars 2006.

Le jury a décidé d'octroyer le prix au travail suivant:

"Studie, optimalisatie, ontwerp en bouw van een elektrostatische spanningsmeter", par Peter Tant, Katholieke Universiteit Leuven

Le prix « Technologie » 2005, a été attribué au travail:

«Dimensionnement d'un câble souterrain haute tension isolé au PVC/PE/XLPE; élaboration d'un modèle de calcul, étude du câble dans son environnement» par Alexandre Bruneau, Institut Supérieur Industriel de Bruxelles.



Tijdens de Algemene Vergadering die plaats vond op 21 maart, werden de KBVE-prijzen toegekend.

De jury belast met de toekenning van de KBVE prijs "Onderzoek en ontwikkeling" 2005 is bijeengekomen op 15 maart 2006.

De jury heeft beslist om de prijs toe te kennen aan het volgende werk:

"Studie, optimalisatie, ontwerp en bouw van een elektro-statische spanningsmeter", door Peter Tant, Katholieke Universiteit Leuven

Voor de prijs Technologie, heeft de jury beslist de prijs toe te kennen aan het volgende werk:

«Dimensionnement d'un câble souterrain haute tension isolé au PVC/PE/XLPE; élaboration d'un modèle de calcul, étude du câble dans son environnement» door Alexandre Bruneau, Institut Supérieur Industriel de Bruxelles.