



**ETUDE ET DEPLOIEMENT DE LA TECHNOLOGIE CPL OUTDOOR
CHEZ UN FOURNISSEUR D'ACCES INTERNET : CAS DE
POWERLINE COMMUNICATIONS CÔTE D'IVOIRE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER D'INGENIERIE
OPTION : Génie Electrique**

Présenté et soutenu publiquement le 23 /10 par

Bi Zapo Martial BENOUE

Travaux dirigés par : Dr Sayon SIDIBE

Enseignant-Chercheur, 2iE-LBEB

Et

Daniel KOUAKOU

Ingénieur réseau télécom

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM
 Prénom NOM
 Prénom NOM

Promotion [2013/2014]

à ma maman

à mon papa

à ma fille

à ma chérie

à mes amis de la villa F5

REMERCIEMENT

Ce travail a été effectué au sein de Powerline communications Côte d'Ivoire fournisseur d'accès internet. Je remercie donc Messieurs BILEY Joseph et AKUE Bernard respectivement PDG et DG de Powerline communications pour leurs confiances placées en notre personne en nous confiant cette étude aussi pour nous avoir octroyé le temps et les ressources humaines et matérielles nécessaires durant tout le déroulement de ce travail .

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur Sayon SIDIBE, mon encadreur, pour sa disponibilité, ses conseils et son encouragement tout au long ce mémoire, son soutien a été essentiel pour mener à terme ce travail.

Je remercie également Monsieur KOUAKOU Kan Daniel, mon maitre de stage, pour avoir guidé mes travaux et ses conseils et orientations sur la technologie CPL, c'est une chance de travailler à côté de quelqu'un qui a une vaste expérience professionnelle.

J'adresse mes remerciements à toute l'équipe de Powerline communications, Messieurs ACHI et MIAN pour m'avoir fait partager leurs connaissances pour la configuration des radios Nanostation et Nanobridge.

Au sein du 2iE je voudrais remercier messieurs et mesdames les membres du jury pour avoir pris de leurs précieux temps à la lecture de mon rapport et à leurs contributions de l'améliorer. Le corps professoral et administratif pour cette formation de qualité qu'ils nous ont dispensé et qui fait de nous des ingénieurs au service du développement de l'Afrique, à la communauté ivoirienne pour leur solidarité envers les uns envers les autres.

Enfin à tous mes collègues ingénieurs de la promotion Master Energie 2012-2014 pour ces échanges fructueux que nous avons eu pendant la durée de notre formation, les moments passés à votre côté reste graver à jamais dans ma mémoire et vous resterez pour moi des collaborateurs inoubliables.

RESUME

Le présent document traite de l'étude et le déploiement de la technologie CPL (Courant Porteur en Ligne) Outdoor chez un fournisseur d'accès internet : cas de Powerline communications.

Il s'agit principalement d'utiliser les lignes du réseau électrique afin de pouvoir desservir la population en connexion internet via leur prise électrique situé dans leur bâtiment.

L'étude a consisté à analyser la technologie CPL déjà utilisée par Powerline communications qui est celle du Indoor trouvé très peu efficient et coûteux lorsque la clientèle devient importante. La proposition de l'Outdoor qui peut s'étendre sur tout le réseau électrique s'impose comme solution innovante. Mais le réseau électrique Ivoirien possède des caractéristiques qui contraignent à faire l'injection du signal CPL sur le réseau électrique BTA juste à la sortie du transformateur HTA/BTA après le disjonction général de distribution Basse Tension (BT).

L'étude de la propagation du signal haute fréquence sur les câbles BTA a montré un affaiblissement sur 300 mètres d'où la nécessité de l'utilisation de répéteurs pour reamplifier le signal. La même étude a conduit aux normes qui régissent le CPL, les bandes de fréquences utilisées ainsi que les standards, seuls les équipements d'un même standard sont compatibles. Le Calcul du débit utile réel montre que le débit marqué par le constructeur sur un équipement n'est pas le débit maximum qu'il peut transmettre mais un peu moins. Il est important de tenir compte de cette réalité dans le déploiement.

L'exemple traité dans le déploiement est celui d'un réseau de desserte. Dans cette partie, est donnés les équipements nécessaires, les méthodes et procédures d'installations ainsi que les habilitations nécessaires que doivent avoir les équipes d'interventions.

Le déploiement doit se faire avec l'accord des autorités administratives et techniques en charge du réseau électrique cité.

ABSTRACT

This document treats study and the deployment of technology PLC (Powerline communications) Outdoor in a supplier of access internet: case of Powerline communications.

It is mainly a question of using grid in order to be able to serve the population of connection internet via their socket located in their building.

The study consisted in analyzing the technology PLC already used by Powerline communications which is Indoor found inefficient and expensive when the customers become significant. The proposal of Outdoor which can extend on the entire grid imposes as innovating solution. But the grid of Côte d'Ivoire has characteristics which force to make the injection of signal CPL on grid BTA right on the outlet side of transformer HTA/BTA after disjunction General of distribution Low tension.

The study of the propagation of the signal high frequency on cables BTA showed a weakening on 300 meter from where need for the use of repeaters for reamplify the signal. The same study led to the standards which govern the CPL, the frequency bands used as well as the standards, only the equipment of the same standard are compatible. The Calculation of the real productive flow shows that the flow marked by the manufacturer on equipment is not the maximum capacity which it can transmit but a little less. It is significant to take account of this reality in the deployment.

The example treated in the deployment is that of a network of service road. In this part, is given the equipment necessary, the methods and procedures of installations as well as enabling necessary that must have the operating teams.

The deployment must be done with the agreement of the administrative authorities and techniques in load of the quoted grid.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES EQUATIONS	ix
INTRODUCTION GENERALE	1
Contexte général et motivation	1
Objectif de l'étude	1
Organisation du document	2
CHAPITRE I	3
ETUDE PREALABLE	3
I- PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : POWERLINE COMMUNICATIONSS	4
1- Présentation générale	4
2- Organisation de Powerline communications	4
II- PRESENTATION DE L'EXISTANT	5
1- Présentation de la technologie	5
a- Introduction	5
b- Historique	5
c- Principe de la technologie	6
2- La technologie CPL et le réseau électrique	7
a- Le réseau électrique	7
3- L'architecture CPL utilisée par Powerline communications	8
a- INDOOR : Accès intérieur	8
b- Les Modems CPL indoor	8
4- Méthodes de couplages au réseau électrique	9
a- Couplage capacitif	9
b- Couplage inductif	10
5- Limite de l'existant	11
a- Le caractère individuel du CPL Indoor	11
b- Inconvénient pour Powerline communications	12

Etude et déploiement de la technologie CPL Outdoor chez un fournisseur d'accès internet : cas de Powerline communications Côte d'Ivoire	
6- CHOIX DE LA SOLUTION.....	12
a- CPL Outdoor : Accès extérieur.....	12
Conclusion.....	14
CHAPITRE II.....	15
ETUDE DE LA TECHNOLOGIE CPL OUTDOOR	15
INTRODUCTION	16
I- DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS CPL OUTDOOR.....	16
1- Architecture CPL outdoor	16
2- Les équipements	16
II- LE RESEAU ELECTRIQUE.....	17
1- Description.....	17
2- Ecoulement du signal CPL sur les lignes électriques.....	18
a- Le réseau de transport HTB (225kV - 90kV).....	18
b- Le réseau de distribution HTA	19
c- Le réseau de distribution BTA.....	22
III- PROPRIETE DU SUPPORT DE TRANSMISSION	23
1- Caractéristiques des Câbles.....	23
2- Modélisation de la ligne.....	24
a- L'équation analytique exacte des lignes et des câbles électriques.....	24
b- Modélisation du câble basse tension support de transmission.....	25
c- Evaluation de l'affaiblissement.....	27
IV- NORMALISATION DES EQUIPEMENTS.....	28
1- Les standards CPL	28
2- Bande de fréquence et interférence.....	28
3- Compatibilité électromagnétique (CEM).....	30
a- Perturbations électromagnétique sur le réseau.....	30
b- Normes CEM relative aux équipements	31
4- Le débit transmissible.....	32
a- Variation du débit.....	32
CONCLUSION	33
CHAPITRE 3.....	34
MISE EN OEUVRE DE LA TECHNOLOGIE CPL OUTDOOR	34
INTRODUCTION	35
I- OFFRES TECHNIQUES	35

Etude et déploiement de la technologie CPL Outdoor chez un fournisseur d'accès internet : cas de Powerline communications Côte d'Ivoire	
1-	Réseau de desserte..... 35
a-	Choix des équipements CPL..... 36
b-	Le mode de connexion internet..... 37
c-	Choix des équipements électriques..... 38
2-	Installation du matériel 40
a-	Equipe d'installation 40
b-	Procédure d'installation..... 40
II-	OFFRE FINANCIERE 42
III-	PROCEDURE ADMINISTRATIVE 43
1-	ANARE..... 43
2-	CIE 43
	CONCLUSION 44
	CONCLUSION GENERALE 45
	Comparaison CPL et ADSL 46
	Bibliographie 47
	ANNEXES 48
	Annexe 1 : lettre d'acceptation de la CIE pour des tests 48
	Annexe 2 : Organigramme de Powerline communicationss 50
	Annexe 3 : Liste des équipementiers CPL Homeplug 51
	Annexe 4 : Schéma Unifilaire du déploiement 52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Classification des réseaux électriques.....	8
Tableau 2 - Équipements électriques perturbant un réseau CPL	31
Tableau 3 - Débits nécessaires pour les applications typiques d'Internet.....	32
Tableau 4- Listes des équipements CPL	37
Tableau 5- Liste des équipements pour la connexion internet	38
Tableau 6- Liste du matériel électrique	39
Tableau 7- Paramètres à configurer pour chaque type d'équipement CPL	41
Tableau 8- Devis Quantitatif et Estimatif	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1- Principe de la transmission par courant porteur	7
Figure 2 - Modèle CPL Indoor	9
Figure 3 - Principe du couplage capacitif.....	10
Figure 4 - Injection du signal CPL par couplage inductif avec une bobine sur un réseau monophasé.....	11
Figure 5 - Connexion Internet par l'intermédiaire d'un modem-routeur CPL Indoor	12
Figure 6 - Architecture CPL Outdoor	13
Figure 7 - Architecture des sous-réseaux électriques Ivoirien.....	18
Figure 8- Pylône HTB avec câble de garde	19
Figure 9- interrupteur aérien à commande manuelle	20
Figure 10- Structure arborescente du réseau HTA	20
Figure 11-Surpassement d'un transformateur	21
Figure 12-Injection du Signal CPL sur réseau BTA.....	22
Figure 13- Modèle équivalent de la ligne.....	24
Figure 14- Modélisation des câbles basse tension.....	25
Figure 15-Atténuation d'un signal.....	27

Figure 16-Bandes de fréquences utilisées par les réseaux CPL	29
Figure 17-Architecture d'un réseau CPL de desserte.....	36
Figure 18- Interconnexion du poste de transformation au réseau internet.....	38
Figure 19- schéma électrique d'alimentation des équipements CPL.....	39

LISTE DES EQUATIONS

Équation 1 - Equation des télégraphistes	24
Équation 2 - Coefficient de propagation	25
Équation 3- résistance linéique en Haute Fréquence.....	26
Équation 4- Inductance linéique en Haute Fréquence.....	26
Équation 5- Impédance en haut fréquence	26
Équation 6- Equation du gain en fonction de l'atténuation	27

LISTE DES ABREVIATIONS

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

ANARE : Autorité Nationale de Régulation du secteur de l'Electricité

BF : Basse Fréquence

BTA : Basse Tension comprise entre 50 et 500 V

CEM : Compatibilité électromagnétique

CENELEC : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CIE : Compagnie Ivoirienne d'électricité

CPL : Courant Porteur en Ligne

HF : Haute Fréquence

HTA : Haute Tension comprise entre 1 et 50 kV

HTB : Haute Tension supérieur à 50 kV

IP : Internet Protocol

NOC : Network Operation Center

POP : Point Of Presence

Etude et déploiement de la technologie CPL Outdoor chez un fournisseur d'accès internet : cas de Powerline communications Côte d'Ivoire

INTRODUCTION GENERALE

Contexte général et motivation

Le taux de couverture internet en Afrique subsaharienne en général et en Côte d'Ivoire en particulier est relativement faible. Des efforts sont entrepris en vue d'améliorer l'accès à internet de la population, lequel reste un outil incontournable pour le développement d'un pays.

Aussi l'accès à l'électricité est un souci majeur dont les gouvernants en font un cheval de bataille. D'énormes chantiers de constructions du réseau électrique en sont en cours en Côte d'Ivoire ; il serait donc judicieux de faire d'une pierre deux coups en couplant le signal d'accès internet au signal électrique à tel enseigne qu'une population bénéficiant de l'électricité puisse en même temps avoir accès à internet via sa prise électrique.

Cette possibilité est offerte par la technologie CPL (Courant porteur en ligne) qui utilise le réseau électrique pour transmettre les signaux haute fréquence à haut débit.

L'entreprise Powerline communications Côte d'Ivoire qui est un fournisseur d'accès internet dans ce pays utilise cette technologie dont elle a l'expertise.

Dans le but d'étendre ses activités, elle nous a offert un stage, nous ingénieur électricien, à fin de nous initier à cette technologie située au cœur de notre métier, à la frontière entre l'électricité et les télécommunications.

Pour la présentation de notre mémoire de Master Génie Electrique, l'étude qui nous a été confiée s'intitule : « Etude et déploiement de la technologie CPL (courant porteur en ligne) Outdoor chez un fournisseur d'accès internet »

Objectif de l'étude

Cette étude a pour objectifs principaux les éléments suivants :

- Utiliser le réseau électrique HTA/BTA pour la fourniture d'internet

Il s'agira à partir d'un poste de distribution, installer le matériel CPL nécessaire pour que toute la zone desservie par le transformateur ait accès à internet sur leurs prises électriques

- Evaluer le débit transmissible

Les caractéristiques du support de transmission pourraient affaiblir le signal internet, cette évaluation permettra de prévoir des équipements d'amplification du signal afin de garantir un bon débit aux utilisateurs.

- Etablir les risques liés à sa mise en œuvre

Dans cette partie nous éluciderons les différentes nuisances du CPL outdoor ainsi que les dangers électriques durant la mise en œuvre et le fonctionnement.

- Evaluer l'enjeu économique du déploiement à l'exploitation

La mise en œuvre d'une telle technologie doit être rentable pour qu'elle soit exécutée à grande échelle, nous allons nous pencher sur l'aspect financier d'une telle solution.

- Analyser et faire des recommandations sur la réglementation en vigueur.

Le CPL Outdoor pour la transmission des signaux à haut débit n'étant pas encore exploiter en Côte d'Ivoire, il faudra prendre connaissance des lois qui régissent les corps de métiers (Electricité et fourniture d'internet) afin que son installation soit légale.

Organisation du document

Le présent document se décompose en trois grands chapitres retraçant de façon logique et chronologique les travaux menés pendant ce stage.

La première partie est consacrée à une étude préalable dans laquelle nous faisons l'état des lieux, analysons le mode de fonctionnement de la technologie CPL exploité actuellement par Powerline communications en vue de proposer le CPL Outdoor comme solution innovante.

La seconde partie du document, nous aborderons l'étude de la technologie CPL Outdoor, avec l'étude du réseau électrique qui est le support de transmission, l'analyse des signaux haute fréquence (HF) dans les lignes électriques ainsi que le matériel de déploiement.

La troisième partie de l'étude porte sur la mise en œuvre de la technologie, avec une procédure d'installation, les aspects financiers, administratifs et juridiques.

CHAPITRE I

ETUDE PREALABLE

I- PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : POWERLINE COMMUNICATIONS

1- Présentation générale

Powerline communications Côte d'Ivoire est situé à Abidjan dans la commune de Cocody dans le quartier des deux plateaux. Elle est une société anonyme créée en 2002 et se destine à être l'un des leaders des communications IP en Côte d'Ivoire.

Déjà présente en Côte d'Ivoire et au Mali, elle ambitionne s'implanter dans plusieurs pays de la sous-région.

Lors de l'Africa Telecom People (ATP) en 2007, Powerline communication SA été reconnu meilleur fournisseur d'accès internet (FAI) en Afrique de L'ouest.

Powerline communications est le leader de la technologie CPL (Courant Porteur en Ligne), solution d'accès internet haut débit sur le réseau électrique. Cette technologie offre de bons débits et assure efficacement le partage de connexion à l'échelle d'une maison, d'une résidence, ou d'un immeuble.

2- Organisation de Powerline communications

Powerline communications est dirigée par monsieur Joseph Désiré BILEY et comprend les services suivants :

- Un service de comptabilité
- Un service commercial
- Un département technique

Le département technique est chargé de la réalisation des travaux d'interconnexion, de la recherche de nouvelle solution, de la mise en place de gestion de la plateforme de Powerline communications. Ce département est composé de trois divisions :

- La division administration et sécurité réseau
- La division infrastructure et projets
- La division étude et veille technologique

La division étude et veille technologique se consacre essentiellement au développement des technologies avec tout ce que ce comporte les découvertes scientifiques (recherche

fondamentale, recherche appliquée), d'innovation de produits et services, d'apparition de nouveaux concepts technologiques. C'est dans cette division que nous avons été confiés pour la réalisation de notre projet de fin d'étude.

II- PRESENTATION DE L'EXISTANT

1- Présentation de la technologie

a- Introduction

Les CPL constituent une technique qui utilise le réseau d'énergie électrique pour transmettre tous les services de télécommunication. Le CPL permet de faire passer de l'information numérique (Voix, Donnée, Image) sur le réseau électrique par différentes techniques, sans aucune perturbation électrique. Il devient ainsi possible de réaliser simplement un réseau haut débit dans un local commercial, un bureau, un immeuble, un appartement, en utilisant le support du réseau de distribution d'énergie électrique. Elle consiste à superposer au signal électrique de fréquence 50Hz en Côte d'Ivoire, un autre signal de faible tension à plus haute fréquence sur une bande de 9kHz à 30MHz. Ainsi la technologie CPL à Haut Débit permet aujourd'hui de partager un accès Internet grâce aux prises électriques.

b- Historique

La technique des CPL n'est pas récente dans son principe. Dès 1838, en Angleterre, Edward Davy a proposé une solution permettant de mesurer à distance les niveaux de batterie des sites éloignés du système télégraphique entre Londres et Liverpool. En 1897, il présentait le premier brevet (British Patent N° 24833) d'une technique de mesure à distance des compteurs du réseau électrique communiquant sur les câbles électriques.

Appelés Ripple Control, les premiers systèmes CPL ont été élaborés puis déployés sur les réseaux électriques moyenne tension et basse tension en 1950. La fréquence porteuse était alors comprise entre 100 Hz et 1 kHz. Il s'agissait d'établir des communications monodirectionnelles via des signaux de commande pour l'allumage et l'extinction à distance des éclairages publics ou encore pour des changements tarifaires.

Ensuite apparurent les premiers systèmes CPL de la bande dite CENELEC, s'étendant de 3 à 148,5 kHz et permettant des communications bidirectionnelles sur le réseau électrique BT

(basse tension) afin, par exemple, de pratiquer des relevés de compteurs (télérèlevé), ainsi que bon nombre d'applications relevant du domaine de la domotique (alarme d'intrusion, détection d'incendie, détection fuite de gaz, etc.). Les puissances injectées étaient beaucoup moins importantes que les précédentes, puisque réduites à des niveaux de l'ordre d'une centaine de milliwatts.

L'expression « courants porteurs en ligne », communément abrégée CPL, est apparue à la fin de la Seconde Guerre mondiale, en 1945. À l'époque, beaucoup de lignes téléphoniques et électriques étaient détruites, mais il restait davantage de lignes électriques d'infrastructure que de lignes téléphoniques. Pour des besoins de communication, des systèmes ont été conçus afin de transmettre des données sur les câbles haute tension ou moyenne tension, en s'inspirant des télérèlevés déjà effectués sur les lignes électriques.

c- Principe de la technologie

Le principe de la transmission par courants porteurs est de superposer au signal d'alimentation électrique 50Hz ou 60Hz des signaux hautes fréquences (HF) de faible puissance. La figure 1 illustre le principe de la transmission CPL. Ces signaux peuvent être injectés sur les réseaux de moyenne tension MT ou sur les réseaux de basse tension BT. La technologie CPL trouve deux principales applications : le CPL « Outdoor », utilisation de CPL à l'extérieur du réseau domestique et le CPL « Indoor », utilisation à l'intérieur de l'habitat domestique. L'injection des signaux HF sur le réseau électrique est réalisée à l'aide des coupleurs de type inductif ou capacitif. Ces dispositifs assurent le filtrage de signal basse fréquence (BF 50 Hz ou 60 Hz) et l'isolation galvanique entre les équipements de communication et les lignes de puissance.

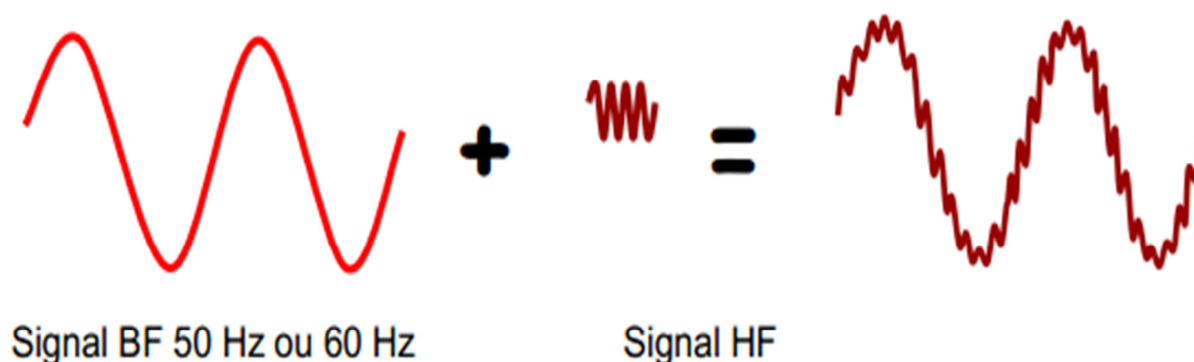


Figure 1- Principe de la transmission par courant porteur

2- La technologie CPL et le réseau électrique

Dans cette partie, nous présenterons la structure du réseau électrique en Côte d'Ivoire, l'architecture CPL utilisée par Powerline communications, les coupleurs utilisés pour injecter le signal CPL sur le réseau électrique.

a- Le réseau électrique

Le réseau électrique est divisé en plusieurs catégories selon le niveau de la tension transmise, comme indiqué dans le Tableau 1. Les réseaux haute tension (HTB) permettent le transport et l'interconnexion de l'énergie électrique partant directement des différents points de production (centrales thermiques et hydrauliques) vers les points de répartition telles que les zones urbaines ou les industries. Les réseaux électriques moyenne tension (HTA) sont connectés au réseau HTB à l'aide des transformateurs HTB/HTA afin d'amener l'énergie électrique à proximité des consommateurs (dans les zones urbaines et rurales). Les réseaux électriques basse tension BTA sont connectés au réseau HTA à l'aide des transformateurs HTA/BTA. Ces réseaux permettent la distribution de l'énergie électrique directement aux clients. Ils sont caractérisés par des nombreuses dérivations. Du point de vue CPL, le réseau électrique est décomposé en deux parties. La première partie, nommée « Outdoor » est localisée entre le point de concentration et les compteurs électriques, la deuxième appelée « Indoor » correspondant au réseau électrique domestique. L'interface entre les deux réseaux « Outdoor » et « Indoor » est réalisée par le compteur électrique.

Tableau 1 - Classification des réseaux électriques

Type de réseau électrique	Niveau de tension en Côte d'Ivoire
HTB - Haute Tension (HT)	90kV - 225kV - 330kV
HTA – Moyenne Tension (MT)	33kV – 15kV
BTA (Basse Tension)	220V – 380V

3- L'architecture CPL utilisée par Powerline communications

Powerline communications déploie la technologie CPL par l'architecture **INDOOR**, elle met en place un réseau local (à l'échelle d'une maison ou d'un immeuble par exemple) en utilisant le réseau électrique domestique basse tension.

a- INDOOR : Accès intérieur

Lorsqu'on parle de CPL indoor, il s'agit de l'intérieur d'un bâtiment, que ce soit une maison, un appartement, une entreprise, c'est une prolongation du réseau local ou/et de l'accès haut débit existant.

Ce type d'architecture couvre la zone privée de la distribution électrique Basse Tension (derrière un compteur monophasé en général, triphasé dans le cas du résidentiel ou industriel par exemple).

b- Les Modems CPL indoor

L'essence de la technologie CPL consistant à utiliser le réseau électrique, les équipements CPL quels qu'ils soient se branchent sur les prises électriques ou injectent directement le signal sur les câbles électriques.

Bien que la technologie CPL ne recoure pas au processus de modulation-démodulation mis en œuvre dans les modems, on parle de modem CPL pour désigner l'équipement sur lequel se branchent les terminaux qui désirent participer au réseau CPL.

Équipement le plus répandu dans les réseaux CPL, le modem CPL est également le plus simple à utiliser, puisqu'il se présente comme un appareil électrique standard, doté d'une prise mâle à brancher sur une prise électrique et d'une interface USB ou Ethernet à connecter au terminal.

Vu de l'extérieur, un modem CPL présente donc les deux interfaces suivantes :

- prise électrique mâle ;
- interface réseau USB ou Ethernet RJ-45.

Le modem présente généralement trois voyants, ou LED, qui indiquent à l'utilisateur la présence du signal 220 V/50 Hz, ainsi que celle du signal CPL sur l'interface électrique et celle du réseau Ethernet sur l'interface RJ-45.

Certains équipements comportent jusqu'à cinq voyants afin d'aider l'utilisateur à diagnostiquer le bon fonctionnement de l'équipement.

Voici quelques exemples de la marque CMM (Courant Multi Media)



Figure 2 - Modèle CPL Indoor

4- Méthodes de couplages au réseau électrique

Toute installation de réseau CPL doit être soignée au niveau de l'injection du signal CPL sur le réseau électrique. Pour brancher un équipement CPL sur le réseau électrique il existe deux méthodes différentes, appelées couplages : le couplage capacitif et le couplage inductif.

a- Couplage capacitif

Le couplage capacitif est le plus utilisé en indoor il est natif dans les adaptateurs pour les réseaux monophasés.

Lorsqu'on couple le signal CPL au réseau électrique via une prise électrique, on fait du couplage capacitif : l'équipement est branché en parallèle sur le départ.

Le terme capacitif signifie que le modem CPL branché sur la prise électrique est vu comme une capacité, c'est-à-dire un condensateur.

Le couplage capacitif peut se faire au niveau du tableau électrique pour un réseau triphasé, mais doit être réalisé par un électricien.

La figure 3 illustre le principe de fonctionnement du couplage capacitif.

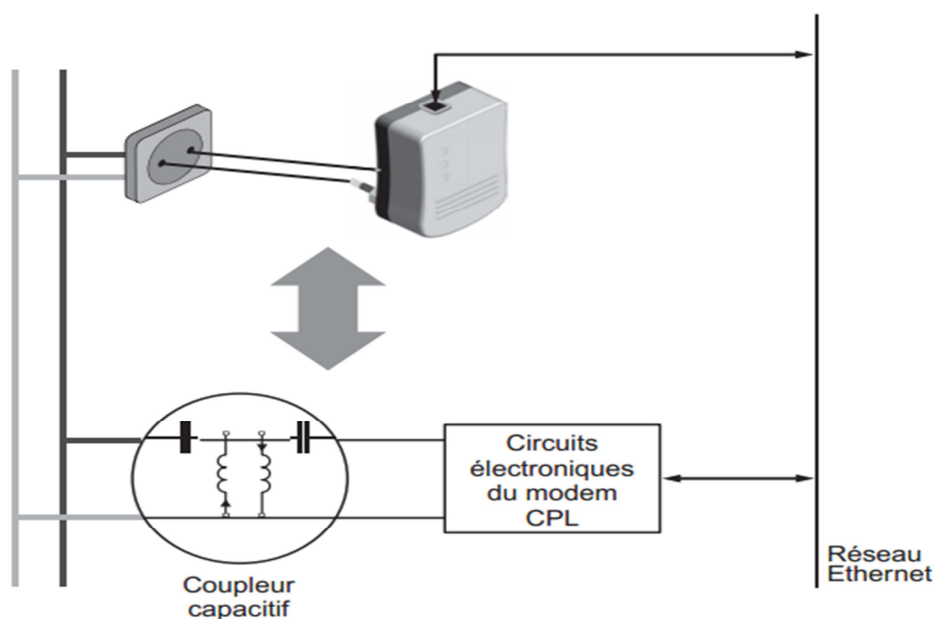


Figure 3 - Principe du couplage capacitif

b- Couplage inductif

Le couplage inductif est beaucoup plus efficace que le couplage capacitif. Il utilise la méthode d'induction électromagnétique entre deux câbles électriques ou entre un câble électrique et une bobine enroulée autour de ce câble.

Dans le domaine des réseaux CPL, les injecteurs sont les équipements qui permettent de brancher un équipement CPL sur le réseau électrique par l'intermédiaire d'un couplage inductif directement autour des câbles électriques, par exemple au niveau du tableau électrique d'un bâtiment.

La figure 4 illustre le principe d'un injecteur de signal CPL composé des deux éléments suivants :

- Une bobine magnétique enroulée autour du câble neutre du réseau électrique. Le câble neutre est le câble le plus intéressant pour l'injection du signal CPL sur un réseau électrique, car il est distribué sur toute l'installation électrique.
- Un modem connecté par un câble (coaxial, par exemple) à la bobine magnétique.

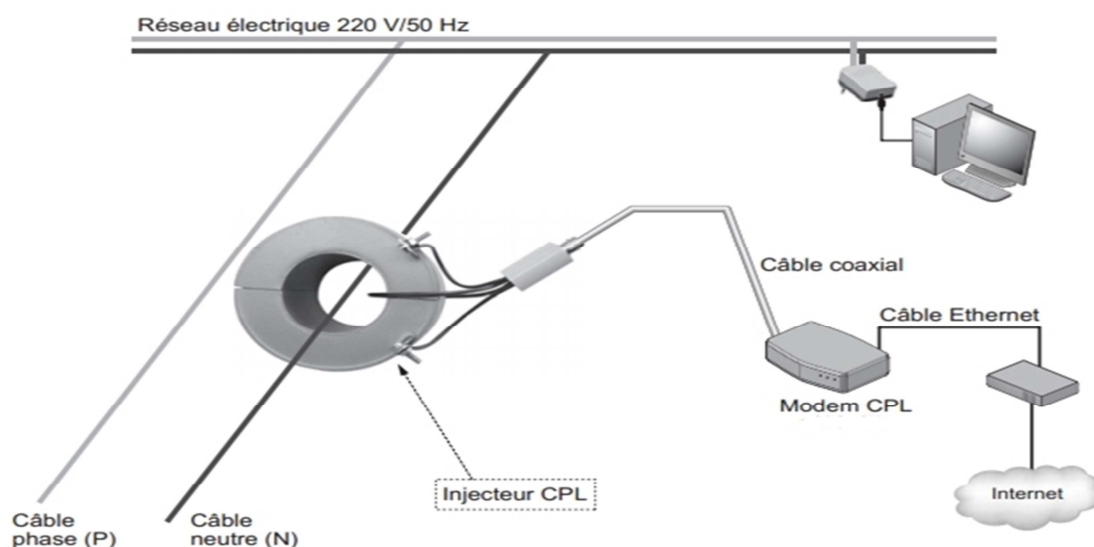


Figure 4 - Injection du signal CPL par couplage inductif avec une bobine sur un réseau monophasé

5- Limite de l'existant

a- Le caractère individuel du CPL Indoor

Le CPL Indoor comme défini plus haut se situe après le compteur électrique dans la partie privée de l'installation. Chaque habitation donc possède son système CPL couvrant uniquement son local. Ceci ne permet pas le partage de la connexion internet avec les habitations environnantes. Ainsi donc chaque bâtiment désireux de la connexion internet via ce système doit faire sa propre installation. La figure 5 présente l'installation du CPL Indoor

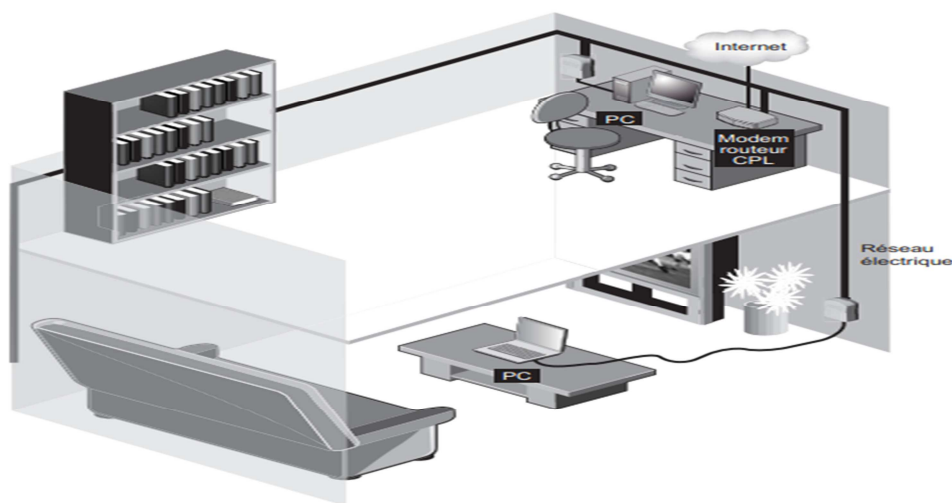


Figure 5 - Connexion Internet par l'intermédiaire d'un modem-routeur CPL Indoor

b- Inconvénient pour Powerline communications

En Indoor chaque installation possède son modem routeur du fait du caractère individuel de la technologie. Cela induit un nombre pléthorique de routeur modem d'où un personnel en nombre important pour la maintenance et le suivi de la bonne qualité du signal de la connexion internet chez les clients et donc un investissement colossal.

Pour rentabiliser les investissements, il serait nécessaire de réduire les temps de maintenances et les équipes d'intervention en regroupant certains clients sur un routeur modem c'est dire quatre, cinq..., dix bâtiments et plus sur un modem routeur.

Pour ce faire, nous opterons pour l'architecture CPL outdoor.

6- CHOIX DE LA SOLUTION

a- CPL Outdoor : Accès extérieur

Lorsqu'on parle d'OUTDOOR pour le CPL, on est dans la logique dit « Accès dernier kilomètre » pour un accès à internet Haut Débit : à partir du transformateur jusqu'au domicile. Il s'agit d'un couplage à réaliser au niveau du transformateur (HTA/BTA) : couplage entre l'accès internet Haut Débit (fibre optique, ligne spécialisée, liaison satellitaire...) et le réseau de distribution basse tension.

Au niveau de chaque poste HTA/BTA, un modem CPL est installé, assure le lien entre le poste HTA/BTA et le compteur électrique de client.

Les modems situés au niveau du poste HTA/BTA seront appelés maître et les modems des utilisateurs appelés esclave.

Cette mise en œuvre doit se faire avec la coopération du distributeur d'électricité (la Compagnie Ivoirienne d'électricité – CIE)

Ainsi toute la zone desservie par le transformateur (habitation ou entreprise) peut bénéficier de la connexion internet distribuée via le réseau électrique.

La figure 6 illustre l'architecture CPL Outdoor

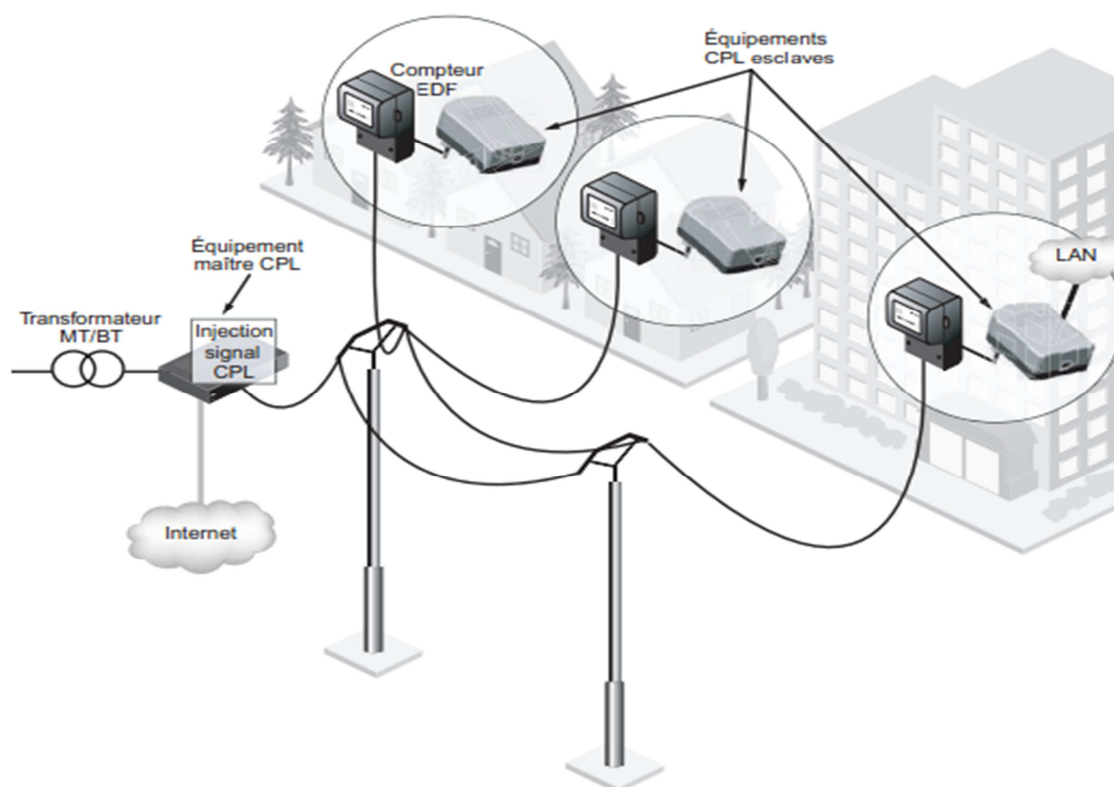


Figure 6 - Architecture CPL Outdoor

Conclusion

La technologie CPL indoor exploitée par Powerline communications présente des avantages pas négligeables. Mais l'entreprise souhaite étendre ses activités d'où cette pratique devient peu intéressante. La proposition du CPL Outdoor qui étend le champ d'action de l'entreprise en lui offrant une part du marché plus importante. Avec le Outdoor, chaque utilisateur n'aura simplement qu'à posséder un terminal qu'il connectera directement à sa prise électrique pour bénéficier de la connexion internet ; plus besoin d'installation supplémentaire dans le réseau électrique de son bâtiment.

Le CPL Outdoor vient étendre les activités d'un fournisseur d'accès internet en fournissant un marché ouvert à forte demande.

Mais comme cette technologie utilise le réseau électrique qui n'a pas pour fonction première la transmission de données informatiques mais plutôt le transport de l'énergie électrique pour les appareils électriques domestiques et industriels. Une étude de l'adéquation des deux signaux sur les câbles électriques s'impose.

CHAPITRE II

ETUDE DE LA TECHNOLOGIE CPL OUTDOOR

INTRODUCTION

Après l'analyse de l'existant, le choix de la technologie CPL Outdoor s'avère intéressante. Certaines conditions doivent être respectées avant le déploiement de cette solution. Dans ce chapitre, il sera question de montrer d'abord l'essentiel du matériel nécessaire pour sa mise en œuvre. Ensuite évaluer la partie du réseau électrique compatible, tout en modélisant ses caractéristiques et finir par les normes qui régissent son installation.

I- DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS CPL OUTDOOR

1- Architecture CPL outdoor

L'architecture à mettre en place permettra d'utiliser la technologie CPL Outdoor comme réseau de dessert afin d'offrir un accès internet.

La topologie du réseau électrique Basse Tension depuis le poste transformation HTA/BTA vers les différents compteurs des bâtiments est en étoile. De plus, le réseau de desserte impose une isolation entre clients du réseau CPL, afin d'empêcher toute interception des communications de données circulant entre un client du réseau CPL et Internet.

Cela implique une architecture CPL de type maître-esclave illustré par la figure 6, dans laquelle le maître du réseau :

- Contrôle, administre et supervise les différents équipements du réseau.
- Assure la sécurité et la confidentialité des connexions vers Internet et entre chacun des clients du réseau CPL.
- Assure la fonctionnalité de passerelle vers les autres réseaux IP, et plus particulièrement vers le point de transit IP disponible (satellite, point de présence IP, fibre optique, WiMax, etc.).

2- Les équipements

Pour que l'utilisateur final ait la connexion internet à partir de sa prise électrique via le CPL Outdoor avec l'architecture maître-esclave, un ensemble d'équipement doit être connecté au réseau électrique pour l'injection du signal. Ce sont :

- ❖ **Modem routeur Internet** : C'est l'appareil principal qui donne l'accès à la connexion internet, étant situé en première ligne dans l'émission du signal.
- ❖ **Passerelle CPL** : La passerelle CPL permet l'injection du signal CPL au nœud de la topologie en étoile du réseau électrique.
- ❖ **Injecteur CPL** : l'injecteur CPL permet de connecter les équipements CPL au réseau électrique.
- ❖ **Répéteur** : Les répéteurs permettent de régénérer le signal de transmission de données lorsque les distances sont trop grandes pour que le signal reçu soit utilisable.

II- LE RESEAU ELECTRIQUE

1- Description

Les réseaux électriques au sens large peuvent être vus comme plusieurs sous-réseaux connectés les uns aux autres, avec différents niveaux de tension, différentes responsabilités, différents gestionnaires et différents niveaux de sécurité. Ces sous-réseaux sont réglementés en Côte d'Ivoire par l'ANARE (Autorité Nationale de Régulation du secteur de l'Electricité), depuis les lignes HT (haute tension), que nous voyons parcourir le pays pour relier les grands sites de production d'électricité aux différentes collectivités locales, jusqu'aux prises électriques dont nous disposons dans les bâtiments (habitations, entreprises, etc.) pour alimenter les appareils électriques que nous utilisons tous les jours.

La figure 7 représente schématiquement ces différents sous-réseaux, avec leurs niveaux de tension respectifs et les types de lignes associés, ainsi que leur raccordement au réseau électrique privé, en aval du compteur électrique, qui permet de relier en électricité un bâtiment au réseau public.

Etude et déploiement de la technologie CPL Outdoor chez un fournisseur d'accès internet : cas de Powerline communications Côte d'Ivoire

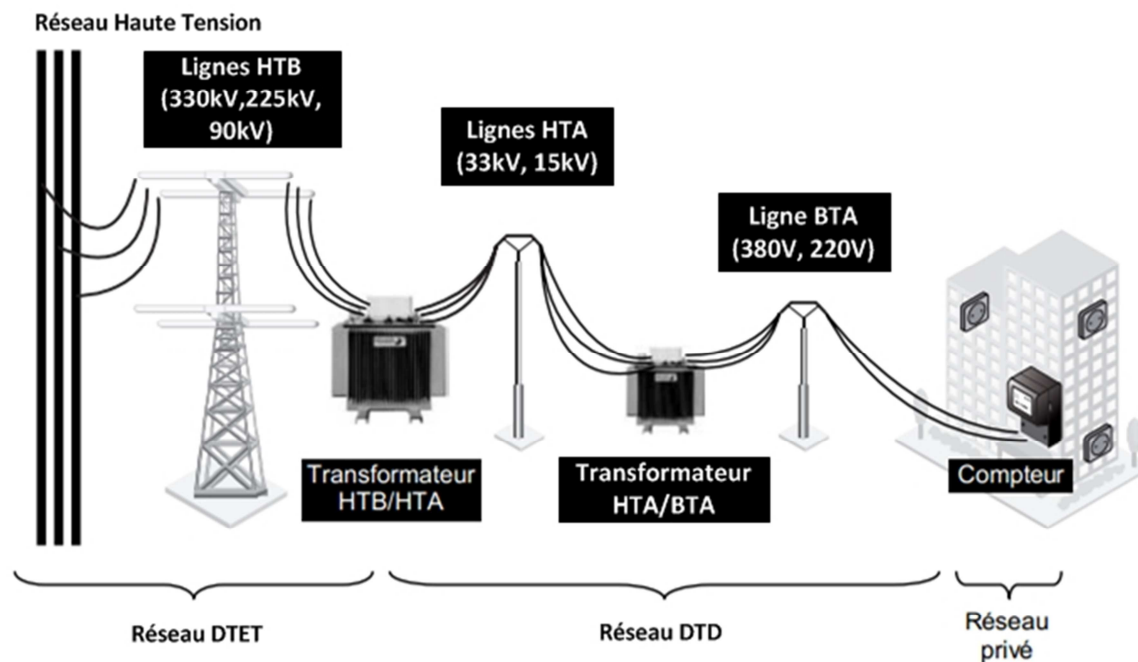


Figure 7 - Architecture des sous-réseaux électriques Ivoirien

- La Direction du Transport de l'Energie et télécommunication (DTET) est en charge du réseau de transport.
- La Direction de la Distribution (DTD) s'occupe du réseau de distribution.

Le réseau électrique en Côte d'Ivoire est la propriété de l'état qui a signé une convention de concession du service public de l'électricité avec la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE). La CIE est la seule société en charge du service du transport, distribution et de commercialisation de l'électricité dans ce pays. La DTET et la DTD sont sous sa responsabilité.

2- Ecoulement du signal CPL sur les lignes électriques

a- Le réseau de transport HTB (225kV - 90kV)

Le réseau HTB permet le transport l'électricité produite des centrales électriques. Ce transport se fait sur des lignes triphasées supportées par des pylônes. Sur ce réseau, en plus des lignes électriques qui écoulent la puissance électrique, une autre ligne appelée câble de garde est aussi portée sur les mêmes pylônes et plus en hauteur que les autres.

Le câble de garde présenté sur la figure 8 comporte de la fibre optique pour la transmission des informations nécessaires pour la protection, la conduite et l'exploitation du réseau.

Vu que la fibre optique est utilisée en télécommunication pour la transmission de données sur ce réseau, ***il n'est donc pas nécessaire d'injecter le signal CPL sur cette partie du réseau.***

Donc pour le déploiement du CPL outdoor, le réseau de transport comme support de transmission ne sera pas envisageable.



Figure 8- Pylône HTB avec câble de garde

b- Le réseau de distribution HTA

Le réseau HTA est connecté au réseau électrique HTB par le biais des postes sources. Il joue le rôle de répartition de l'énergie électrique, il se fait aussi en triphasé sur des lignes aérienne nue et peut aussi dans certains cas alimenter directement certains clients (industriel) par exemple en électricité.

Cette partie du réseau étant très sensible et très exposée aux défauts électriques, bons nombres d'appareils installés pour sa protection et celle des utilisateurs pourraient être une entrave à l'écoulement du signal CPL. Ce sont :

- ❖ **Interrupteur Aérien à Commande Manuelle (IACM)** : permet d'effectuer les manœuvres d'isolement afin d'assurer le sectionnement le bouclage et les recherches

de pannes sur le réseau électrique. C'est un dispositif à coupure visible comme l'indique la figure 9



Figure 9- interrupteur aérien à commande manuelle

La structure arborescente du réseau de distribution HTA comme indiquée par la figure 10 présente beaucoup de point de rupture du signal CPL s'il devait être déployé sur cette partie du réseau. Il suffit d'un défaut électrique pour qu'un appareil de coupure s'ouvre et le signal s'interrompt sur la zone isolée.

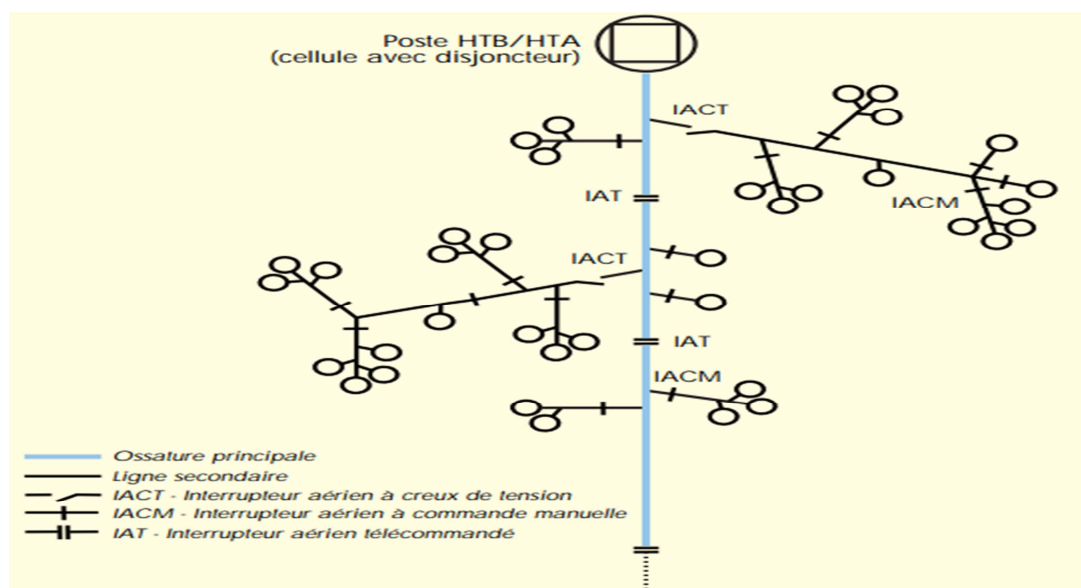


Figure 10- Structure arborescente du réseau HTA

- ❖ **Le transformateur HTA/BTA :** Les transformateurs étant par nature des équipements électriques établissant une isolation galvanique entre deux circuits électriques de tension différente, ils ne permettent pas de véhiculer le signal CPL entre les deux parties du réseau. Il est en ce cas nécessaire d'adjoindre au transformateur un équipement CPL permettant de récupérer le signal CPL d'un côté du transformateur et de le réinjecter de l'autre côté en le réamplifiant afin que le signal parcourt tout le réseau électrique BTA jusqu'au modem CPL de l'utilisateur final.

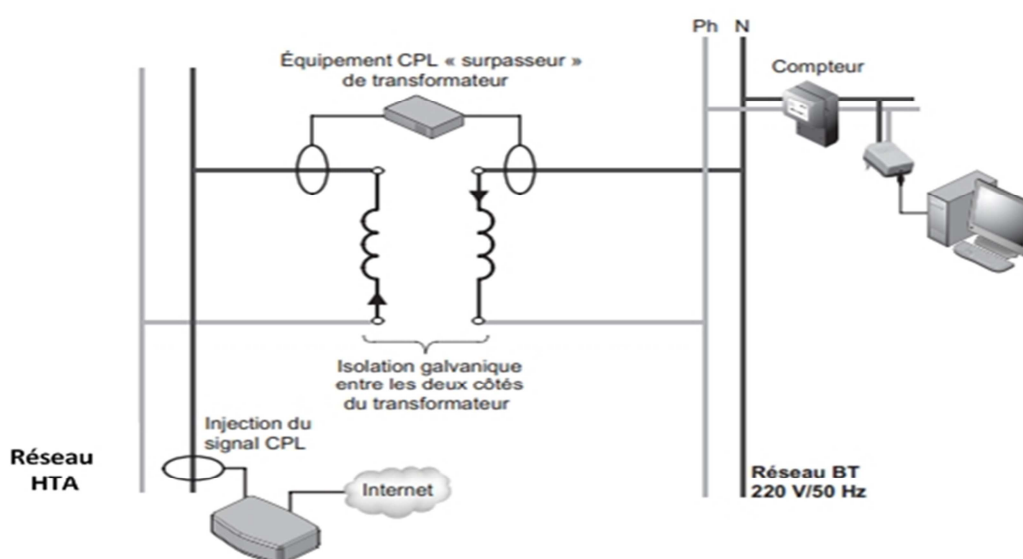


Figure 11-Surpassement d'un transformateur

La figure 11 montre que pour l'écoulement du signal CPL sans rupture sur le réseau HTA, il est nécessaire d'installer des surpasseurs là où certains équipements de protection du réseau électrique dans leur fonction de protection pourraient faire obstacle à sa circulation.

Mais il est bon de rappeler que le réseau électrique n'a pas été conçu pour le signal CPL, ce n'est donc pas au réseau électrique de s'adapter au CPL mais plutôt l'inverse. L'installation de surpasseurs à des points jouant le rôle d'interrupteur gênera beaucoup le fonctionnement du réseau électrique plus qu'on aura un nombre important de surpasseurs à installer. Cette action rendra difficile les opérations de maintenance. Aussi il faut rappeler que la CIE à travers la DTD utilise le CPL à pas débit sur le réseau électrique HTA pour le contrôle de ses équipements.

électriques. Cette liaison à bas débit est fournie par la fibre optique contenue dans le câble de garde depuis les postes sources.

Pour toutes ces raisons, le CPL Outdoor ne sera pas déployer sur le réseau de distribution HTA.

c- Le réseau de distribution BTA

Le réseau BTA Ivoirien se présente en quatre conducteurs (3 phases + neutre) isolée pré assemblé torsadé en Aluminium. Partant de la sortie du transformateur HTA/BTA jusqu'aux compteurs électriques des abonnés, ces câbles maintenus en hauteur sur des supports en béton ou en bois sont acheminés sans dispositif de coupure intermédiaire.

Les dispositifs de protection généralement rencontrés sur le réseau qui pourraient empêcher le passage du signal CPL sont le disjoncteur général BTA situé dans le poste de transformation HTA/BTA certains compteurs électriques des abonnés disposant d'une isolation galvanique.

➤ Le Disjoncteur principal BTA

Le disjoncteur BTA ne sera pas un obstacle au signal CPL car nous allons faire l'injection juste après le disjoncteur comme présenter sur la figure 12

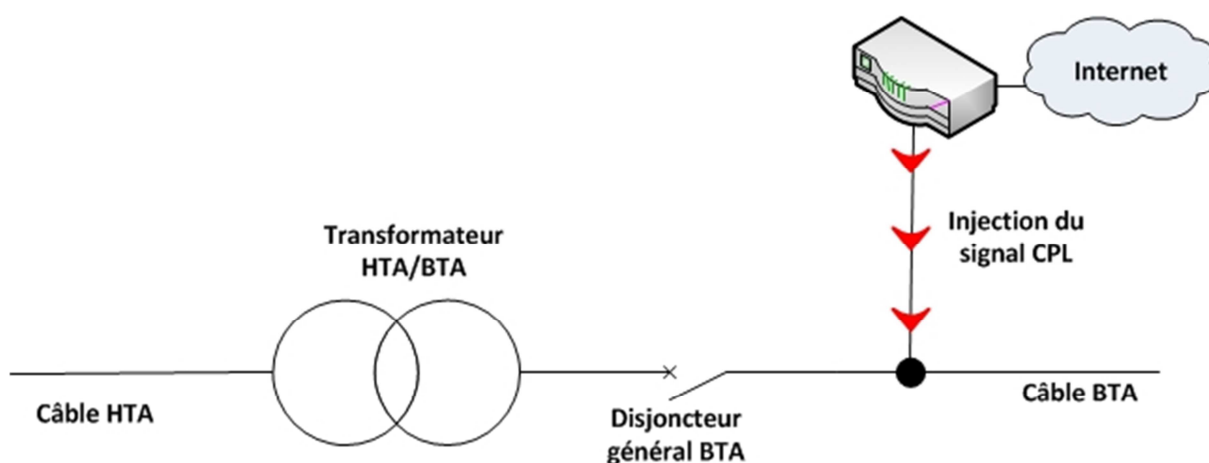


Figure 12-Injection du Signal CPL sur réseau BTA

➤ Les compteurs électriques des abonnés

Les compteurs permettent de mesurer la consommation électrique d'une habitation et de facturer les usagers du réseau électrique CIE. Ce sont des éléments importants d'un réseau électrique pour le signal CPL puisqu'ils séparent le réseau électrique public et le réseau électrique d'un bâtiment, d'un logement ou d'une entreprise. La grande majorité des compteurs laissent passer le signal CPL de chaque côté du réseau électrique. Les compteurs électromécaniques sont les plus anciens. Datant des années 1970, ils se rencontrent très fréquemment dans les installations électriques de la CIE. Ils laissent passer le signal CPL de part et d'autre du circuit électrique.

L'analyse du réseau électrique fait ressortir des équipements qui participent à son bon fonctionnement. Bien que le réseau électrique soit dédié à l'écoulement de l'électricité, il est possible d'y faire passer aussi le signal CPL haut débit mais pas sur toute son architecture. Le HTB et le HTA présentent des caractéristiques qui ne sont pas propices à son déploiement. Par contre le BTA est celui qui convient parfaitement pour la transmission du signal CPL.

Alors comme présenter sur la figure 12 le CPL Outdoor sera réalisé sur le réseau BT avec injection à partir du poste de transformation juste après le disjoncteur général BTA.

III- PROPRIETE DU SUPPORT DE TRANSMISSION

1- Caractéristiques des Câbles

Les câbles du réseau de distribution BT sont en Aluminium, leurs sections dépendent du courant électrique qu'on doit y faire transiter.

L'aluminium qui est le matériau utilisé pour la confection de ses câbles présente les caractéristiques suivantes :

- ✓ **La résistivité** : $\rho = 26.10^{-9} \Omega.m$
- ✓ **Perméabilité relative** : $\xi_r = 1,000022 \approx 1$

2- Modélisation de la ligne

La modélisation de ligne va permettre de connaître ses propriétés physique en haute fréquence afin d'évaluer l'affaiblissement du signal CPL.

a- L'équation analytique exacte des lignes et des câbles électriques

Les lignes électriques et les câbles sont des systèmes à constantes réparties, c'est à dire que les grandeurs physiques (résistances, inductances, capacités) sont réparties sur toute la longueur de la ligne et ne sont donc pas localisées. La figure 13 présente le modèle de la ligne.

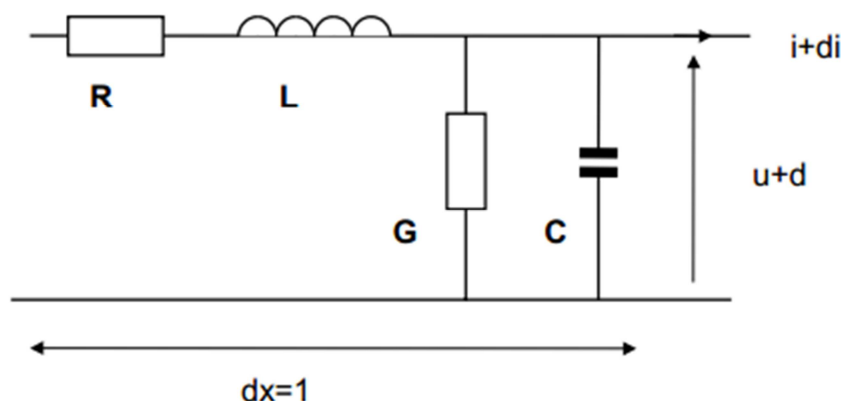


Figure 13- Modèle équivalent de la ligne

Avec :

R : Résistance longitudinale par unité de longueur (Ω/m).

L : L'inductance longitudinale par unité de longueur (H/m).

C : La capacité transversale par unité de longueur (F/m).

G : La conductance transversale par unité de longueur (Ω^{-1}/m).

➤ équations des télégraphistes

En partant du circuit électrique de la modélisation, on a :

$$\frac{du}{dx} = -(R + jL\omega)i(x) \quad \text{et} \quad \frac{di}{dx} = -(G + jC\omega)u(x)$$

$$u''(x) - \gamma^2 u(x) = 0$$

Équation 1 - Equation des télégraphistes

$$\gamma = \sqrt{(R + jL\omega)(G + jC\omega)} = \alpha + j\beta$$

Équation 2 - Coefficient de propagation

- α : coefficient d'atténuation ou d'affaiblissement linéique (m^{-1})
- β : déphasage linéique

b- Modélisation du câble basse tension support de transmission

En Basse-Tension, il n'est pas nécessaire dans les modèles de câbles de tenir compte de la capacité linéique et des pertes diélectriques (Faible niveau de tension, faible champ électrique et faible contrainte diélectrique), nous pouvons simplifier le schéma précédent et aboutir au modèle classique des câbles Basse-Tension :

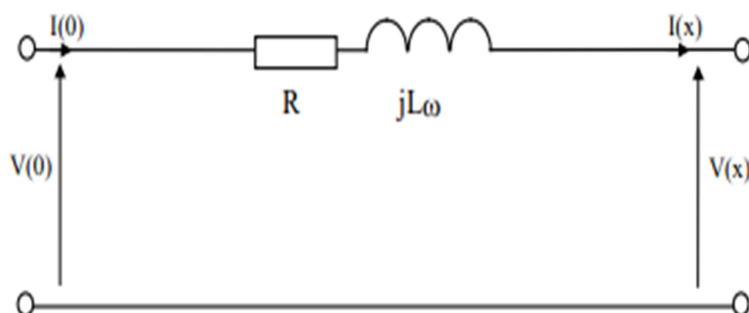


Figure 14- Modélisation des câbles basse tension

Avec R et L les caractéristiques physiques cités plus haut des câbles électriques B.T.

➤ Calcul de la résistance linéique R (Ω/m)

En haute fréquence, un effet électromagnétique repousse les lignes de courant vers la surface du conducteur (effet de peau) : la section utile (section réellement parcourue par le courant) diminue, donc la résistance augmente. Cette augmentation se fait proportionnellement à la fréquence.

$$R = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r}{\pi \sigma}} \frac{\sqrt{f}}{d} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r \rho}{4s}} \sqrt{f}$$

Équation 3- résistance linéique en Haute Fréquence

μ_0 : perméabilité du vide (H/m) = $4\pi \cdot 10^{-7}$

μ_r : perméabilité relative du métal

f: fréquence (Hz)

σ : conductivité (S/m) (= $1/\rho$), ρ résistivité (Ω/m)

d: diamètre (m)

S section (= $\pi d^2/4$) m^2

➤ Calcul de l'inductance linéique L (H/m)

L'expression de de l'inductance aussi tient compte de l'effet de peau lié à la haute fréquence

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \ln\left(\frac{D}{d}\right) = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \ln\left(\sqrt{\frac{\pi}{4s}} D^2\right)$$

Équation 4- Inductance linéique en Haute Fréquence

D diamètre extérieur (m)

➤ Calcul de l'impédance caractéristique de la ligne Z (Ω/m)

L'impédance varie avec la fréquence.

$$Z = R + jL\omega = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r \rho}{4s}} \sqrt{f} + j\mu_0 \mu_r f \ln\left(\sqrt{\frac{\pi}{4s}} D^2\right) = \sqrt{f} \left[\sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r \rho}{4s}} + j\mu_0 \mu_r \sqrt{f} \ln\left(\sqrt{\frac{\pi}{4s}} D^2\right) \right]$$

Équation 5- Impédance en haut fréquence

c- Evaluation de l'affaiblissement

A cause des pertes par effet Joule, le signal subit une décroissance exponentielle le long de son trajet comme présenté par l'image 15

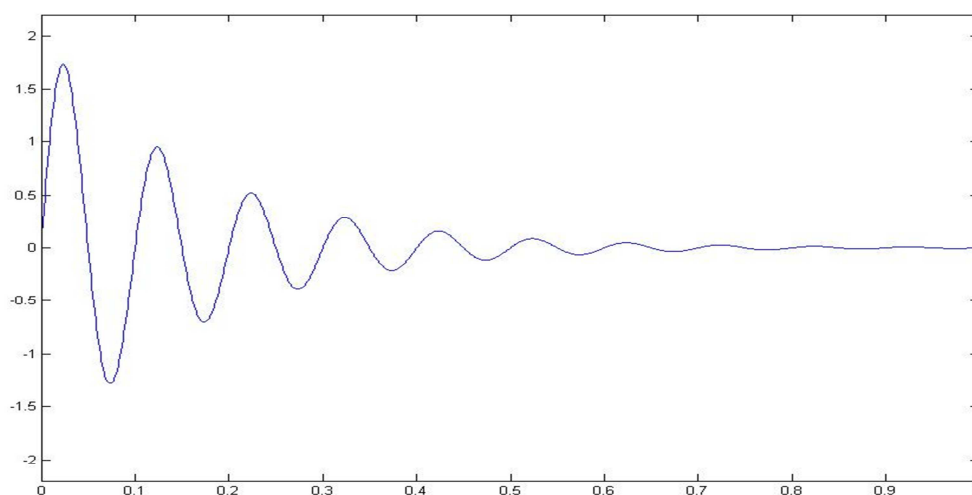


Figure 15-Atténuation d'un signal

A partir de la résolution de l'équation des télégraphistes, Le coefficient α , exprimé en m^{-1} , est l'atténuation par unité de longueur. On l'exprime aussi en dB/m. Le gain G en dB entre la tension v en un point x quelconque et la tension V_0 à la source vaut :

$$G = 20 \log \frac{V}{V_0} = 20 \log e^{-\alpha x} = -\alpha x 20 \log e$$

Équation 6- Equation du gain en fonction de l'atténuation

D'où une atténuation $\alpha = \frac{G}{x}$ exprimée en dB/m

On a $V = V_0 - \Delta V$ avec $\Delta V = ZI$ d'où $V = V_0 - ZI$ ΔV : est la chute de tension (V)

La valeur de la tension V décroît lorsque la valeur de l'impédance Z augmente. Le CPL Outdoor étant à haut fréquence, la valeur de Z proportionnelle à la variation de la fréquence

va accroître ainsi il aura une atténuation progressive du signal le long de la ligne jusqu'à l'abonné.

IV- NORMALISATION DES EQUIPEMENTS

1- Les standards CPL

Dès les années 2000, le développement de la technologie CPL ne cesse d'accroître. Plusieurs technologies sont apparues. Chaque industriel ou groupe d'industriels a développé ses propres produits. On peut citer les industriels les plus impliqués dans le développement de la technologie CPL :

- L'alliance **HomePlug** propose des produits HomePlug 1.0 (14Mb/s), Turbo (85Mb/s), HomePlug AV (200Mb/s) et HomePlug AV2 (600Mb/s).
- L'alliance **HD-PLC** (High Definition Power Line Communication) qui propose des produits avec des débits de l'ordre de 190Mb/s
- **DS2** (Diseño de Sistemas en Silicio ou Design of Systems on Silicon) propose des produits offrant des débits de l'ordre de 240 Mb/s.

L'absence d'une norme universelle et internationale pour le CPL a amené à une diversité technique des produits CPL. En plus d'être incompatibles (des produits différents ne sont pas interopérables), les produits se perturbent mutuellement (coexistence impossible de produits concurrents).

2- Bande de fréquence et interférence

Le signal CPL étant un signal modulé en amplitude, fréquence ou phase autour d'une fréquence porteuse F , il est nécessaire de mettre en place des règles d'utilisation de chaque bande de fréquences entre 0 et quelques dizaines de gigahertz par le biais de l'Agence de Régulation des Télécommunications de Côte d'Ivoire (ARTCI) organisme de régulation du secteur des télécom.

Deux bandes de fréquences sont allouées aux technologies CPL :

- 3 à 148 kHz pour les CPL dits bas débit ;
- 2 à 30 MHz pour les CPL dits haut débit.

La figure 16 illustre la plage des fréquences CPL relativement à d'autres technologies réseau.

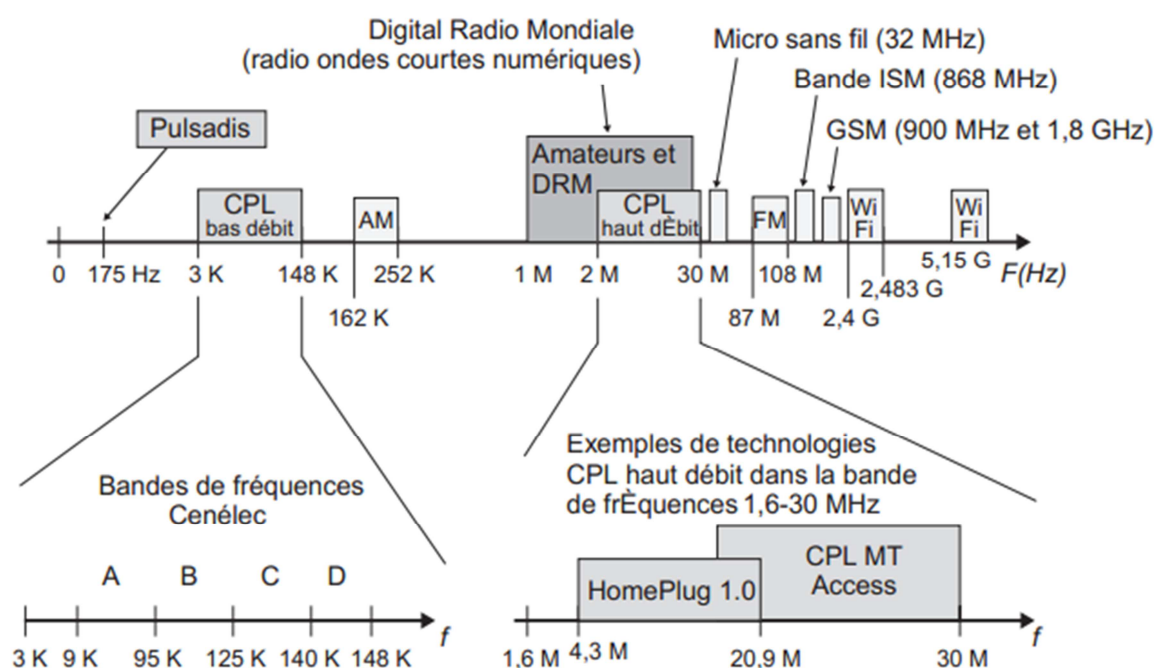


Figure 16-Bandes de fréquences utilisées par les réseaux CPL

Les ondes courtes des radios internationales et celles des radios amateurs se trouvent dans la même bande de fréquence que celle du CPL haut débit. Le signal CPL pourrait ainsi perturber le captage de ses signaux par les postes récepteurs.

Ses effets néfastes sont minimisés au maximum car le support de transmission qui sont des câbles de distribution BT ne sont pas nus, ils possèdent une enveloppe isolante qui permet de canaliser le signal CPL le long du trajet de distribution.

3- Compatibilité électromagnétique (CEM)

a- Perturbations électromagnétique sur le réseau

L'avantage principal du CPL est l'utilisation d'un support existant pour transmettre des données haut débit. Comme ce support n'est pas conçu pour transmettre des signaux HF, il limite les performances des systèmes CPL non seulement par son comportement provoquant des trajets multiples et induisant une sélectivité fréquentielle mais aussi par le bruit électromagnétique véhiculé sur le réseau. Ce bruit se superpose au signal CPL et introduit dans certains cas des erreurs de transmission et une réduction du débit. Les perturbations électromagnétiques sur le réseau électrique viennent principalement des perturbations conduites générées par les appareils électriques raccordés au réseau et des perturbations rayonnées se couplant sur les câbles. Les modems CPL ne distinguent pas l'origine de la perturbation. Dans les deux cas, perturbation conduite ou perturbation rayonnée couplée sur les câbles, il s'agit d'un signal parasite superposé au signal utile (CPL).

La plupart des études relatives aux perturbations électromagnétiques divisent le bruit électromagnétique en deux catégories :

- Le bruit stationnaire (continu, permanent)
- Le bruit impulsif (transitoire, rapide)

Il est dès lors intéressant d'installer des filtres au plus près des équipements perturbateurs afin de bloquer les fréquences générant les perturbations. Un filtre se branche entre l'équipement perturbateur et le réseau électrique. Il fait office de sur-prise électrique au-dessus de la prise électrique, l'équipement électrique perturbateur venant se brancher sur le filtre.

Les appareils domestique ou industriel possédant un moteur électrique, un système de conversion de l'énergie de la forme alternative à la forme continue vice versa et les variateurs de fréquence sont en majorité responsables de ces bruits sur le réseau.

Le tableau 2 récapitule les principaux équipements électriques susceptibles de perturber un réseau local.

Tableau 2 - Équipements électriques perturbant un réseau CPL

Équipements Industriels	Équipements Domestiques
Moteurs Electriques	Sèche-cheveux
Variateurs de vitesse	Perceuses
Les redresseurs	Multiprise
Les onduleurs	Variateurs de lumière

b- Normes CEM relative aux équipements

Les normes CEM relatives au réseau électrique domestique ou plutôt relatives aux appareils électriques connectés sur le réseau électrique visent à fixer les règles de cohabitation entre différents équipements en limitant les émissions et en fixant un seuil d'immunité aux perturbations venant d'autres équipements. Ces réglementations ne concernent pas uniquement les appareils connectés au réseau électrique mais aussi tout appareil qui pourrait émettre des perturbations vers le réseau électrique ou recevoir des perturbations venant de celui-ci (réception radio, réseaux téléphoniques...).

Les équipements CPL doivent satisfaire aux exigences des directives CEM (compatibilité électromagnétique) et BT (basse tension).

Au niveau du CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), les CPL sont suivis par les comités (TC) et sous-comités (SC) techniques suivantes:

- TC 205, «Systèmes électroniques pour les foyers domestiques et les bâtiments (HBES)» ;
- SC 205 A, « Systèmes de communication par le réseau électrique basse tension » ;
- TC 210, « Compatibilité électromagnétique (CEM) », miroir du CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques)

Les installateurs, fabricants de matériel et fournisseurs d'accès Internet doivent respecter les exigences de la directive CEM.

4- Le débit transmissible

En plus des perturbations électromagnétiques, un réseau CPL est soumis à des contraintes liées à la technologie elle-même. Ces dernières concernent le débit, qui ne correspond jamais à celui espéré.

Le débit théorique du réseau HomePlug 1.0 par exemple est de 1 à 14 Mbit/s pour un débit utile de 5 Mbit/s.

Cette différence s'explique essentiellement par la taille des en-têtes des trames utilisées dans HomePlug, ainsi que par l'utilisation d'un certain nombre de mécanismes permettant de fiabiliser la transmission dans un environnement électrique. Une partie des données transmises sert au contrôle et à la gestion de la transmission afin de la fiabiliser. Seule une fraction du débit émis par l'équipement correspond au transport des données elles-mêmes.

Tableau 3 - Débits nécessaires pour les applications typiques d'Internet

Applications	Débit nécessaires
Surf Internet et e-mail : – descendant – montant	50 Kbit/s 5 Kbit/s
Voix sur IP	80 Kbit/s
Streaming audio : – descendant – montant	80 Kbit/s 14 Kbit/s
Canal vidéo SDTV	1,5 Mbit/s
Canal vidéo HDTV	8 Mbit/s

a- Variation du débit

Dans un réseau CPL, les contraintes liées à l'interface électrique peuvent entraîner une variation du débit offert par le réseau. Comme expliqué précédemment, des interférences provenant des appareils électriques et la multiplication des équipements CPL sur le réseau électrique sont autant d'exemples qui peuvent entraîner des variations de débit. La variation du débit des CPL s'effectue automatiquement dès que surviennent des interférences dans

l'environnement. Ce mécanisme est transparent aux yeux des utilisateurs. La variation automatique du débit permet de donner à n'importe quelle station du réseau un débit différent.

CONCLUSION

L'étude de la technologie CPL Outdoor montre que tout le réseau électrique Ivoirien n'est pas compatible à son déploiement. Seul le réseau de distribution basse tension (BTA) présente des caractéristiques intéressantes pour la transmission du signal CPL. Mais ce réseau est constitué de câble électrique qui affaiblissent le signal sur une distance estimée à 200 ou 300m, la présence de répéteurs à cette longueur du câble s'impose.

Les équipements CPL ne répondent pas tous, à une norme universelle. Certains constructeurs ont homologué leurs matériels en se regroupant dans un standard. Dans le choix des équipements, il faut des appareils CPL compatible (appartenant à un même standard).

Les équipements CPL émettent en haut débit dans une bande de fréquence qui est aussi allouée à d'autres opérateurs, mais les normes de compatibilité électromagnétique permettent de minimiser les risques d'interférences.

Aussi les modems routeurs CPL annonce un débit qui en réalité n'est pas le débit de transmission des données, le débit réel est environ les trois quart de celui mentionné sur l'équipement.

Toutes ces caractéristiques seront à prendre en compte dans le déploiement de la technologie CPL pour permettre son bon fonctionnement.

Dans l'étude qui suivra, nous ferons le déploiement de la technologie CPL

CHAPITRE 3

MISE EN OEUVRE DE LA TECHNOLOGIE CPL OUTDOOR

INTRODUCTION

Le déploiement de la technologie CPL Outdoor permettra aux abonnés de l'électricité de bénéficier de la connexion internet via les prises électriques sans toucher aux installations électriques à l'intérieur de leurs Bâtiments. Un ensemble de travaux visant à la concrétisation de cet objectif doit être effectué. Il s'agit entre autre de l'installation des équipements CPL, des aspects administratif, judiciaire et économique de la mise en œuvre à l'exploitation.

Cette partie sera traitée avec une offre technique et une offre financière.

I- OFFRES TECHNIQUES

1- Réseau de desserte

Il s'agit de desservir directement en connexion internet tous les abonnés du réseau électrique d'une zone directement reliée à un poste de transformation. L'installation de certains équipements se fera dans le poste de transformation, d'autres sur lignes de distribution BTA et sur les prises électriques des clients. Ce sont :

- **Le routeur, la passerelle et l'injecteur CPL** : à installer dans le poste de transformation
- **Les répéteurs** : à installer à chaque 200 mètre sur la ligne de distribution BTA
- **Equipements terminaux CPL** : à brancher sur la prise électrique de l'abonné

La figure 17 illustre l'architecture d'un réseau de desserte qui sera mise en place.

Etude et déploiement de la technologie CPL Outdoor chez un fournisseur d'accès internet : cas de Powerline communications Côte d'Ivoire

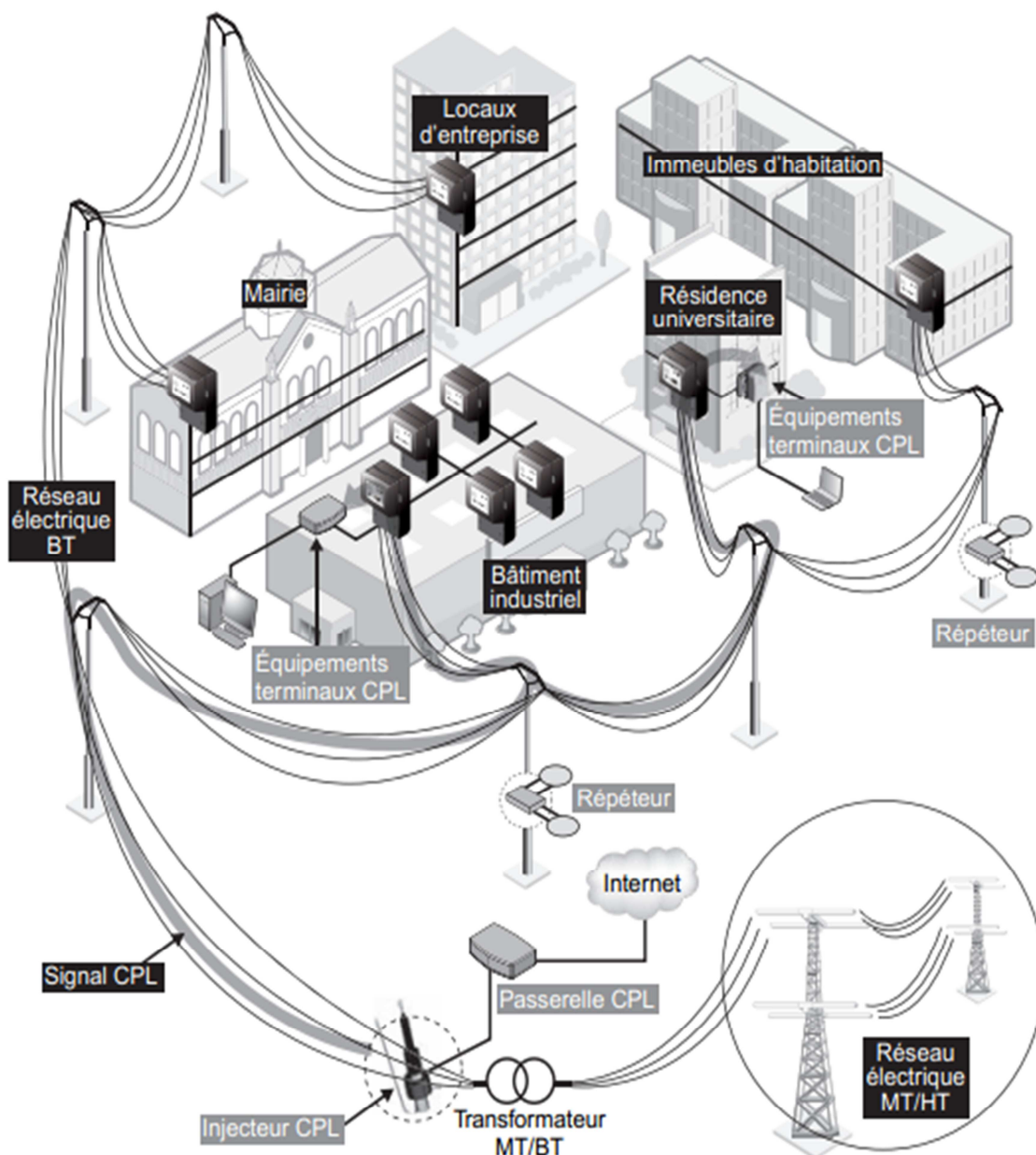


Figure 17-Architecture d'un réseau CPL de desserte

a- Choix des équipements CPL

Comme présenté dans le chapitre 2, il existe une relation de maître-esclave entre les équipements CPL Outdoor. Dans le réseau de desserte, l'équipement maître est la passerelle CPL et l'équipement esclave est l'équipement terminal CPL ou modem CPL indoor.

L'architecture maître-esclave exige l'utilisation du matériel compatible les uns envers les autres. Pour des raisons de débit satisfaisant, nous faisons le choix des équipements du standard HomePlug AV, du constructeur Devolo. Ils sont disponibles sur le marché à des coûts relativement intéressants.

➤ Liste des équipements CPL

Le tableau 4 ci-dessous contient la liste du matériel CPL à utiliser pour le déploiement du CPL Outdoor en réseau de desserte

Tableau 4- Listes des équipements CPL

Désignations	Qtés	Références	Observations
Passerelle CPL Outdoor (équipement Maître)	1	Devolo pro 1231 Dlan avpro	Peut gérer jusqu'à 253 esclaves
Injecteur CPL	1	Devolo DI 200 avpro CPL rail DIN	Coupleur triphasé
Répéteurs CPL	6	Devolo Dlan 200 av wireless NWP	Utilisé en répéteur avec couverture wifi
Modem CPL indoor (équipement esclave)	253	Devolo 500 wifi	Un port ethernet et couverture wifi
Câble Ethernet	10m	CABLE CAT 5e FTP Multibrin Cuivre 100 Mhz	Câble blindé

b- Le mode de connexion internet

Le fournisseur d'accès internet (FAI) est Powerline communications. Il couvre Abidjan de radios. Ces radios émettent dans une bande de fréquence privée allouée par l'ARTCI (Agence de Régulation des télécommunications de Côte d'Ivoire). Le FAI possède deux (02) POP (Point Of Presence) :

- Au II plateau ou se trouve le NOC (Network Operation Center)
- Plateau à l'immeuble postal

Une radio sera installer sur le poste de transformation et choisir le POP sur lequel il sera orienté. La figure 18 présente cette liaison radio

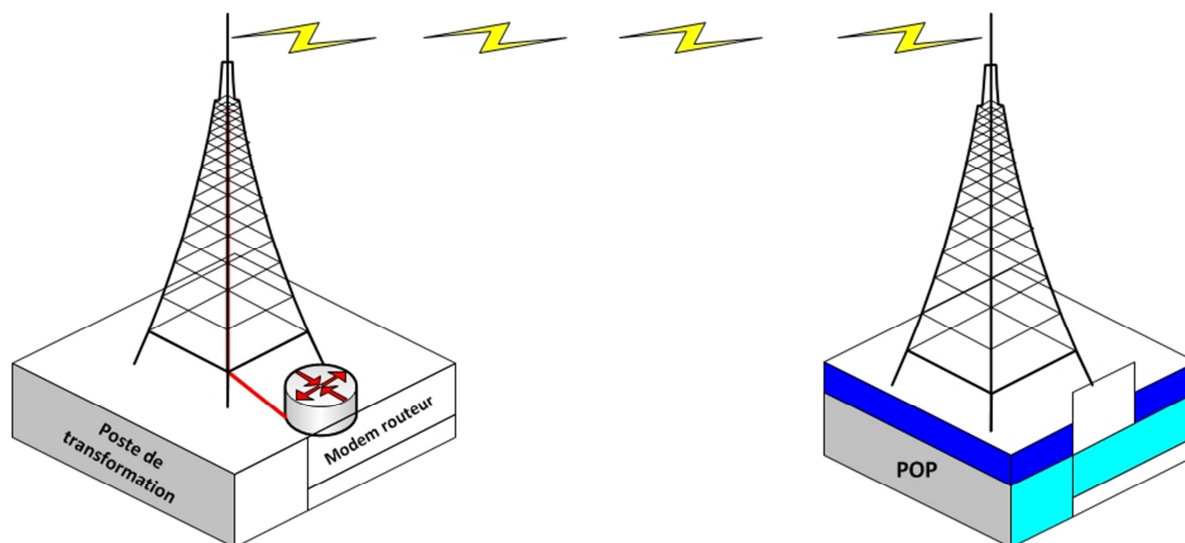


Figure 18- Interconnexion du poste de transformation au réseau internet

➤ Liste des équipements

La liste des équipements nécessaires pour connecter la passerelle CPL au réseau internet de Powerline communications est consignée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5- Liste des équipements pour la connexion internet

Désignations	Qtés	Références	Observations
antenne	1	pylône ST 15 en fer	21 mètres
Radio	1	Ubiquiti AirMax NanoBridge M5	Portée de 48 km
Modem routeur	1	Cisco 1841	
Câble Ethernet	30m	CABLE CAT 5e FTP Multibrin Cuivre 100 Mhz	Blindé

c- Choix des équipements électriques

Le matériel CPL Outdoor à installer dans le poste de transformation nécessite de l'énergie électrique pour son fonctionnement. Sachant que le signal CPL peut toujours transiter sur les lignes électriques même en l'absence de l'énergie électrique, il est proposé comme mode d'alimentation de ses équipements CPL, une alimentation sans interruption (onduleur) d'une autonomie 30 minutes pour permettre aux utilisateurs connectés de finaliser leurs activités.

La figure 19 montre le schéma de principe.

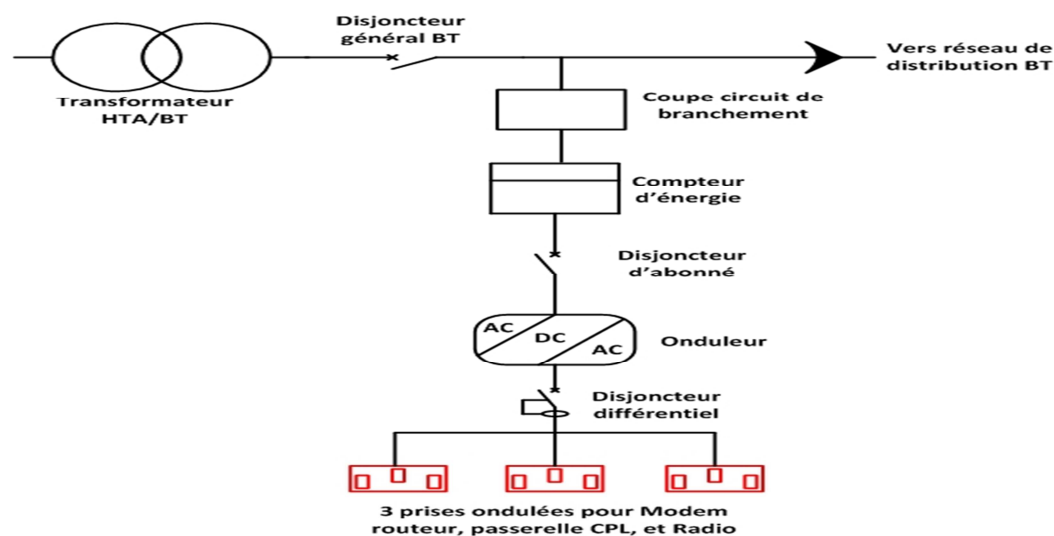


Figure 19- schéma électrique d'alimentation des équipements CPL

➤ Liste des équipements électriques

Le tableau 6 ci-dessous contient la liste du matériel électrique à utiliser pour l'alimentation du matériel

Tableau 6- Liste du matériel électrique

Désignations	Qtés	Références	Observations
Compteur d'énergie électrique et disjoncteur d'abonné	1	Voir la CIE	Abonnement à 5 Ampère
Disjoncteur	1	Schneider RCBO, Type C DPN, 30mA, 16A, 110-240V AC	Fonction différentielle
Onduleur	1	INFOSEC X3 500 – 500va	Autonomie moyenne de 30 minutes
Câble électrique	10m	3 x Fil électrique 2.5 mm ² , H07VU,	
Prise électrique	3	Systo prise 2P+T 16A 250V	

2- Installation du matériel

a- Equipe d'installation

Le fait d'installer un équipement de télécommunication sur un réseau électrique public s'accompagne d'un certain nombre de règles de sécurité, qui doivent être respectées par tous les intervenants sur les équipements du réseau électrique.

Concernant les réseaux CPL, ces règles sont les suivantes :

- parfaite isolation des équipements de couplage et de répétition ;
- maintenance des équipements CPL transparente pour le fonctionnement du réseau électrique ;
- intervention sur les équipements CPL par des personnes habilitées.

Les agents d'installation des équipements doivent avoir des habilitations à intervenir sur le réseau électrique suivantes :

- B2T : chargé des travaux électrique BT sous tension
- B1T : exécutant de travaux électrique BT sous tension

Nous faisons tous nos travaux sous tension pour éviter d'augmenter l'énergie non distribuée qui représente une perte pour la CIE.

b- Procédure d'installation

La procédure d'installation se décompose en différentes étapes à exécuter :

Etape 1 : Installation du Coffret électrique

- Abonnement à la CIE pour le compteur d'énergie
- Réalisation du câblage du schéma électrique

Etape 2 : Liaison connexion internet

- Montage du mât
- Configurer et montage de la radio

- Configurer du modem routeur
- Brancher le modem et la radio à une prise électrique du coffret électrique
- Connection du modem routeur à la radio
- Vérifier la présence de la connexion internet au niveau du modem routeur

Etape 3 : Installation des équipements CPL

Avant l'installation des équipements maître, esclave et répéteur il faut configurer certains de leurs paramètres pour qu'ils puissent communiquer. Les paramètres principaux à configurer pour chaque équipement sont indiqués dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7- Paramètres à configurer pour chaque type d'équipement CPL

Equipements	Paramètres à configurer
Maître	– Paramètres de connexion Internet – Liste des équipements esclaves autorisés – Filtrage d'adresses MAC et IP – Confidentialité des équipements esclaves entre eux – Configuration des serveurs d'authentications (RADIUS, PPP, etc.) – NAT et pare-feu pour les interfaces de gestion
Répéteur	– Segmentation des parties du réseau CPL – Clés réseau CPL – Répétition physique ou logique
Esclave	– Clés réseau CPL – Authentification auprès de l'équipement maître – Adressage IP CPL pour la gestion/super vision – Gestion des priorités (QoS) et des classes de services IP (voix, données, vidéo)

- Connecter la passerelle CPL (maître) au modem routeur
- Vérifier la présence de la connexion internet
- Connecter la passerelle à l'injecteur
- connecter l'injecteur aux câbles du réseau de distribution BT
- connecter les répéteurs sur les câbles du réseau de distribution BT à chaque 200m
- Vérifier la présence du signal CPL au niveau de l'injecteur

- Vérifier la présence de la connexion internet dans plusieurs bâtiments en connectant les des esclaves sur les prises électriques

II- OFFRE FINANCIERE

L'offre financière a été établie pour 253 modems CPL indoor elle peut être évalué à 126 abonnés à raison de 2 modems indoor par abonnés.

Le coût total de la mise en œuvre de la technologie CPL Outdoor est détaillé dans le tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8- Devis Quantitatif et Estimatif

Désignation	Quantité	Prix unitaire	Montant
<i>Equipements CPL</i>			
Passerelle CPL Outdoor	1	208915	208915
Injecteur CPL	1	86000	86000
Répéteurs CPL	6	27500	165000
Modem CPL indoor	253	58730	14858690
Câble Ethernet	1	15431	15431
<i>connexion internet</i>			
pylône	1	1096000	1096000
Radio	1	71685	71685
Modem Routeur	1	959380	959380
Câble Ethernet	1	18995	18995
<i>Equipements électrique</i>			
Abonnement CIE	1	105000	105000
Disjoncteur	1	74275	74275
onduleur	1	47450	47450
câble électrique	1	4300	4300
<i>Main d'œuvre</i>			
Main d'œuvre	xxxx	xxxx	3542224
Imprévue	xxxx	xxxx	1180741
	Total	TVA	Net à Payer
	22 434 087	4 038 136	26 472 222

Arrêté le présent devis à la somme de vingt-six million quatre cent soixante-douze mille deux cent vingt-deux francs CFA (**26 472 222 CFA**)

III- PROCEDURE ADMINISTRATIVE

Le déploiement de la technologie CPL Outdoor requiert l'autorisation des services administratifs en charge du réseau électrique en Côte d'Ivoire :

- ANARE : Autorité Nationale de Régulation du Secteur de l'Electricité
- CIE : Compagnie Ivoirienne d'Electricité

1- ANARE

C'est l'autorité nationale de régulation du secteur de l'électricité, une société d'état chargée de veiller au respect des règles afin de sauvegarder les intérêts des parties prenantes pour le développement harmonieux du secteur de l'électricité. Ses missions sont les suivantes :

- Contrôle du respect des lois et convention par les opérateurs du secteur
- Protection des intérêts des consommateurs d'électricité
- Arbitrage, médiation et conciliation
- Conseil et assistance

Avoir l'autorisation de l'ANARE avant le déploiement s'avère nécessaire afin d'éviter toute plainte d'un tiers usager de l'énergie électrique. Aussi il serait important qu'elle approuve toutes autres applications sur le réseau électrique en dehors de l'électricité. Cela met Powerline à l'abri de toute action judiciaire pour exploitation illégale des infrastructures publiques.

2- CIE

Le concessionnaire du service public d'électricité en charge du réseau de distribution BTA. Toutes installations d'équipements sur cette partie du réseau est de son ressort. Il serait impératif d'avoir son autorisation afin de pouvoir travailler de concert.

C'est dans cette optique que les dirigeants de Powerline ont adressé une demande à la direction de la CIE pour effectuer des tests. La réponse fut favorable. En Annexe 1 la lettre d'acceptation de la CIE.

CONCLUSION

Le déploiement du CPL Outdoor présenté est celui d'un réseau de desserte. Il est possible de faire un Outdoor restreint pour un grand bâtiment tel que les immeubles, dans ce cas l'injection se fera au niveau de la tête de colonne montante.

Les procédures et les équipements cités plus haut ne sont pas les seuls, mais sont ceux trouver optimal pour une mise en œuvre sécurisée de qualité et à moindre coût.

Ainsi à partir des transformateurs, tous les abonnés des réseaux électriques seront desservis en connexion internet via leur prise électrique, et aussi un wifi dans les rues grâce aux répéteurs wifi installés.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de l'étude, la remarque est faite que la technologie CPL Outdoor apporte des solutions innovantes dans le domaine de la connectivité internet.

Bien qu'elle utilise un support de transmission dont elle n'a pas la priorité, un ensemble de règles et de normes permettent sa cohabitation parfaite et sans risque avec l'énergie électrique au quelle ce support est dédié.

Cette étude nous a permis de comprendre plus en détail les contours de la technologie CPL afin de pouvoir l'adapter aux réalités du réseau électrique Ivoirien.

Son déploiement en Outdoor n'étant pas encore effectif en Côte d'Ivoire, laisse entendre aux fournisseurs d'accès internet dont Powerline communications que le marché est ouvert. C'est un marché à fort potentiel car le besoin de la population en connexion internet haut débit à moindre coût se fait entendre jour et nuit.

En accord avec les autorités administratives et techniques en charge du réseau électrique, le CPL Outdoor apportera des solutions de désenclavement de certaines zones urbaines, péri-urbaines et rurales dépourvues de la connexion internet. Ainsi on pourrait créer une boucle locale électrique comme cela existe dans d'autres pays.

Il serait donc à la charge des fournisseurs d'accès internet de garantir une connexion permanente à sa clientèle pour que le système soit fiable et apprécié de tous. Pour ce faire ils doivent interconnecter des équipements compatibles entre eux, et ses équipes de maintenances des équipements sur le réseau électrique doivent avoir des habilitations qui leurs permettent de travailler sous tension, et toutes leurs intervention doit nécessiter l'émission d'un ordre de travail (OT).

Enfin, vu l'enjeu économique et le potentiel du marché, nous pensons que le déploiement du CPL Outdoor en Côte d'Ivoire se fera avec succès. Comme cette technologie se trouve au cœur de notre métier nous Ingénieur électriciens, en collaboration avec nos collègues Ingénieurs télécom et informaticiens, conjuguons nos efforts chacun dans son domaine précis afin de pouvoir mettre en œuvre un réseau CPL Outdoor répondant aux exigences de qualités de la population.

C'est donc une technologie qui apporte des solutions en phase avec les projets développement en cours en Côte d'Ivoire.

Comparaison CPL et ADSL

L'Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL), est une technique de communication qui permet d'utiliser une ligne téléphonique pour transmettre et recevoir des données numériques de manière indépendante du service téléphonique. La technologie ADSL est massivement mise en œuvre par les fournisseurs d'accès à Internet pour le support des accès dits haut-débit. Les deux technologies (CPL et ADSL) utilisent un support qui ne leur est pas dédié. La force de l'ADSL est que le réseau téléphonique est plus stable que le réseau électrique. Mais le réseau électrique est plus déployé que le réseau téléphonique, il atteint les populations des zones lointaines et rurales. L'une des principales faiblesses du CPL demeure le manque de normes universelles. En matière de déploiement et d'investissement l'ADSL est plus coûteux, avec le déroulement de nouvelles lignes y compris les supports, ce qui n'est pas le cas pour le CPL. Pour le cryptage au niveau du partage de la connexion, l'ADSL est plus fiable car seul l'abonné a accès à la connexion, ce qui n'est pas le cas pour le CPL surtout en Outdoor, tous les abonnés desservis par un poste de transformation où se situent les installations ont accès à la connexion internet, il est nécessaire de mettre en œuvre des moyens de cryptage efficace afin de restreindre l'accès aux abonnés internet.

Bibliographie

- CRUSSI, M. (28 novembre 2005). *Etude et optimisation de communications à haut débit sur lignes d'énergie: exploitation de la combinaison OFDM/CDMA*.
- Alliance, H. (s.d.). *home*. Consulté le juin 2014, sur www.homeplug.org
- BEWAN. (s.d.). Consulté le juillet 2014, sur www.bewan.fr
- Bras Cyril. (2004). *Courant Porteur en Ligne : techniques, enjeux, offres techniques, enjeux, offres*.
- Carcelle, X. (2006). *Réseaux CPL par la pratique*. ÉDITIONS EYROLLES.
- CHARIAG, D. E. (23 janvier 2013). *Elaboration d'un outil d'analyse du réseau électrique domestique dans la bande CPL*.
- Cladière, M., Sothear, S., & Sophie, V. (3 février 2004). La technologie des Courants Porteurs en Ligne.
- Délégation à l'Aménagement du Territoire. (s.d.). *Accueil*. Consulté le juillet 2014, sur <http://www.datar.gouv.fr/>
- Devol. (s.d.). *Déployer du CPL dans les écoles*. Consulté le juillet 2014, sur www.devol.fr
- DI GALLO, F. (2003). *C.P.L. L'essentiel qu'il faut savoir...*
- DOMOLANE. (s.d.). *DOMOLANE*. Consulté le mai 2014, sur WWW.DOMOLANE.FR
- Forum CPL. (s.d.). *home*. Consulté le juillet 2014, sur <http://www.pclforum.com/>
- FRANCE, C. (s.d.). Consulté le juin 2014, sur CPL FRANCE: <http://cpl-france.org>
- GOURET, W. (14 / 05 / 2007). *Contribution à l'étude des communications courant porteur haut débit pour l'embarqué*.
- GUEZGOUZ, D. (13 décembre 2010). *Contribution à la modélisation du réseau électrique domestique en vue de la caractérisation du canal de propagation CPL*.
- l'industrei, M. d. (s.d.). Consulté le juin 2014, sur <http://www.industrie.gouv.fr/pdf/cpl.pdf>
- Office fédéral de la communication. (28 septembre 2001). *Mise sur le marché et/ou exploitation d'installations PLC (Powerline communications) en Suisse*.
- TOKA, P. K. (s.d.). *Cours de Propagation des ondes licence de physique Université de Cocody*. Abidjan.
- TOTOZAFINY, T., & RAKOTOMAHANINA, E. (2013). Faisabilité de la communication CPL sur le réseau basse tension de la JIRAMA.

ANNEXES

Annexe 1 : lettre d'acceptation de la CIE pour des tests

*Le Directeur Général*

Compagnie Ivoirienne d'Electricité

Abidjan, le 09 septembre 2004

Objet : Projet Technologies CPL
N/Réf. : dg/fcp/hkc/2004-56

Monsieur le Président Directeur Général
POWERLINE COMMUNICATIONS
ABIDJAN
à l'attention de M. Joseph Désiré BILEY

Monsieur le Président,

Je fais suite aux nombreuses séances de travail tenues depuis votre courrier du 23 février 2004 pour vous confirmer tout l'intérêt que nous portons aux technologies CPL et aux efforts que vous déployez dans ce sens.

Les premiers tests de déploiement en « indoor » semblent concluants et demandent à être confirmés.

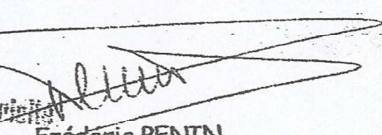
Les tests de déploiement en « outdoor » doivent être maintenant entrepris, et les équipes de CIE sont prêtes à œuvrer à vos côtés dans les meilleurs délais, selon mes instructions.

Pendant que nous avançons sur l'aspect technique, il faut également envisager dès à présent les aspects juridiques et commerciaux tant dans les rapports avec nos clients et organismes de tutelle.

Je ne manquerai pas de vous en tenir informé dans l'esprit de collaboration transparente qui nous anime depuis le début de ce projet.

Dans l'attente,

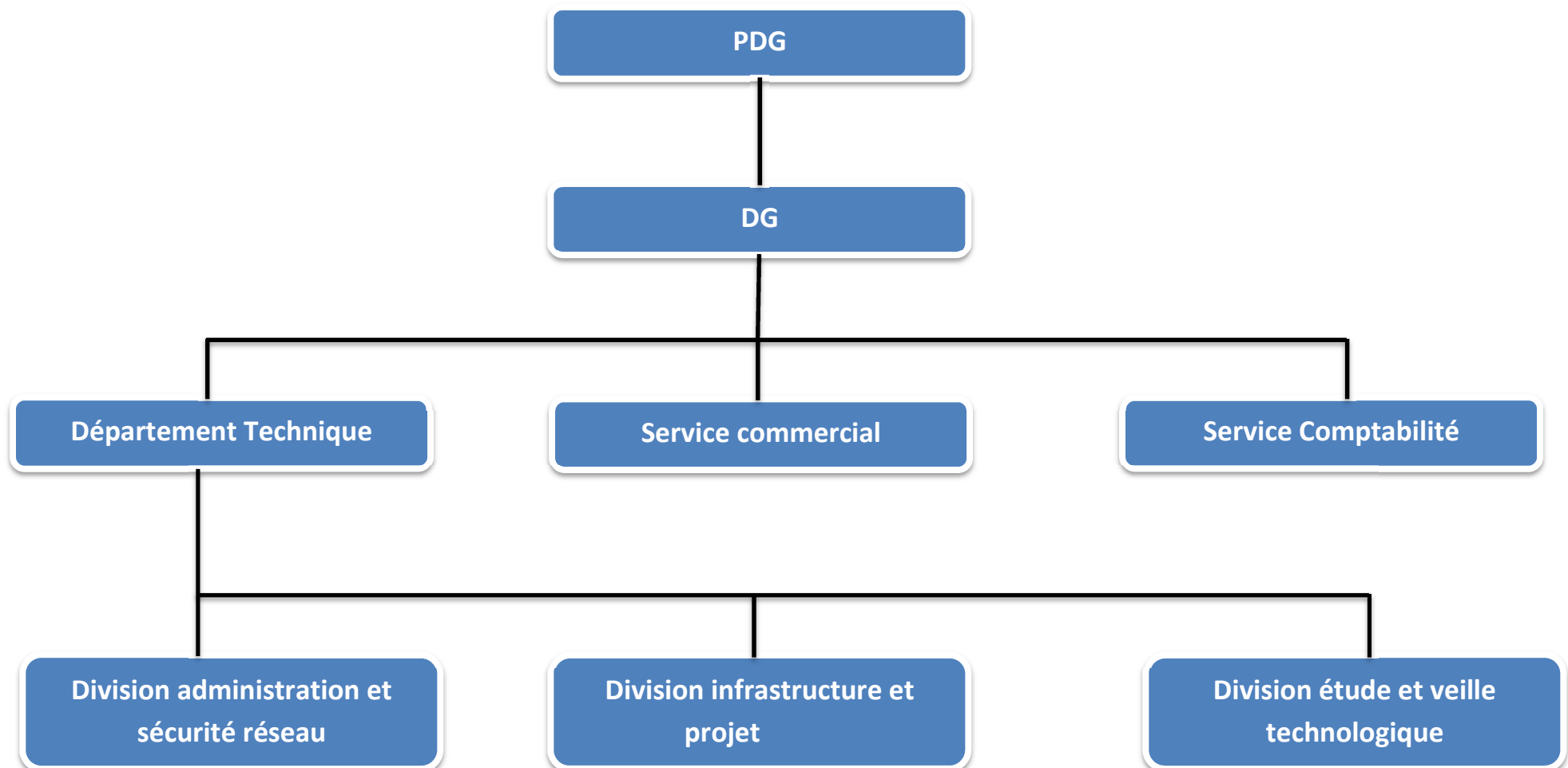
Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de ma considération distinguée.


Compagnie Ivoirienne d'Electricité
DIRECTION GENERALE
01 B.P. 6923 ABIDJAN 01
TEL 21.23.35.71 - 21.23.33.07
FAX 21.23.35.90
Directeur Général

E// IS 06.08 / 01

Société Anonyme au Capital de 14.000.000.000 de Francs CFA - Siège Social : 01 B.P. 6923 ABIDJAN 01

Annexe 2 : Organigramme de Powerline communications



Etude et déploiement de la technologie CPL Outdoor chez un fournisseur d'accès internet : cas de Powerline communications Côte d'Ivoire

Annexe 3 : Liste des équipementiers CPL Homeplug

Sponsors



Participants



Adopters

- [Actiontec Electronics, Inc.](#)
- [Askey Computer Corp.](#)
- [Aztech Technologies, Pte. Ltd.](#)
- [Bigben Interactive](#)
- [BMW Technology Corporation](#)
- [CableLabs](#)
- [EchoStar Technologies Corporation](#)
- [Fujian JinQianMao Electronic Co.,Ltd.](#)
- [Guillemot Corporation](#)
- [Hong Kong Applied Science and Technology Research Institute \(ASTRI\)](#)
- [Jetlun Corporation](#)
- [Logitech Europe SA](#)
- [NETGEAR, Inc.](#)
- [SEDEA](#)
- [Sineoji Asia Pte Ltd](#)
- [ST&T Electric Corporation](#)
- [TRENDnet Inc.](#)
- [Western Digital Technologies, Inc.](#)
- [Arris](#)
- [Asoka USA Corporation](#)
- [Belkin International](#)
- [Billion Electric Co., Ltd.](#)
- [Buffalo Inc.](#)
- [China Academy of Telecommunication Research \(CATR\)](#)
- [Electricite de France \(EDF\)](#)
- [GigaFast E. Ltd.](#)
- [Hisense Co.,Ltd](#)
- [Huawei Technologies Co., Ltd](#)
- [I2SE](#)
- [Linksys LLC](#)
- [MSway Co., LTD](#)
- [Qingdao Eastsoft Communication Technology Co.,Ltd.](#)
- [Shenzhen GEEYA Technology Co., Ltd](#)
- [Sony Deutschland GmbH](#)
- [TP-Link Technologies, Ltd.](#)
- [UL Verification Services, Inc.](#)
- [ZyXEL Communications Corporation](#)

Annexe 4 : Schéma Unifilaire du déploiement

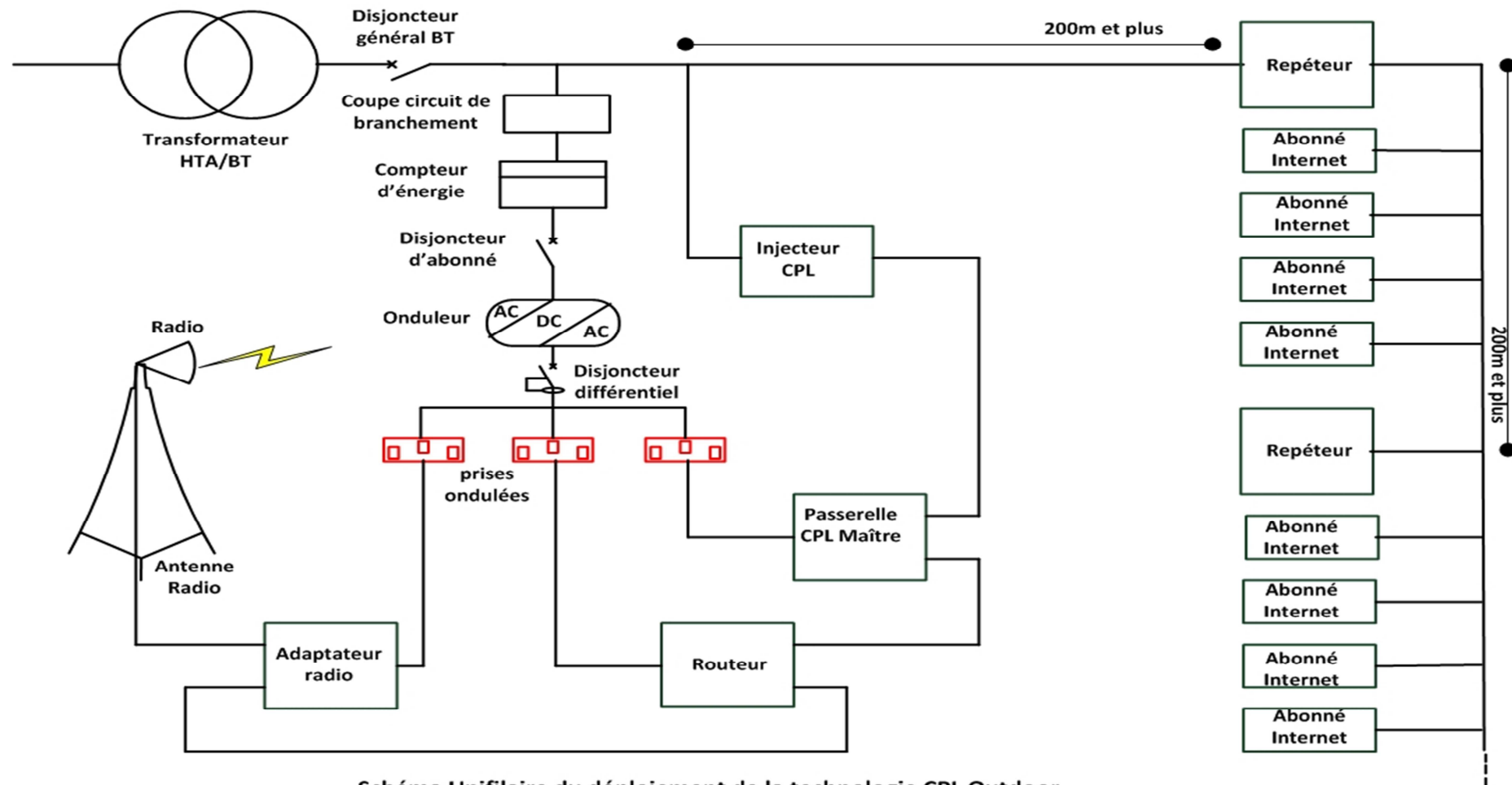


Schéma Unifilaire du déploiement de la technologie CPL Outdoor