

Le cpl ou PowerLine

Par Rémy Mellet, Vincent Vilaine et Alexandre Becquet

Thème : Information et communication



Classe de T°S5 à Durzy(45)
Année 2003-2004

Sommaire

Introduction et problématique

I. Origine de la technologie et marché actuel

- _Caractéristiques
- _Historique
- _Standard
- _Concurrent

II. Les différentes utilisations du cpl : interne et externe (indoor, outdoor)

- _Installation
- _Exemple

III. Technologie

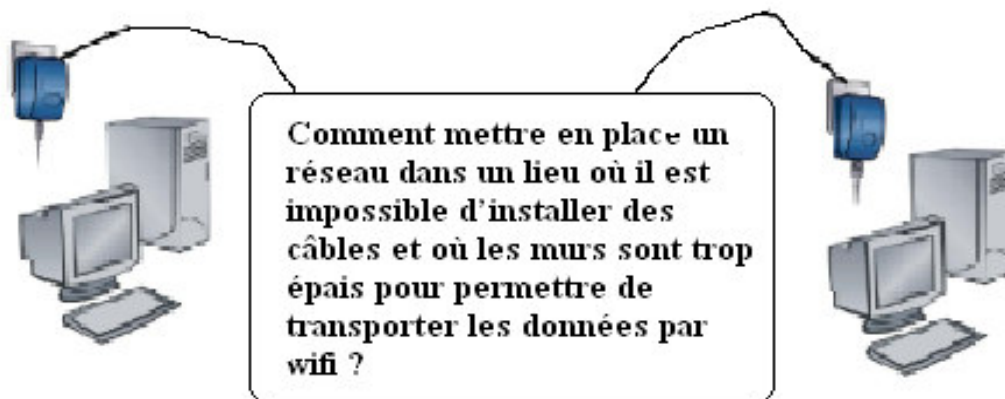
- _Principe de fonctionnement : modulation et démodulation de fréquence
- _Canal de transmission
- _Techniques de modulation des données

IV. Constitution d'un adaptateur CPL

Conclusion



Problematique



Introduction

Le CPL ou Courant Porteur en Ligne est une technologie qui utilise les réseaux électriques existants d'un bâtiment pour transporter les données sans câblage spécifique supplémentaire.

La technique des courants porteurs en ligne consiste à superposer aux signaux basse fréquence fournis par EDF (courant alternatif de 50Hz) des signaux haute fréquence sur lesquelles transitent les données.

On utilise pour le moment cette technologie dans les entreprises, les établissements scolaires, les maisons pour établir un réseau intranet (réseau local entre PC)

Dans ce tpe, nous étudierons tout d'abord les origines de la technologie, les différentes utilisations, le fonctionnement de cette technologie puis nous la comparerons avec d'autre technologie qui permette la mise en place d'un réseau.



I. Origine de la technologie et marché actuel

1. Caractéristiques :

Fréquence du signal : 1 à 30 MHz

Portée maximale théorique : 300 mètres (peut changer suivant la qualité du réseaux électrique)

Débits : 14 Mb/s en théorie, 7Mb/s en pratique et bientôt jusqu'à 200 Mb/s

2. Historique

Le cpl est utilisé depuis longtemps mais dans des applications autre que la communication entre PC.

_ Dans les années 50, la fréquence 10 Hz servait pour commander les lumières en ville et les télécommandes de relais.

_ Dans les années 80, cette technologie permettait de commander l'EJP (boîtier sur le compteur comportant 2 leds qui indique si le tarif est haut ou bas)

_ A la fin des années 1990, les recherches sur le haut débit grâce au CPL commence.

_ En 1997, les premiers tests de transmission de signaux de données sur le réseau électrique ce sont fait en bidirectionnel. La Suisse (Ascom) et l'Angleterre ont commencé leurs recherches.

_ Dans les années 2000, EDF fait ses premières expérimentations, ainsi que France Telecom. Mais aucune offre commerciale n'a vue le jour.

_ En 2001, une société (Alterlane) a été créée par EDF et est spécialisée dans les réseaux informatiques sur CPL. Elle a déjà équipée des établissements scolaires, hôpitaux...

_ En Mars 2000, une alliance est passée entre une dizaine de grands groupes industriels notamment ceux représentant les producteurs d'électricité. Se retrouvent des entreprises telles que EDF, France Telecom, Belkin Corporation, Motorola, Sony, Netgear ... regroupées dans une association : le Homeplug Powerline Alliance. Ce qui garanti que les produits en provenance de ces différents constructeurs peuvent fonctionner sur le même réseau et communiquer entre eux. La version actuelle de l'utilisation du courant comme support d'information les réseaux locaux est l'Homeplug 1.01.



_ A Levallois Courbevoie dans le département des Hauts de Seine (92) depuis le début de l'année 2004, une étude est faite, conjointement avec Tiscali et Tele2.

_ 1 Mars 2003 création du PLC-J pour promouvoir le CPL au Japon.

_ 7 Novembre 2003, le Japon autorise des tests sur son territoire.

_ 1^{er} Janvier 2004, la commission Européenne lance le projet Opera (Open PLC European Research Alliance) dans le but de proposer une norme d'ici la fin de l'année 2004 puis d'effectuer des tests.



_ Avril 2004 G.W. Bush président des États-Unis autorise l'utilisation du CPL (BPL)

_ A Levallois-Courbevoie dans le département des Hauts de Seine (92) depuis le début de l'année 2004, une étude est faite, conjointement avec Tiscali et Tele2.

_Fin 2004, EDF dit non à la technologie CPL car elle ne veut pas s'intéresser aux télécommunications mais elle apportera son savoir faire au niveau électrique aux filiales.

_Février 2005, les premières offres commerciales voient le jour. Le but premier est de permettre aux zones non desservies par le haut débit (câble ou ADSL) de pouvoir disposer d'une connexion décente.

3. Standard actuel

Il existe un seul standard : le standard américain *Homeplug*. Car tous les équipements commercialisés à ce jour pour le grand public sont des produits « Homeplug ». C'est un standard qui ne concerne que les installations « indoor » et il ne fonctionne pas avec les solutions « outdoor » existantes à ce jour. D'autres standards devraient voir le jour sous quelques années.

La prochaine version, le Home Plug AV (audio et vidéo), devrait porter le débit théorique à 100 Mbits/s, destinée, comme son nom l'indique, au transport des flux multimédias.

4. Concurrent : le Wi-Fi, transmission de données par les aires

À partir d'une antenne relais, il est possible de se connecter à un réseau haut débit sans fil dans un rayon de 500 mètres. Le confort d'utilisation est donc très important avec cette technologie ; les débits proposés sont proches de ceux atteints avec le CPL pour un coût peu élevé. Cependant, le Wi-Fi a aussi des inconvénients car il connaît des problèmes de transmission à l'intérieur des bâtiments (mur épais, poutres en aciers...)

Comparatif de solution wifi et cpl grand public

2 Adaptateurs Wifi USB Netgear
2 Olitec Powerlan USB

| | CPL | Wi-fi 802.11b |
|---------------------------|-----------|------------------|
| Débit théorique | 14 Mbit/s | 11Mbit/s |
| Portée maximale théorique | 300m | 50m en intérieur |
| Prix pour 2 pc en € | 2x59 | 2x33,70 |

Elles ne sont pas que des concurrentes, elles peuvent être aussi complémentaires(voir schéma). Ainsi le CPL peut compléter la transmission sans fil Wi-Fi, en assurant la traversé des murs.



Schéma 1

II. Les différentes utilisations du cpl : indoor, outdoor

a) L'indoor (marché collectif)

Le CPL constitue une alternative au réseau local Ethernet ou Wifi.

A l'intérieur des bâtiments, on utilise la solution *Homeplug*, elle permet d'étendre le réseau local et de partager l'accès Internet haut débit, notamment à la maison ou en petite entreprise, avec une mise en oeuvre simple. Les boîtiers CPL se présentent en général avec un port Ethernet ou USB suivant le modèle choisi, et une connexion vers la prise électrique.



Boîtier cpl usb et ethernet

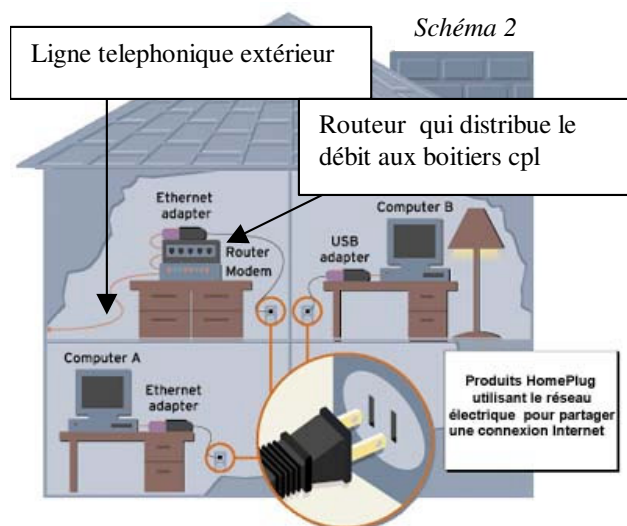
Prise USB



Port ethernet



La mise en œuvre d'un réseau CPL en intérieur demande au niveau informatique comme configuration minimum un PC avec carte Ethernet ou une prise USB selon le choix du boîtier.



Le prix d'un boîtier est coûteux 50 euros par ordinateur à relier, mais la mise en oeuvre est simple, surtout si tous les PC sont sous Windows XP.

Tout ce qu'il vous faut, c'est un adaptateur CPL Ethernet ou USB par micro. Il faut brancher d'abord sur le port réseau ou USB de l'ordinateur, puis raccorder au secteur (schéma ci-contre).

Avec Windows XP, le logiciel de configuration fourni se charge de tout.

Vous n'avez qu'à mettre un dossier en partage sur chaque PC. En revanche, Windows98 exige des manipulations plus complexes et le CD d'installation s'impose.



Boîtier cpl ethernet



Boîtier cpl usb

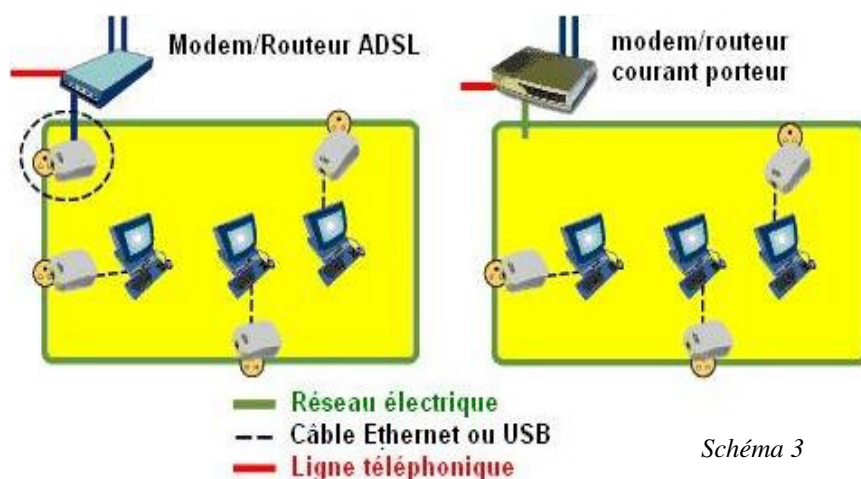


Schéma 3

Le schéma 3 nous montre comment peut on utiliser une ligne téléphonique extérieure. On peut relier directement un routeur CPL au réseau électrique mais on peut relier aussi un routeur non-CPL à un boîtier spécial qui modulera les deux ondes(voir III).

Au niveau électrique, l'installation ne pose aucun souci à l'intérieur d'un logement derrière un compteur monophasé dans la mesure où les adaptateurs se branchent directement sur les prises électriques. Cependant la mise en place est plus complexe dans les immeubles, que ce soit en résidentiel avec une arrivée triphasée et différents compteurs, ou bien dans les bâtiments de grande taille, tels que des collèges, des hôpitaux ou immeubles administratifs. La mise en œuvre d'une solution CPL nécessite alors : expertise en réseau électrique et en réseau informatique, ainsi que l'utilisation de matériel différent des boîtiers Homeplug vendus pour l'indoor.



La solution grand public actuellement vendue, Homeplug, possède un débit théorique de 14 Mb/s. Une solution à 100 Mb/s a été testée en laboratoire. Les débits réels se voient diminués de la partie du trafic réservé à la gestion du système. Pour autant les débits obtenus restent suffisants pour la majorité des applications domestiques.

→ Donc la technologie du cpl permet d'installer un réseau quand le câblage classique est impossible, elle permet un temps de mise en service court.

b) L'outdoor (marché collectif)

Dans le cas de l'outdoor, le cpl est encore au stade de l'expérimentation en France. Car au point de vue juridique, l'activité du transport de données relève des télécommunications et nécessite une licence d'opérateur de réseaux télécoms, ce qui n'est pas le cas d'EDF.

L'électricien français doit donc attendre sa privatisation, contrairement à ses homologues allemands (EnBW, RWE...) qui commencent à commercialiser des offres d'accès à Internet par le courant porteur. Mais depuis fin 2004, EDF a décidé d'abandonné le cpl car justement elle ne voulait pas entrer dans les télécommunications.

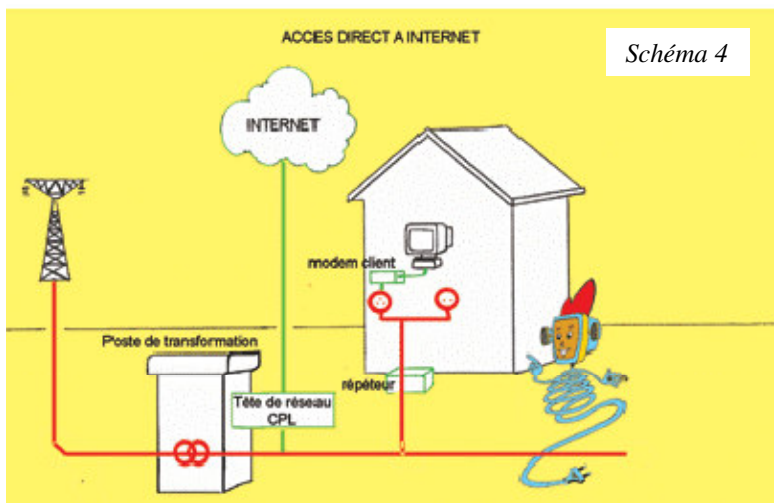
Les expériences les plus importantes de CPL outdoor ont eu lieu en Allemagne où RWE et MVV-Energie ont lancé des tests sur environ 3 000 clients dans l'agglomération de Mannheim avec une offre CPL comparable aux offres ADSL de Deutsche Telekom.

EDF-R&D (Recherche et Développement) a lancé des expériences sur des quartiers résidentiels. Le groupe fait partie dans le but de représenter les intérêts des acteurs du secteur des réseaux d'un forum international, créé en mars 2000 CPL en Europe : plcforum



Par ailleurs, la société Alterlane SA, créée par deux anciens d'EDF-R&D (Recherche et Développement), a déjà équipé plus de 300 sites (hôtels, hôpitaux, collèges, lycées, musées, entreprises privées...). Alterlane a déjà équipé plus de 220 écoles en France avec ses réseaux CPL-Alterlane (Nice a équipé la totalité de ses écoles).

Le CPL est complémentaire d'une technologie haut débit (ADSL) déjà installée mais aussi elle vient remplacer la boucle locale qui n'a pas été mise en place pour cause de non rentabilité économique.

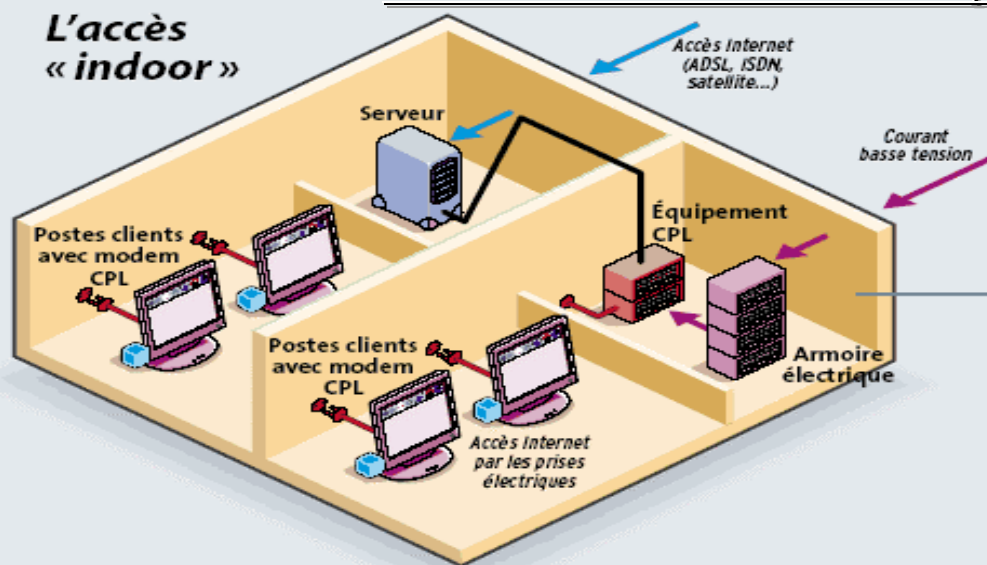


Comme le montre le schéma 4 la modulation, dans le cadre de l'outdoor, se fait à l'extérieur des bâtiments ce qui permet aux habitants de n'avoir que des prises électriques dans leur bâtiment.

De manière générale, les réseaux électriques appartiennent aux collectivités locales, qui n'ont pas la possibilité de devenir opérateur de télécommunications. Pour autant, certaines collectivités rurales s'intéressent à cette technologie, notamment pour mettre des réseaux haut débit à la disposition des opérateurs.

Les réseaux indoor et outdoor en application

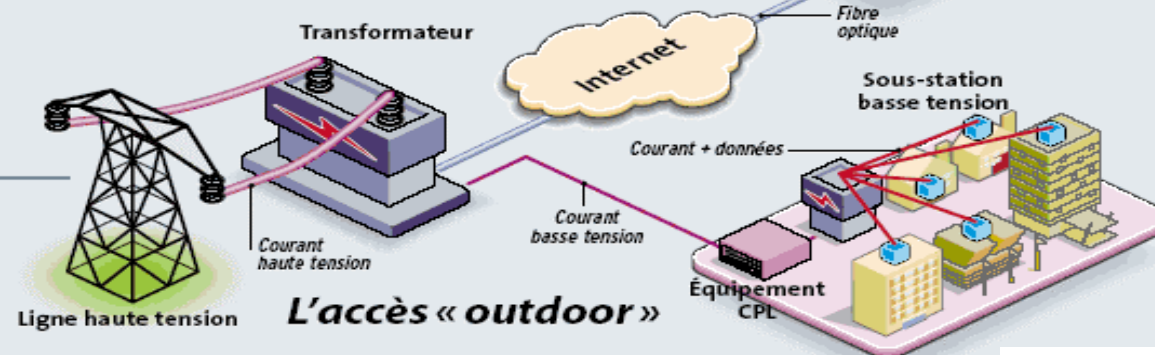
L'accès « indoor »



En indoor : un routeur dédié permet de construire un LAN à 14 Mbit/s théoriques et avec une portée de 300 mètres théoriques. Certains équipements professionnels proposent de gérer jusqu'à 256 machines en réseau, mais en pratique, il s'agit d'une quinzaine au grand maximum.

Pour **éviter les perturbations** entre l'outdoor et l'indoor, les fréquences utilisées devront être différentes. Par exemple 1,5 MHz à 10 MHz en outdoor et de 10 à 30 MHz en indoor.

En outdoor : en amont du compteur électrique pour un accès Internet à haut débit. Cette dernière utilisation est encore peu répandue pour des raisons réglementaires.



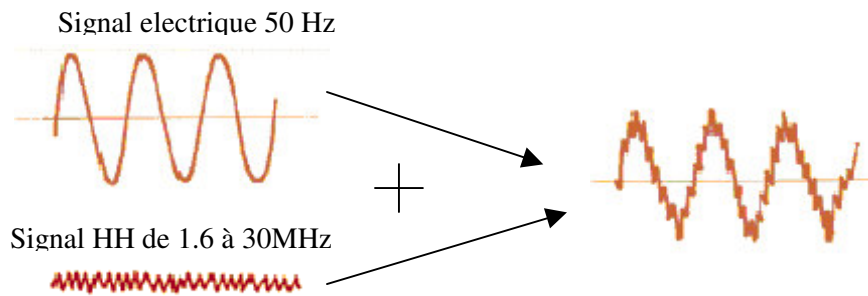
L'accès « outdoor »

Schéma 5

III) Description de la technologie

a) Principe de fonctionnement : modulation et démodulation de fréquence

Le principe du CPL consiste à superposer au courant électrique, qui est un signal électrique de 50 Hz délivrée par EDF et que tous le monde reçoit chez soi, un autre signal à plus haute fréquence (de 1,6 à 30 Mhz) et de faible énergie qui contient directement l'information codée. Ce deuxième signal se propage sur l'installation électrique et peut être reçu et décodé à distance. Ainsi le signal CPL est reçu par tout récepteur CPL qui se trouve sur le même réseau électrique.



Un coupleur intégré en entrée des récepteurs CPL élimine les composantes basse fréquence avant le traitement du signal.

Nous avons réalisé une expérience de modulation de fréquence grâce au logiciel croc-clip qui permet de simuler des montages d'électronique

_ La modulation : schéma 6

Ce montage consiste à additionner deux fréquences afin de les moduler. La fréquence basse est générée par le générateur basse fréquence (GBF) 50 Hz, et le deuxième GBF génère une fréquence de 5 kHz. Le signal bleu correspond au signal porteur sur le schéma : sa période est très grande (fréquence est faible). Le deuxième signal est représenté en rouge : sa période est faible (haute fréquence). On utilise un amplificateur opérationnel (AOP) branché en sommateur pour additionner les fréquences. Seulement, il en ressort des signaux inversés. Donc il faut ré inverser les signaux a l'aide d'un deuxième AOP cette fois-ci monté en inverseur. On obtient le signal modulé apparaissant en vert sur le schéma. Nous avons donc accompli une simulation de la technique de modulation de fréquence utilisée par la technologie CPL.

_ La démodulation : schéma 7

Nous avons poussé plus loin l'expérience en essayant de retrouver le signal modulé. Pour cela, il suffit de démoduler le signal obtenu avant en branchant un AOP en soustracteur de fréquences. On soustraie donc le signal du GBF basse fréquence avec le signal modulé, et on obtient le signal haute fréquence que l'on avait au début.

Schéma 6

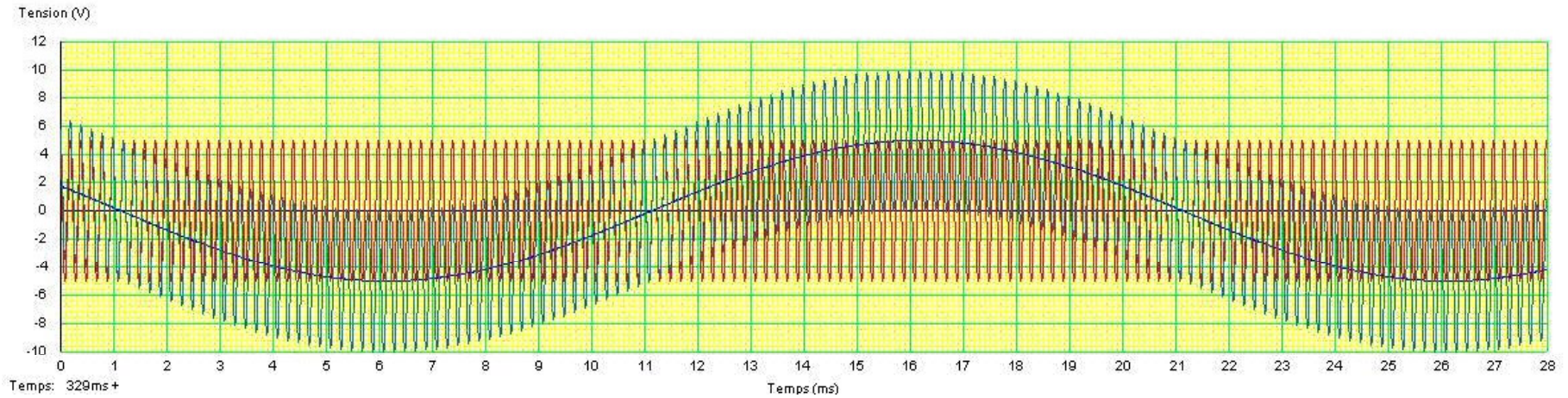
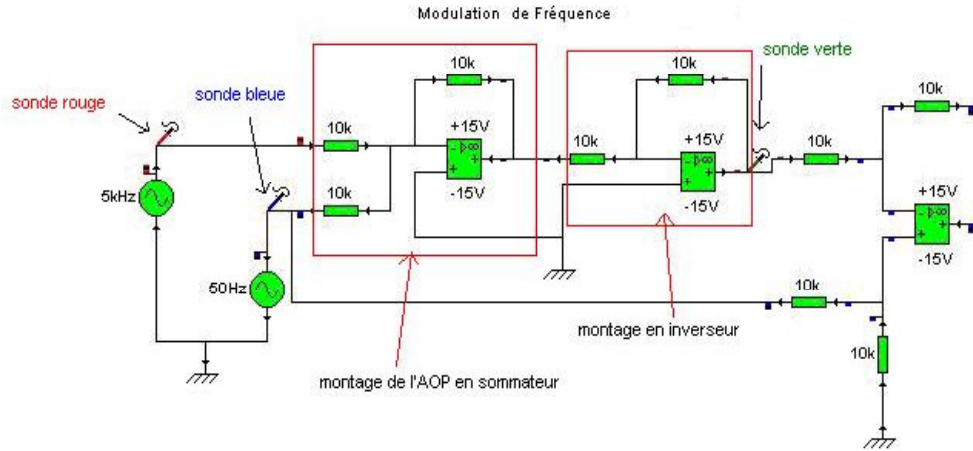
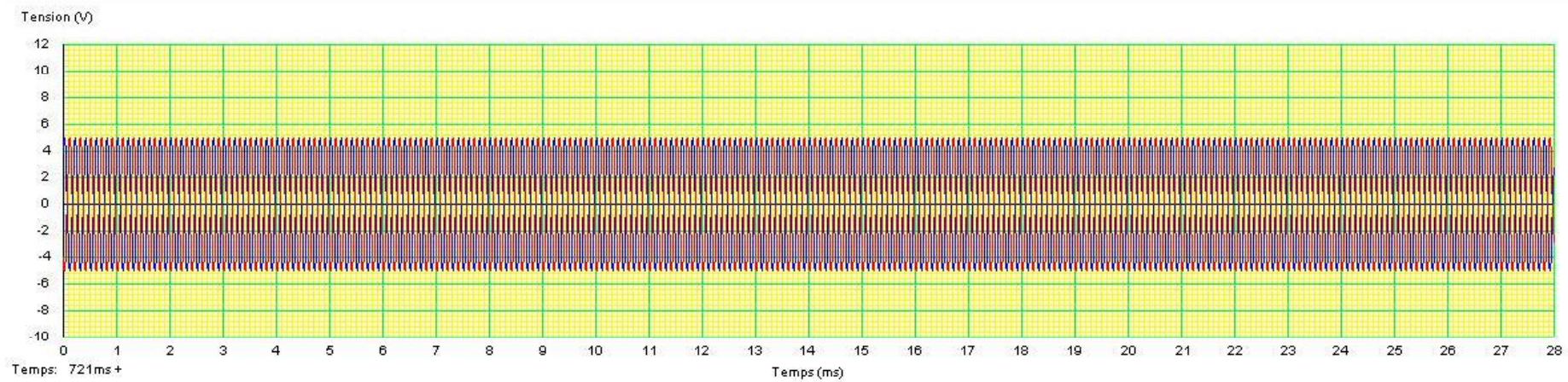
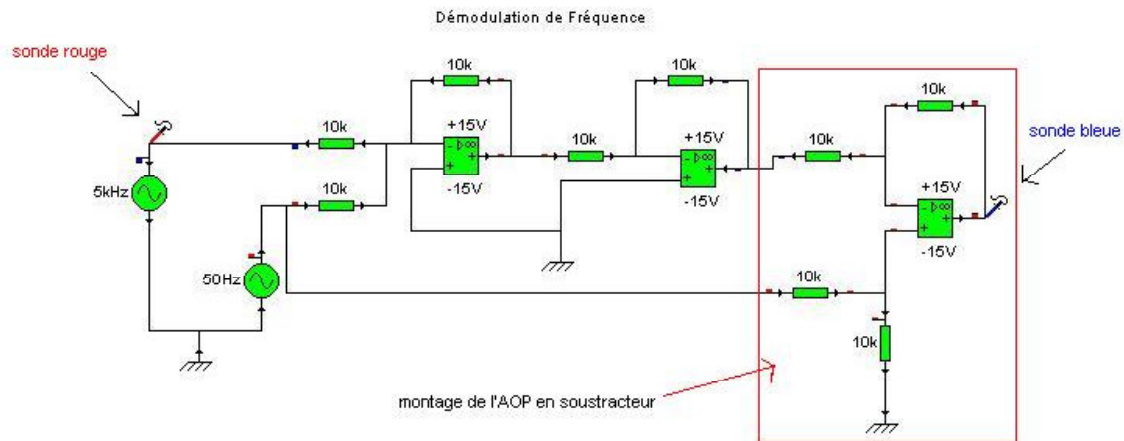


Schéma 7



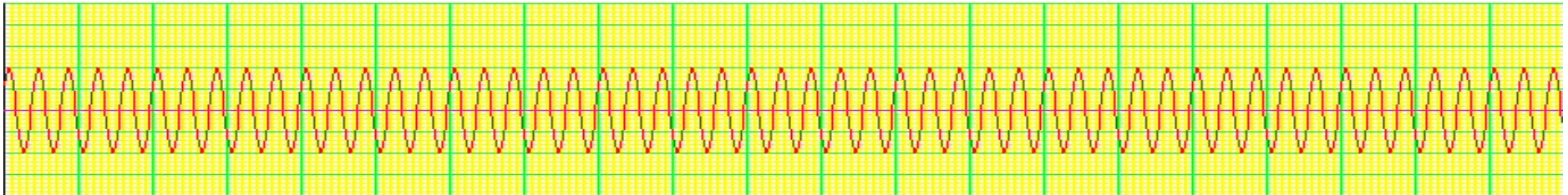
En Résumé :

Onde porteuse (50Hz)



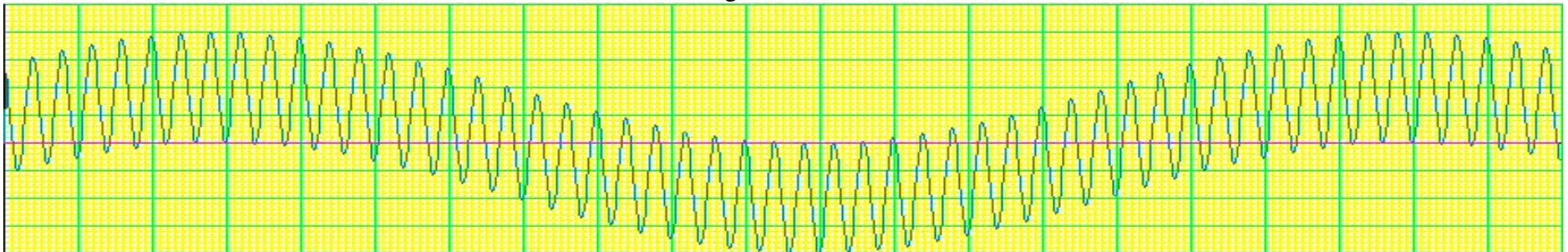
+

information à moduler

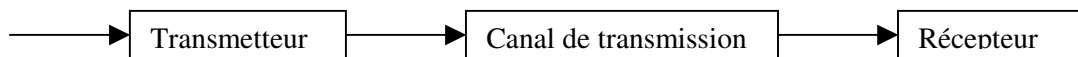


=

Signal_modulé



b) Canal de transmission



Le canal de transmission qui n'est autre que le réseau électrique qui désigne l'intermédiaire entre le récepteur et le transmetteur. Il a un effet perturbateur sur le signal modulé transmis car il est une source de bruit et d'interférence et même d'affaiblissement du signal. Le transmetteur transforme le message de manière à faciliter sa transmission dans le canal. Il effectue entre autre, la modulation du message pour produire le signal modulé transmis. Le récepteur effectue généralement plusieurs opérations dont celle de démodulation du signal reçu. Sa tâche principale est de fournir un signal estimé du message transmis.

Problème : Le support du réseau électrique n'a pas été étudié pour transporter des signaux Haute fréquence (HF). Il faut donc prendre en compte les contraintes de ce support pour assurer une bonne transmission de ces signaux HF sans pour autant perturber les appareils environnants, ni les fréquences de la bande 1-30 Mhz par rayonnement, certaines fréquences de cette bande étant réservées à l'armée ou bien aux radio amateurs.

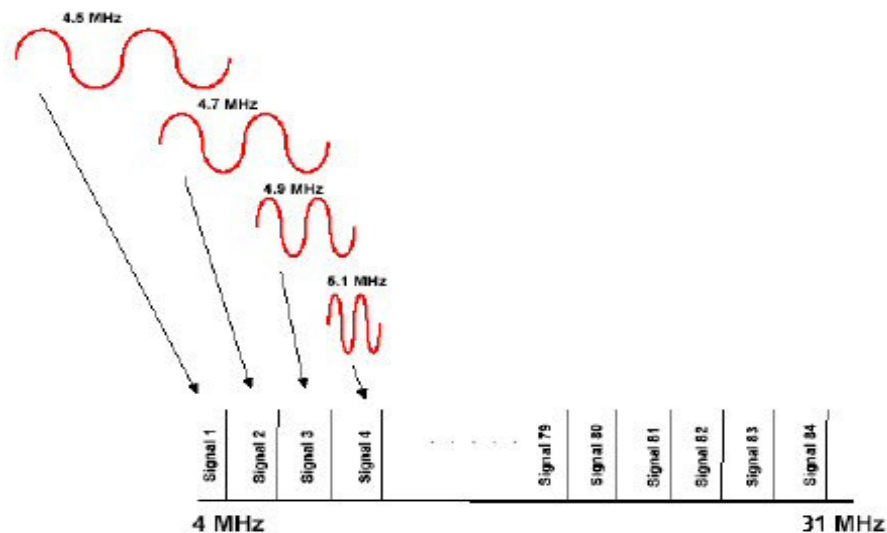
Tout le problème consiste ainsi à limiter la puissance de fonctionnement des courants porteurs tout en assurant un débit suffisant, et limiter les effets du bruit et de la distorsion sur la ligne. La solution : allier un traitement du signal le plus performant possible et effectuer un couplage optimal du réseau CPL au réseau électrique.

Il existe deux méthodes de couplage: couplage capacitif en parallèle sur le réseau électrique ou couplage inductif via un tors de ferrite. En ce qui concerne les installations en intérieur (indoor), le couplage capacitif est fait par défaut lorsqu'on branche l'équipement CPL sur la prise électrique, le problème ne se pose donc que pour les installations en extérieur (outdoor), beaucoup plus complexes à réaliser.

c) Techniques de modulation des données

1) OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

La technique de transmission OFDM est basée sur l'émission simultanée sur 84 bandes de fréquence (situées entre 2 et 30 MHz et séparé de 200KHz afin d'éviter les interférences avec les signaux des porteuses de fréquences voisines) comprenant n sous porteuses. Le signal est réparti sur les porteuses. Les fréquences de travail sont choisies en fonction des réglementations, les autres sont « éteintes » de manière logicielle. Le signal est émis à un niveau assez élevé pour pouvoir monter en débit, et injecté sur plusieurs fréquences à la fois. Si l'une d'elles est atténuée ou modifiée le signal passera quand même grâce à l'émission simultanée car les parasites et échos n'affectent jamais en même temps les ondes de fréquences différentes.



2) SS Spread Spectrum: Modulation à étalement de spectre

Le second type de modulation est le SS mais il n'est pas utilisé dans les solutions « cpl indoor » car bien qu'il possède un excellent niveau de sécurité (qui est la plupart du temps inutile pour un réseau local chez un particulier), le SS présente un débit trop faible. Il sera donc utilisé pour des réseaux spéciaux exigeant une sécurité maximale

Le principe de la modulation à étalement de spectre (*Spread Spectrum*) consiste à « étaler » l'information sur une bande de fréquences beaucoup plus large que la bande nécessaire, dans le but de combattre les signaux interférents et les distorsions liées à la propagation : le signal se confond avec le bruit. Le signal est codé au départ, un code est assigné à chacun des usagers afin de permettre le décodage à l'arrivée. L'étalement est assuré par un signal pseudo aléatoire appelé code d'étalement. A la réception le signal est perçu comme du bruit si le récepteur n'a pas le code. Le signal étant émis à un niveau plus faible que celui du bruit le débit reste faible. La modulation avec étalement de spectre est ainsi optimisée pour lutter contre le bruit, dont elle limite mieux les effets.

d) Liaison des données.

Toute solution CPL doit inclure une couche physique robuste mais également un protocole d'accès à la couche réseau efficace. Ce protocole gère le réseau en contrôlant le partage du média de transmission entre de nombreux clients (dit qui doit émettre afin d'éviter la collision des paquets), en codant les paquets...

Le protocole utilisé par les machines utilisant les courants porteurs en ligne est le CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), c'est le même protocole utilisé pour les réseaux sans fils Wifi.

V. Constitution d'un adaptateur CPL



Un adaptateur ressemble à un modem. Il sert à convertir les paquets de données numériques en signaux analogiques lors de l'envoi de données et inversement lors de la réception. Dans un adaptateur, on distingue 8 parties différentes :

- **Le transcepteur** : décide quand le PC peut émettre, il crypte les informations et les encode dans une forme adaptée à leur transmission et définit ce qui sera émis sur chaque porteuse.
- **Le convertisseur de signaux** : il déforme chaque porteuse en fonction des commandes du transcepteur.
- **Les circuits d'interface** : ils injectent les signaux modulés sur la ligne électrique. En réception, ils retirent les signaux de la ligne dont les fréquences sont comprises entre 4,3 et 30,9 MHz. C'est le convertisseur qui transforme les signaux en données numériques qui seront décodées et décryptées par le transcepteur.
- **Le quartz** : il rythme la modulation haute fréquence. Une mémoire Eeprom contient les paramètres de configuration.
- **Les témoins lumineux** : ils indiquent le fonctionnement de l'adaptateur. (erreur, connexion, alimentation)
- **Circuit d'interface USB ou Ethernet** : relie l'adaptateur au PC



- **Transformateur électrique** : alimente l'adaptateur

Conclusion

Les avantages

Utiliser le réseau électrique pour transporter des données dispense de câbler les locaux concernés. La facilité de l'installation ainsi que le prix réduit du déploiement d'un tel réseau sont aussi des atouts en sa faveur.

Les informations véhiculées sont moins sujettes au piratage qu'avec un réseau radio (Wi-Fi) car elles sont plus difficile à décrypter et il est plus compliqué d'accéder aux lignes électrique contenant l'information.

Les inconvénients

Le débit de la norme Home Plug, 14 Mbits/s en théorie est moins importante que celle du WiFi.

Dans un environnement perturbé les signaux se trouvent modifié, il y a alors une baisse du débit.

Les adaptateurs CPL reviennent plus cher que les boîtiers WIFI ou carte Ethernet sauf que par la suite il n'y a pas de cables à acheter et renouveler (cas de l'Ethernet)

Le CPL offre donc un bon compromis entre les réseaux Ethernet et les réseaux WiFi. Tout dépend des propriétés du bâtiment et de la somme d'argent destiné à installer le réseau.

L'évolution du CPL

Dans les années à venir on s'attend à une nouvelle norme du CPL : L' Home Plug AV qui sera destiné à transporter des flux multimédia et aura un débit de 100Mbits/s