

Le Courant Porteur en Ligne



Ce document est composé de trois chapitres

- I. Le CPL c'est quoi ?
- II. Le CPL comment ça marche ?
- III. Le CPL technologie d'avenir ?

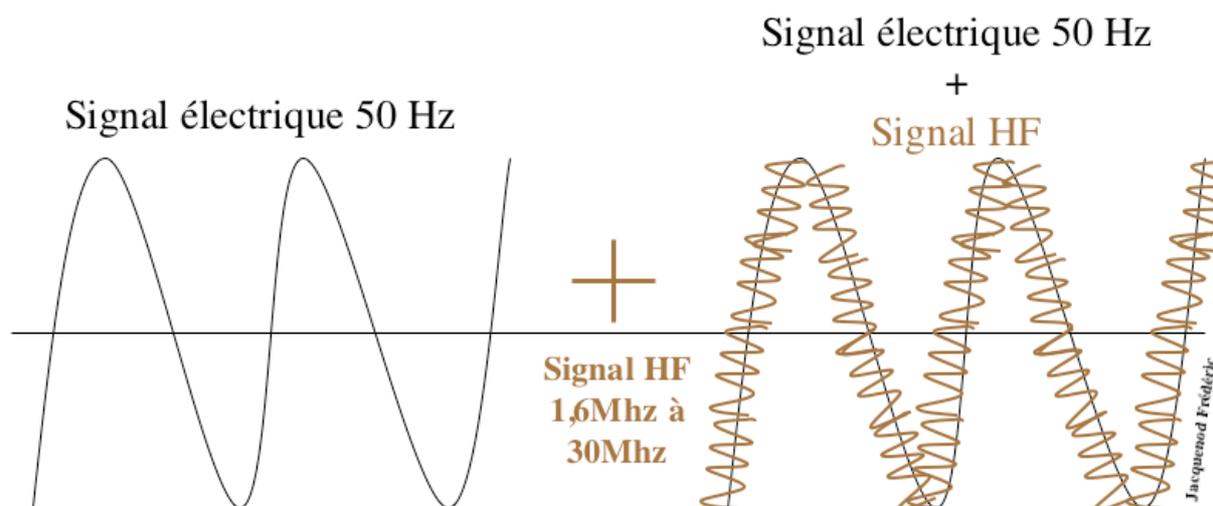


II. Le CPL comment ça marche ?

1. Caractéristiques techniques

a. Les fréquences

 Cette technologie utilise l'infrastructure électrique existante en couplant ses signaux au courant alternatif.



Les adaptateurs CPL, récupèrent le signal et suppriment les fréquences basses (le courant) pour isoler les fréquences hautes (données informatiques).

Les fréquences utilisées vont de 1,6 MHz à 30 Mhz soit des fréquences sur un bande large (Hautes Fréquences) mais en ondes courtes.

b. Les débits

Les débits moyens actuels sont situés aux alentours de 14Mbits/s en « indoor » partagés par tous les postes reliés à la même ligne électrique.

Le CPL fonctionne comme une topologie Bus.

L'évolution de la vitesse de transmission est rapide.

En effet en 1998, le débit était de 0,4Mbit/s tandis qu'en 2001 le débit proposé était de 2 Mbits/s théoriques.

Ce débit dépend du type de matériel.

Certains fournisseurs comme Alterlane indiquent des débits de l'ordre de 45Mbits/s.

D'autres comme SpidCom via la technologie FLIP (FLexible Powerline) ont testé des débits à 224 Mbits/s.

Une spécification proposant le 200Mbits/s est en cours d'élaboration par le DS2 et devrait sortir en 2004.

Les spécifications du HomePlug AV, successeur du Home Plug 1.01, indiquent des débits de l'ordre de 45 Mbits/s.

Attention, les chiffres avancés sont à scinder en deux parties.

Les débits en « indoor » (dans la maison, en aval du compteur électrique) sont situés actuellement entre 14Mbits/s et 45Mbits/s théoriques.

Les débits en « outdoor » (entre le compteur et le transformateur général du quartier) sont situés entre 14 Mbits/s et 224 Mbits/s théoriques.

Ces débits sont modulés en fonction de plusieurs critères :

1. La distance entre la prise électrique et le transformateur
2. Le nombre d'utilisateurs connectés
3. Si vous êtes en « indoor » ou en « outdoor »
4. Le nombre de répéteurs installés entre le transformateur et la prise
5. La charge du circuit électrique (plus il y a de matériels consommant de l'électricité plus le débit diminue)
6. Le type de matériel utilisé

Tout cela aboutit, en débit réel, à des valeurs plus proches des 2 à 10 Mbits/s à la sortie de la prise.



Les valeurs indiquées sont souvent celles obtenues au niveau du câble électrique et non à la sortie de la prise (plusieurs utilisateurs, répéteurs, appareils électrique branchés ...). De plus, la valeur en sortie de prise (2 à 10Mbits/s) sera **partagée** par tous les matériels connectés à la prise si vous y branchez un concentrateur. Comme pour le WiFi, l'utilisation du cryptage diminue aussi le débit effectif.

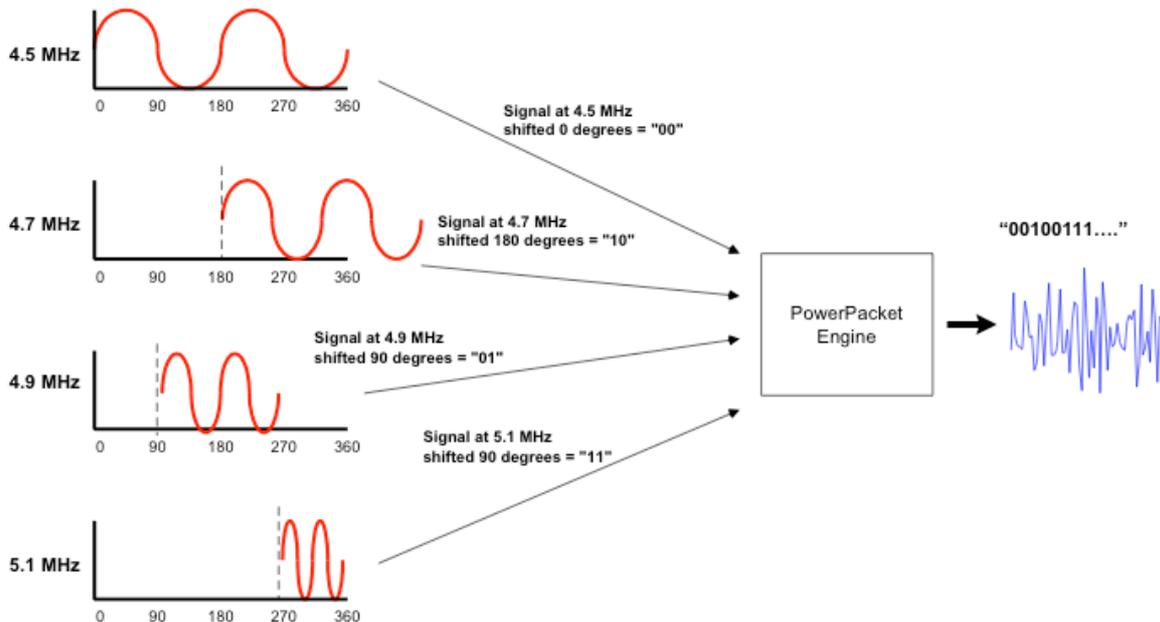
c. Les méthodes de transport des signaux

🔊 Ces débits sont possibles grâce à l'utilisation, comme pour le sans-fil de la modulation OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Le principe est de répartir un débit important sur une série de sous-porteuses modulées à bas-débits. Ces sous-porteuses sont en fait des modulations de fréquences orthogonales (Même espace entre chacune d'elles). On retrouve ce principe dans les liaisons sans-fil 802.11a et 802.11g.

🔊 La méthode d'accès est celle de la topologie bus sous la forme dérivée CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) et non celle dérivée de la topologie bus 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection). La technique a été mise au point sous la marque PowerPacket.



Le schéma suivant tiré de la spécification PowerPacket (<http://www.oxance.com/technologie.html>) montre la façon dont est mis en œuvre cette technologie. Les modulations de fréquences vont de 4Mhz à 21Mhz ce qui représente 84 porteuses possibles (dans l'exemple cela va de 4Mhz à 5Mhz).



 S'ajoutent à ces éléments deux autres mécanismes.

 Le virtual Carrier Sense qui permet de réduire les collisions de paquets. La station qui veut émettre envoie d'abord un petit paquet de contrôle (RTS : Request To Send) vers le destinataire. Ce dernier répond avec un paquet CTS (Clear To Send) si le support est libre. La topologie est celle du bus, tous les postes vont recevoir le RTS ou le CTS. Dès qu'ils l'ont, ils mettent en place un timer qui les empêchera d'émettre pendant la durée estimée de communication indiquée dans le RTS ou le CTS. Cette durée se nomme DIFS (Distributed Inter Frame Space).

 L'envoi par le récepteur d'un accusé de réception (Positif ACKnowledge) sans lequel l'émetteur ne transmet pas la suite. Si il ne le reçoit pas il émet à nouveau le paquet au bout d'un certain temps. Le principe est basé sur le théorème de Backoff exponentiel qui permet en cas de collision détectée de modifier sur les stations le nombre

maximum (n) de manière exponentielle. Un nombre x est alors tiré aléatoirement entre 0 et n. Ce nombre permet d'accéder au support au bout de x durées de temps. Il y a alors beaucoup moins de chance que plusieurs stations aient le même nombre et par conséquent cherche à communiquer en même temps provoquant alors une collision. Ce nombre correspond au nombre de slot (intervalle) qu'il doit attendre avant de pouvoir émettre. Un slot possède une durée déterminée par le Slot Time.

d. Les limites et les évolutions

🔌 Les liaisons sont au maximum de 800 mètres en « outdoor » c'est à dire entre votre compteur et le transformateur général (station électrique) de votre quartier (boucle locale). Les fréquences utilisées vont de 1,5Mhz à 30Mhz pour le transport de l'information. Entre 100 et 250 points d'accès « indoor » peuvent être gérés.

🔌 La spécification HomePlug 1.01 indique 15 points d'accès maximum par réseau logique. Certains constructeurs comme Oxanxce avec sa gamme PLA proposent déjà jusqu'à 250 points d'accès par réseau logique.

🔌 Les liaisons en « indoor » peuvent allées jusqu'à 300 mètres. Les fréquences utilisées vont de 1,5Mhz à 30Mhz.

🔌 Pour éviter des perturbations entre le réseau « outdoor » et celui « indoor », les fréquences utilisées peuvent ne pas être les mêmes. Certaines spécifications indiquent d'utiliser en « outdoor » les bandes de fréquences 1,5 MHz à 10 MHz et en « indoor » 10 MHz à 30 MHz. Lorsque l'on voit les spécifications des produits vendus, on s'aperçoit qu'ils utilisent plus généralement en « indoor » les bandes 4 MHz à 21 MHz.

🔌 Le nombre d'utilisateurs en « indoor » varie selon le débit, le matériel utilisé, le nombre de porteuses (modulation de fréquences, multiples spectres ayant une fréquence différente) autorisées. Le Celektron à 14Mbits/s permet d'utiliser 84 porteuses sur le circuit électrique.



 La spécification HomePlug 1.01 propose un cryptage DES 56 bits jusqu'à la carte réseau connectée à la prise.

Attention, une fois sorti de la prise, il n'y a plus de cryptage sur le câble ethernet ou sur le câble usb (Universal Serial Bus) qui relie la carte réseau à la prise.

 Les liaisons ne peuvent se poursuivre en amont du compteur électrique.

 Mise en place de solutions de Qualités de Services (Qos) pour pallier le partage de la bande passante par tous les utilisateurs (ou matériels) connectés sur un même segment électrique.

2. Déploiement



En regardant les documents, les expériences réalisées, tout paraît très simple, vous branchez et cela est opérationnel. Quelques points sont malgré tout à connaître pour bien comprendre la mise en place d'une solution CPL.

Il n'est pas nécessaire d'installer de pilotes sur les PC, les matériels PLC sont « autonomes » (adaptateurs, hub). Par contre, il est bien sûr nécessaire de configurer la carte réseau des PC (et matériel réseau PCL routeur ...) comme pour tout raccordement à un réseau.



La mise en place du CPL se fait à deux niveaux :



Un niveau appelé « outdoor » (extérieur) qui correspond à la partie qui se situe en amont du compteur électrique. On parle souvent de mise en place d'une boucle locale ou dernier kilomètre (last mile). Cette boucle relie les différentes habitations ou lieux où l'on veut mettre en place une solution CPL. Cette partie est gérée par le fournisseur d'accès.



Un niveau appelé « indoor » (intérieur) qui correspond à l'habitation ou le lieu dans lequel le CPL est utilisé. Cet endroit se situe en aval du compteur électrique. C'est l'utilisateur qui le met en place, sauf si un appareil doit être installé sur le compteur électrique. Par contre, les adaptateurs installés sur les prises, les ponts, le routeur ... sont à la charge de l'utilisateur final.

Du fait de ce découpage, un certain nombre de matériels vont être nécessaires pour relier les lieux en extérieur et les matériels en intérieur pour que tout cela puisse communiquer.

La partie qui permet de faire passer le flux informatique en amont du point d'entrée global, à savoir le transformateur ou la station électrique pour le quartier, ne peut se faire en CPL. En effet, cette partie est une partie Haute Tension, le CPL ne fonctionne que sur basse ou moyenne tension. Les expériences mises en place et testées comme celle de La Haye-du-Puits, a nécessité la pose de fibre optique le long des câbles hautes tensions, reliant ainsi le transformateur global du quartier à l'internet via une liaison fibre optique classique.

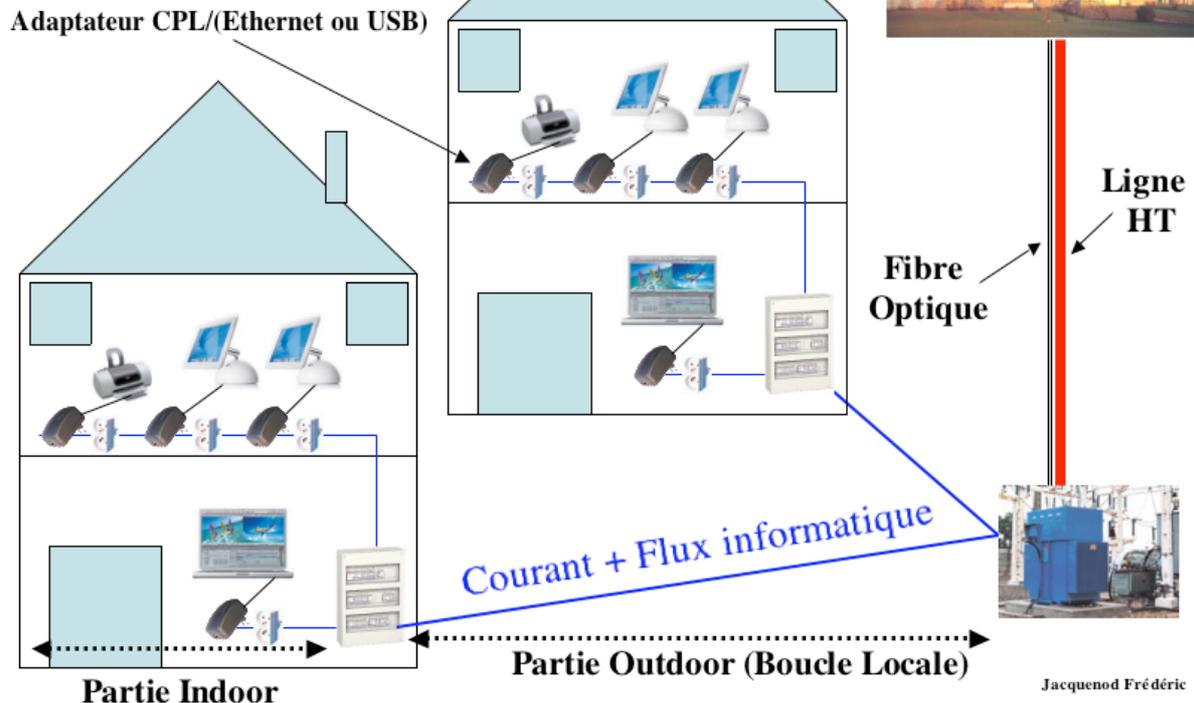


Le choix de la fibre est dû à la distance plus grande qui peut être parcourue avec cette technologie mais aussi au fait que les rayons lumineux qui transitent par la fibre optique, ne sont pas perturbés par les ondes électromagnétiques (parasites) engendrés par le courant.



Le schéma suivant montre un exemple basique d'une mise en place de CPL.

Exemple basique d'une architecture Courant Porteur en Ligne

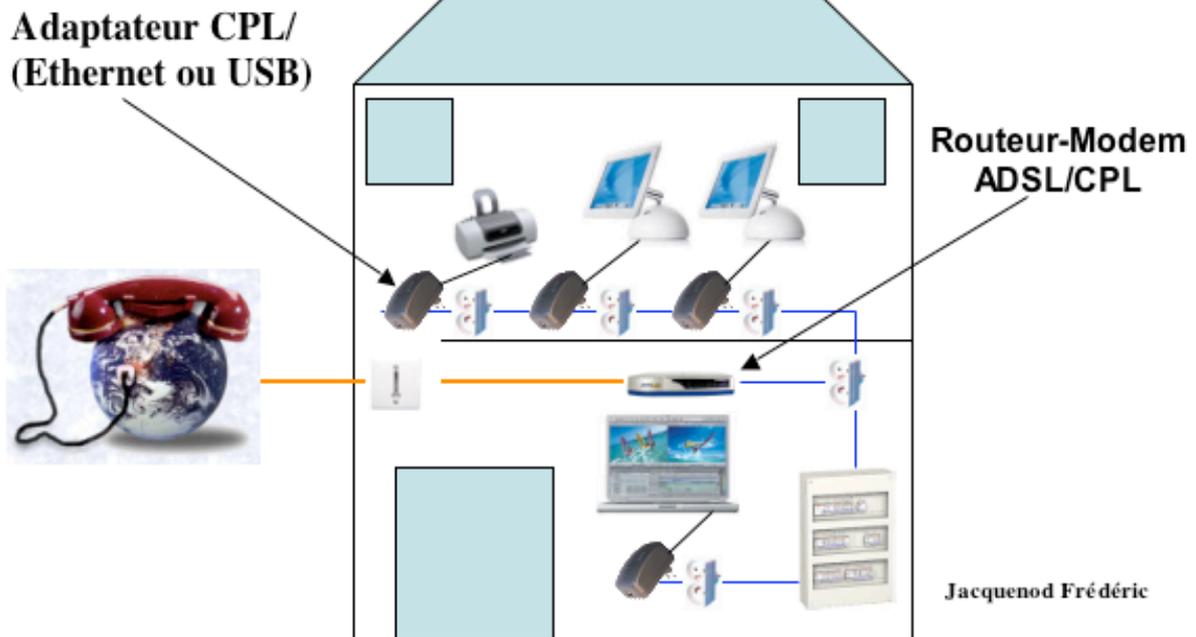


Il existe un grand nombre de possibilités pour le déploiement. Tout va dépendre de ce que vous désirez faire et de ce que vous avez comme technologie de raccordement à l'internet (si vous en avez une). En effet, rien n'oblige d'avoir une liaison Fibre Optique vers le Point d'accès à internet fourni par votre fournisseur (POP : Point of Presence), vous pouvez avoir une liaison téléphonique ou pas de liaison du tout.

 Vous avez plusieurs possibilités qui vous permettent de partager cet accès :

 Vous possédez déjà une liaison en ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line). Vous pouvez alors l'utiliser en la couplant avec un modem-routeur ADSL/CPL.

Connexion à l'internet via un routeur-modem ADSL/CPL



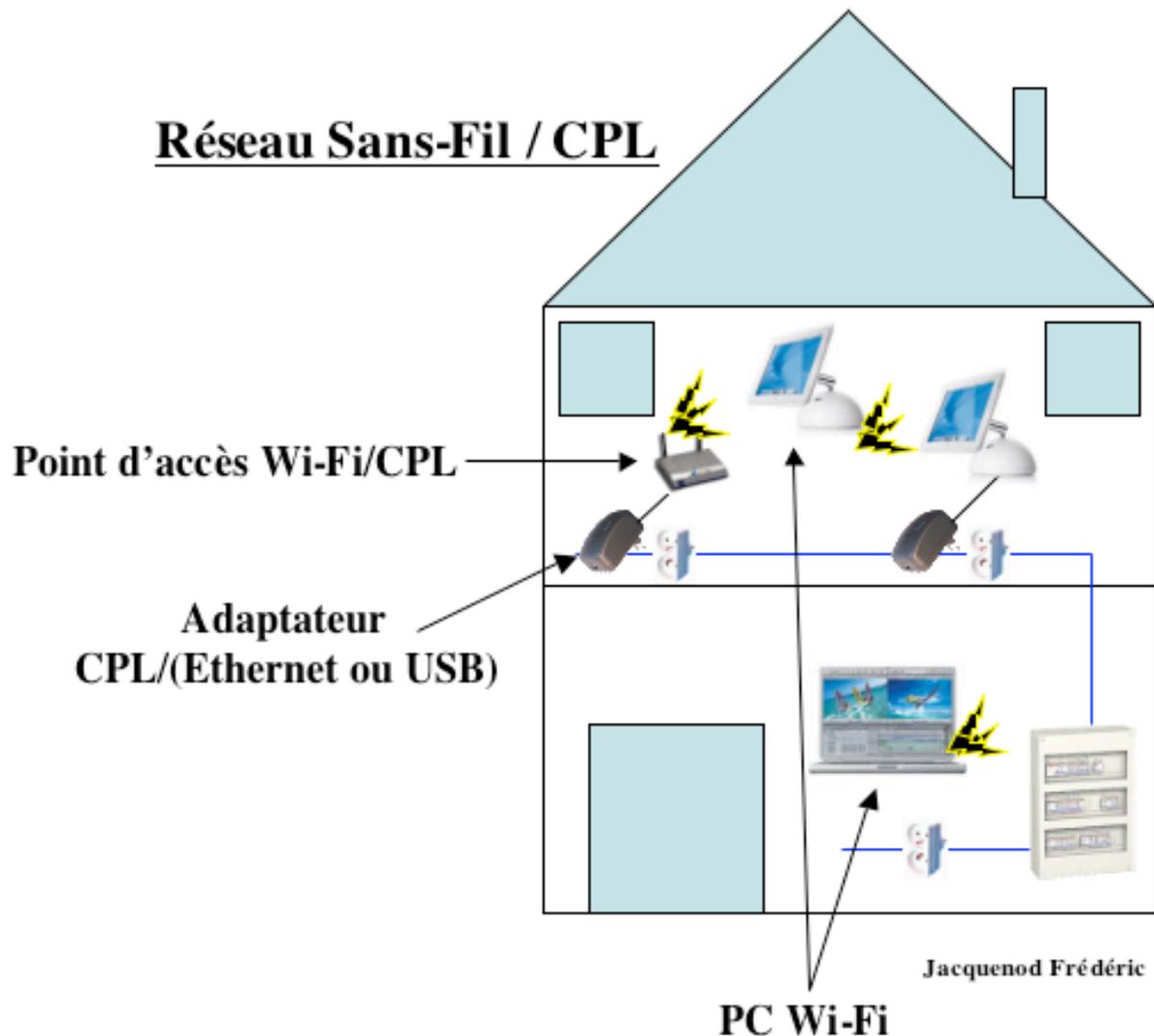
 Vous possédez l'ADSL et vous disposez déjà d'un modem-routeur ADSL. Dans ce cas, branchez le modem-routeur sur un adaptateur CPL (coupleur CPL) que vous branchez à son tour dans une prise électrique.

 Vous possédez un réseau Ethernet connecté (ou non) à l'internet, et vous voulez lui associer un réseau CPL pour l'agrandir de façon simple. Dans ce cas utilisez un pont Ethernet/CPL que vous branchez d'un côté sur la partie Ethernet (port d'un switch, d'un hub ...) et de l'autre sur une prise électrique. Si la partie Ethernet possède une connexion à l'internet via un routeur par exemple, votre réseau CPL y aura aussi accès.

 Vous pouvez aussi connecter un switch ou hub « normal » sur un adaptateur CPL connecté à une prise électrique pour multiplier le nombre d'accès possibles. **Attention** malgré tout, aux limitations aussi bien concernant le nombre d'utilisateurs que de matériels connectés.

 Il existe aussi des possibilités récentes de coupler votre réseau CPL avec un réseau sans-fil. Vous connectez le point d'accès sans-fil/Cpl à la prise électrique. Les matériels sans-fil vont communiquer avec

la borne qui leurs permet ensuite de communiquer avec ceux connectés au réseau CPL.



 Vous pouvez aussi bien sûr, réaliser un réseau « indoor », dans votre habitation sans nécessairement avoir besoin d'un accès vers l'internet. Dans ce cas branchez simplement les adaptateurs, configurez les cartes réseaux de vos matériels et ils communiqueront ensemble.

3. Les matériels



Pour réaliser un réseau CPL, vous disposez d'un grand nombre de possibilités selon l'architecture et les technologies que vous désirez associer à ce réseau (sans-fil, adsl ...)

a. Indoor

 Les premiers éléments indispensables sont les adaptateurs. Ces matériels se branchent sur les prises électriques et proposent une sortie ethernet ou usb à connecter à l'interface du matériel à associer au réseau CPL.

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



Adaptateur CPL/Ethernet RJ45



Adaptateur CPL / USB

Ces adaptateurs sont généralement :

1. Compatibles avec la spécification HomePlug 1.01
2. Proposent un cryptage DES 56 Bits
3. Utilisent la modulation OFDM (84 porteuses)
4. Leur portée, si l'on prend comme exemple le CELEKTRON E1 (Ethernet) ou le CELEKTRON U1 (USB) de la marque CMM

(Courant Multi Media) est annoncée à 300 mètres.



Surfez sur le Courant Multi Media

5. Le débit est de 14Mbits/s
6. Le prix est d'environ 100 Euros TTC
7. Bande de fréquences utilisée 4,3 Mhz à 20,9 Mhz



Certains adaptateurs sont plus intelligents comme ceux de la marque Oxance. En effet, ils peuvent faire aussi office de pont et possèdent une fonction de répéteur intégrée (gamme PLA200, ou PLA220).

Le PLA200 propose les fonctions suivantes



<http://www.oxance.com/>

- Répéteur automatique
- Routage dynamique (Election de la meilleure route)
- Filtrage des adresses Mac (Protection des accès)
- Gestion de la bande passante (Limitation des débits)
- Statistiques des communications sauvegardées en mémoire Flash (Facturation au volume)
- Connaissance complète de l'état du réseau courant Porteur (matrice des qualités, détection des PLA perturbés, ...)
- Sécurité renforcée (AES 128 bits superposé au DES 56 bits)
- Administration graphique et intuitive par serveur HTTP
- Management SNMP V1, V2c et V3 + démon syslog (Gestion des traps)
- Localisation d'un PLA à distance
- Fairness (Prioritisation des flux, comme la VoIP)
- Distance > 200 mètres
- Débit 4 Mbits/s
- Pas de limite d'utilisateurs/PLA
- Maximum 254 PLA / réseau logique
- Prix environ 340 Euros TTC



Ces adaptateurs sont plus proches du pont, ils permettent notamment la gestion des VLAN (802.1Q), de la qualité de service (QoS), du multicast ...

<http://www.leacom.fr/>



Si vous désirez multiplier les accès à votre réseau à partir d'une prise électrique, vous pouvez utiliser un adaptateur lui-même relié à un hub ou un switch Ethernet. Certains adaptateurs peuvent faire office de pont pour relier votre réseau CPL à votre réseau Ethernet. Par exemple, chez Oxance les adaptateurs peuvent être configurés dans ce mode (gamme PLCnet). Ils autorisent alors 16 utilisateurs.



Il existe aussi des switches CPL/Ethernet/Usb que vous pouvez connecter directement sur le réseau électrique. Le PowerSpeeder de Nirodia en est un. Ce matériel peut prolonger le réseau électrique en réseau Ethernet et/ou vers un matériel usb et ceci à chaque prise où vous connectez le PowerSpeeder.



 Pour les connexions intérieures (« indoor »), vous avez la possibilité de coupler le réseau CPL avec un réseau Sans-Fil comme indiqué dans le schéma précédent. Dans ce cas, vous devez utiliser un point d'accès Wi-Fi/CPL. Même si cette technologie est assez récente plusieurs constructeurs proposent des matériels.



<http://www.courantmultimedia.fr/>



<http://www.corinex.com/>

Dans les deux cas, la partie Sans-Fil est normalisée 802.11b soit un débit théorique de 11Mbits/s. La partie CPL respecte les spécifications HomePlug 1.01 et propose donc un débit de 14 Mbits/s. Il n'est pas nécessaire d'utiliser un adaptateur pour relier cette borne au réseau électrique, cette possibilité est interne à ce matériel.

Vous retrouvez ces mêmes matériels chez d'autres constructeurs



AirWire 14 chez Niroda
(<http://www.niroda.fr>)

 Pour les connexions à l'internet, vous devez insérer un matériel entre cette connexion et le réseau CPL. Ce matériel aura des spécificités différentes selon la technologie utilisée pour l'accès extérieur (ADSL, câble, satellite ...).

 Si vous possédez déjà un matériel style routeur-modem ADSL, il « suffit » de le connecter à un adaptateur pour permettre aux matériels sur le réseau CPL de se partager l'accès à l'internet. Vérifier tout de même le type de cette connexion car il faut certainement activer la fonction NAT (Network Address Translation).

 Vous possédez l'abonnement ADSL mais pas le matériel pour s'y connecter. Dans ce cas, vous allez devoir utiliser un modem-routeur ADSL/CPL. Une connexion à la prise électrique et une connexion à la ligne ADSL sont alors possibles directement avec ce matériel. Il sert alors de passerelle entre ces deux technologies.

Certains matériels vont plus loin en proposant plusieurs connectiques pour l'intérieur « indoor », comme de l'USB et de l'Ethernet 10/100 Mbits/s vous permettant différents types de liens. Ils peuvent aussi proposer une fonction de Firewall.



Le MM-Box de CMM.



Le PLG001-01 – ELEKTRA de LEA

Il possède les mêmes fonctions que le PLG001-01.

La différence tient au fait qu'il ne possède pas de port USB mais par contre il possède 4 port Ethernet.

Prix : environ 400 Euros TTC

(Laboratoire Européen ADSL) société rennaise créée en 1999.

Ce boîtier possède un modem ADSL (prise RJ11) intégré qui permet de gérer jusqu'à 15 connexions simultanées, un port Ethernet 10/100 (prise RJ45) et un port USB 2.

Il possède aussi un FireWall, un serveur DHCP (dynamic Host Configuration Protocol), un DNS (Dynamic Name Server) un serveur Web intégré pour sa gestion, un cryptage des informations, une gestion du protocole NAT.

De plus il possède une interface Ethernet sur laquelle il est possible de connecter un réseau Ethernet, il a donc une fonction de passerelle.



Ce routeur possède aussi une interface ADSL. Sur le site de corinex il existe une documentation très complète de sa mise en œuvre sur PC, Mac et des indications sur toutes ses possibilités.

<http://www.corinex.com/>



Si vous possédez un accès à l'internet par un autre biais que l'ADSL, par exemple le câble, le satellite, la Fibre Optique ... Il est possible via ces routeurs (ou même sans) de relier votre réseau CPL en connectant votre accès extérieur à un des ports Ethernet que ces routeurs proposent.

b. Outdoor

Pour les accès outdoor, la gamme des produits est réservée aux professionnels qui les mettent en place.

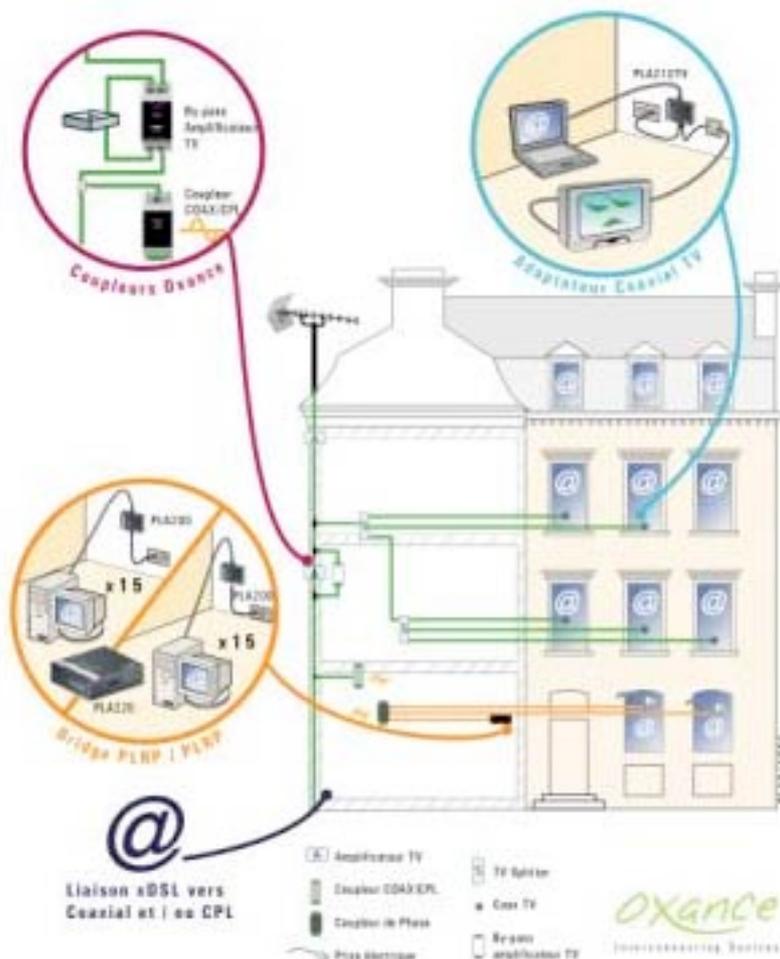


Vous avez chez Oxance la gamme des PLA210 et PLA220 qui permettent le raccordement des immeubles en entrée des transformateurs. Le PLA210 permet de gérer jusqu'à 254 adaptateurs. Son avantage est d'utiliser une connectique coaxiale 75 ohms qui

permet de se connecter à l'infrastructure télévision d'un immeuble ou d'un groupe d'immeuble. La distance maximale point à point est de 800 mètres. Vous pouvez ainsi relier vos immeubles via le câble télévision pour ensuite redistribuer les données réseau en les injectant dans le réseau électrique d'un immeuble.



Application Habitat Collectif Solution mixte CPL / COAX TV



 Schneider propose le répéteur CPL, IR LR 1100 (Intermediate Repeater Long Range) qui propose un débit de 36Mbits/s et qui permet d'augmenter la distance outdoor de 400 mètres. Il peut gérer 63 « indoor » et propose un port RJ45 et RS232 (pour une liaison avec le réseau téléphonique).



c. Autres matériels

 Nirodia (gamme wingoline) propose aussi des bornes analogiques sur CPL. Vous transportez ainsi le code analogique téléphonique à travers le réseau électrique. Cela permet de connecter n'importe où des fax, minitel, téléphone, point d'accès à l'internet via le réseau téléphonique ... Son prix actuellement est de 160 Euros TTC.



 Le coupleur de phase CPL3PH d'Oxance permet le couplage des phases L1, L2, L3 et le neutre. Ceci permet ensuite de faire passer le signal HomePlug entre ces 3 phases et le neutre sur les fréquences situées entre 3Mhz et 30Mhz.

