

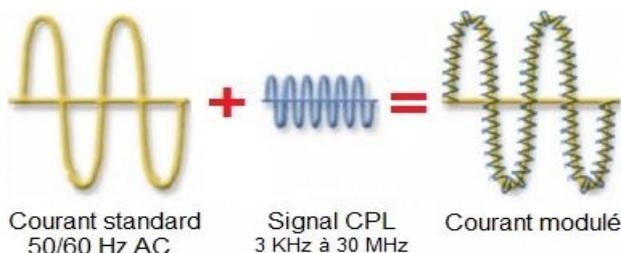
Les courants porteurs en bas débit sont utilisés depuis les années 1950 pour des applications industrielles (éclairage public, télécommande de relais, surveillance des lignes haute tension), ils tendent à se démocratiser pour les utilisations domestiques.

De façon générale, la technologie CPL (Courant Porteur en Ligne) permet de transmettre des informations numériques par modulation du courant présent sur le réseau électrique existant (internet, données, audio, vidéo,...).

Le principe de cette technologie consistant à superposer au signal électrique 50 Hz un signal modulé à plus haute fréquence (bande 9KHz à 148,5KHz et 1,6 à 30 MHz) et de faible énergie.

Se propageant sur les câbles des installations électriques, ce deuxième signal pouvant être ensuite reçu et décodé à distance, ce qui permet d'effectuer des transmissions de données numériques sur les réseaux électriques de haute, moyenne, ou basse tension.

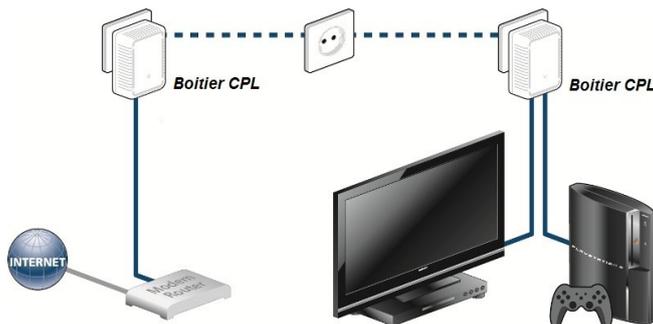
Le 50 Hertz de nos installations électriques étant utilisé comme porteuse posant un problème, les câbles nont prévus à cet effet n'étant pas blindés générant une pollution électromagnétique.



#### Leur utilisation courante

Il suffit de connecter un boîtier adaptateur (plug) et les données sont transmises via les câbles électriques.

La principale utilisation en usage domestique et bureautique se résume à installer 2 plugs CPL plutôt qu'un câble RJ45 entre deux équipements, l'avantage étant de pouvoir transmettre des données entre des équipements éloignés sans avoir besoin de câbler.



Il est évident que dans la plupart des cas, c'est une solution de facilité (pas de trous à faire, pas de goulottes à poser sur les murs pour passer un câble RJ45).

Génial ! mais l'enfer est pavé de bonnes intentions... et ce sont souvent les chemins paraissant les plus faciles qui y mènent, cette technologie serait formidable, si... elle ne générait pas des rayonnements Radiofréquences autour de chacun des câbles, des courants radiatifs [classés comme cancérogènes possibles par l'OMS \(groupe 2B\)](#).

#### Comparons les deux solutions...

- Une paire de plugs coûte 10 fois plus cher qu'un câble RJ45.
- Les plugs CPL consomment de l'électricité 24h/24, le câble ne consomme rien.
- Les plugs CPL chauffent énormément (risque d'incendie), le câble reste froid.
- La durée de vie d'un plug est de quelques années, le câble est garanti à vie.
- Le débit (théorique) d'un plug est de 500 Mb/s, le câble débite (réellement) 1 Gbp/s.
- Les plugs CPL émettent des rayonnements électromagnétiques (radiofréquences).
- Le câble n'émet aucun rayonnement.

Bref, de quoi réfléchir sérieusement avant de choisir "la facilité"...

### Conventionnellement, on classe les CPL en deux catégories selon le débit offert

- **Les CPL à bas débit**, qui utilisent des techniques de modulations relativement simples, par exemple quelques porteuses (une seule à la fois) en modulation de fréquence, les bandes des fréquences utilisées en Europe étant comprises entre 9 et 150 kiloHertz.
- **Les CPL à haut débit**, qui utilisent des modulations multiporteuses de type OFDM, dans la bande de 1,6 à 30 MégaHertz (bandes Hautes Fréquences allant de 3 à 30 MégaHertz).

### Il existe actuellement trois protocoles

Le CPL G1	de 3	à 148 kHz (Basses Fréquences)
Le CPL G3*	de 10	à 490 kHz (Basses Fréquences)
Le CPL Haut débit	de 1,6	à 30 MHz (Hautes Fréquences)

C'est le Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique (CENELEC) qui définit les normes électrotechniques afin d'aider le développement des services et des biens électrotechniques, électriques et électroniques sur le marché européen (le catalogue CENELEC contenant à ce jour plus de 5.000 normes).

En basse fréquence, les niveaux d'émission et les fréquences sur le réseau normés et fixés par le CENELEC sont utilisables selon 4 bandes de fréquences :

Bande	Fréquence	Utilisation
<b>CENELEC A</b>	Spectre de 3 à 95 kHz	Réservé aux fournisseurs d'électricité
<b>CENELEC B</b>	Spectre de 95 à 125 kHz	Toutes applications, pas de gestion de collisions
<b>CENELEC C</b>	Spectre de 125 à 140 kHz	Réseaux domestiques avec gestion de collisions (CSMA/CA)
<b>CENELEC D</b>	Spectre de 140 à 148.5 kHz	Alarmes, systèmes de sécurité sans gestion de collisions

#### \* Le protocole G3

Le CPL G3 de Linky est différent du CPL HomePlug AV : il s'agit d'un protocole basse vitesse, basse fréquence et conçu pour s'accommoder de conditions très dégradées sur une longue distance.

HomePlug AV2 pouvant théoriquement transmettre 1 Gigabit/s en utilisant des fréquences de 2 à 100 MHz, mais uniquement sur une dizaine de mètres.

Au contraire, le CPL G3 du Linky offre une portée de plusieurs kilomètres en utilisant une bande de fréquences de l'ordre de 35 à 90 KHz (en France, grâce à la bande CENELEC-A dédiée à cet usage) et un codage OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing) à correction d'erreurs multiples, son débit effectif ne dépassant toutefois pas 1 Ko/s dans le meilleur des cas...

La gestion des perturbations s'avérant un point crucial, puisque contrairement à une idée reçue, le CPL ne s'arrête pas au compteur, ce qui nécessiterait un filtre énorme (?) et le signal circule donc en amont et en aval de Linky.

Conséquence directe : toute la pollution électromagnétique générée par les alimentations à découpage Noname des abonnés se retrouve elle aussi dans le réseau électrique d'ErDF, bien après le compteur, et Linky doit donc utiliser un mode de transmission très résistant aux perturbations.

Côté fréquence, le CPL G3 est conçu pour fonctionner de 10 à 490 kHz afin de s'adapter aux législations des différents pays, en France, il se limite à une gamme de fréquences de 35 à 90 kHz (bande CENELEC-A), spécialement dédiée à cet usage.

Linky utilisant donc du CPL pour communiquer avec les concentrateurs positionnés sur les postes de transformation d'Enedis, équipés de puces GSM afin de remonter les données à un centre de traitement national via le réseau GPRS classique (utilisé par les téléphones mobiles), chaque concentrateur supportant en moyenne une centaine de compteurs.

On notera aussi que lorsque les communications sont difficiles, notamment du fait qu'ils sont trop éloignés des concentrateurs, ce sont certains compteurs qui prennent le relais (de la même manière que sont utilisées en hotspot certaines box Wifi).

### La transmission des données recueillies par le compteur Linky

L'exploitation des fonctions du compteur Linky d'Enedis (ex ErDF) utilise deux niveaux de communication :

- Un qui utilise le réseau de distribution électrique public et privé (chez les consommateurs), allant jusqu'à des concentrateurs hauts, situés généralement à quelques centaines de mètres des habitations.

Ces données numériques sont transmises grâce à du CPL dans la bande A du CENELEC (réservée aux fournisseurs d'énergie) grâce à deux porteuses de 63,4 KHz et 74 KHz\*.

Une forte pollution électromagnétique est ainsi générée par le réseau, mais autre souci... ces rayonnements radiatifs provenant du CPL utilisé entre les concentrateurs et les compteurs ne sont pas stoppés par le compteur\*\*...

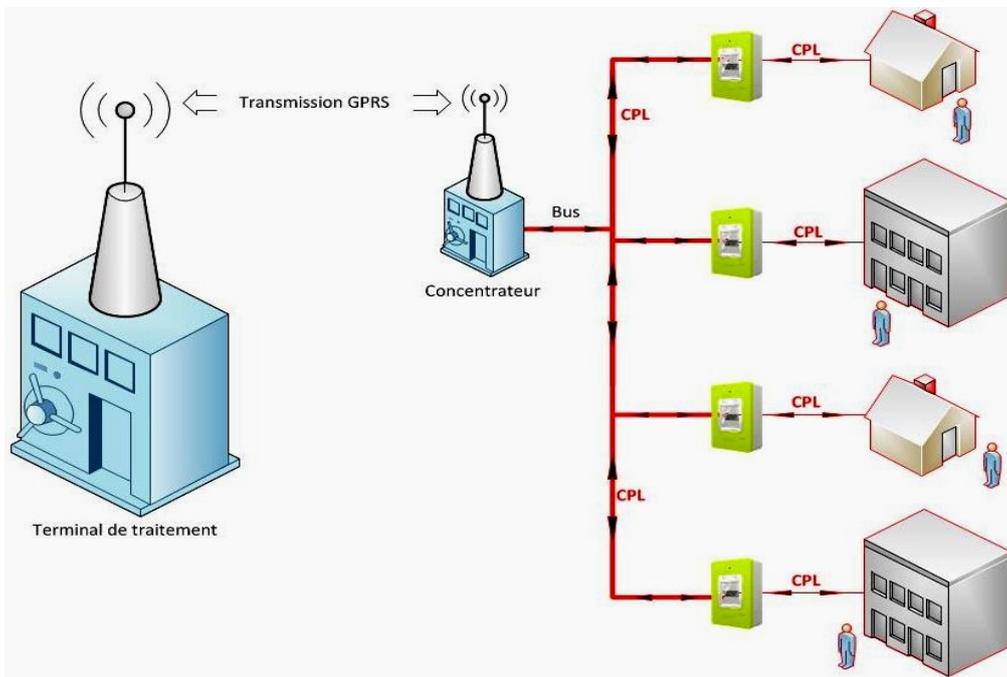
\* Les bandes de fréquences du CPL sont injectées en superposition sur le 50 Hz.

Le CPL des compteurs Linky fonctionnant par impulsions sous forme binaire (0 et 1) :

- Pour le protocole G1, le 0 est codé sur 74 kHz et le 1, sur 63,3 kHz.
- Pour le G3, les fréquences s'étalent de 35 à 90 kHz.

\*\* En observant également que même si le compteur n'est pas posé chez soi et qu'on pense de ce fait être protégé parce qu'on l'a refusé, le courant CPL provenant des habitations environnantes est présent sur tout le réseau, et qu'on n'en est pas moins impacté...

Les données sont ensuite transmises par réseau hertzien, par le biais d'antennes-relais de type GSM téléphonie mobile à partir des concentrateurs, en utilisant les antennes existantes installées ainsi que d'autres créées pour l'occasion, afin d'aboutir au final aux terminaux de traitement (SI ou Systèmes d'informations centralisées ou encore Datacenter).



### Les installations électriques deviennent ainsi émettrices

Un câble électrique parcouru par un courant d'intensité  $i$  générant à la distance  $d$  de ce conducteur un champ magnétique  $B$ , dont l'intensité est égale à  $B = \mu_0 \cdot i / (2 \cdot \pi \cdot d)$ ,  $\mu_0$  étant une constante... c'est le théorème d'Ampère.

Lorsqu'ils ne sont pas blindés, les câbles électriques de l'installation électrique génèrent donc des champs magnétiques.

Les champs électriques et magnétiques étant indissociables, il s'agit en réalité de champs électromagnétiques : les CPL sont ainsi sources de pollution électromagnétique.

La réciproque est également vraie, un câble électrique situé dans un champ magnétique va générer un courant électrique, ce qui est l'origine des courants induits : les ondes wifi d'une habitation, par exemple, vont générer des courants induits (courants parasites radiofréquences) dans les câbles électriques lorsqu'ils ne sont pas blindés.

