

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 96 (2005)
Heft: 1

Artikel: Télévision à l'aide de courants porteurs en ligne
Autor: Moix, Dominique
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857761>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Télévision à l'aide de courants porteurs en ligne

Comment le réseau électrique d'une habitation permet de distribuer des données multimédia dans un appartement ou une maison

A l'aide de la technologie des courants porteurs en ligne, le réseau électrique existant d'une habitation permet de transporter des données sans installer de câblage spécifique supplémentaire. Cet article décrit le fonctionnement et les applications de la technologie des courants porteurs en ligne basés sur le standard HomePlug¹⁾. Le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM) permet une utilisation efficace de la bande de fréquences disponible et offre une grande robustesse face aux perturbations. La couche de contrôle d'accès au support (MAC) utilise un protocole du type accès multiple avec écoute de porteuse et prévention des collisions des paquets (CSMA/CA). Les perturbations ainsi que la compatibilité électromagnétique sont aussi discutées. Les produits actuels permettent de transporter des données jusqu'à 6 Mbit/s. Les futurs produits permettront d'augmenter ce débit jusqu'à environ 100 Mbit/s.

Le nombre de clients résidentiels ayant un accès haut débit est en rapide augmentation (figure 1). Aujourd'hui, cet accès est généralement utilisé pour surfer sur Internet. Cependant, le débit disponible de plus en plus élevé permet d'envisager

Dominique Moix

la distribution simultanée de services de téléphonie et de télévision sur Internet Protocol (IP) et de données sur ce même accès. Un des nombreux obstacles à surmonter est la liaison entre le routeur à large bande et l'appareil terminal. Cet appareil terminal peut être un téléphone, un boîtier décodeur numérique (Set Top Box) ou un ordinateur. Si l'accès est du type ADSL, généralement seul le téléphone est situé près du routeur ADSL. Si l'accès est du type câble, généralement seulement la télévision et le boîtier décodeur numérique sont situés près du routeur câble. Ainsi, de nombreux appareils

devant être connectés au routeur ne sont pas à proximité immédiate du routeur: par exemple, le routeur et l'ordinateur se trouvent dans des pièces éloignées l'une de l'autre ou à des étages différents. Il n'est alors pas possible ou peu commode d'utiliser un câble Ethernet. La technologie sans fil du type WLAN (Wireless Local Area Network) peut être utilisée, mais elle a aussi ses limites: une distance trop grande entre le point d'accès et le récepteur ainsi que des murs en béton armé affaiblissent le signal radio et diminuent fortement le débit utile ou empêchent toute réception.

La technologie des courants porteurs en ligne²⁾ (CPL) utilise le réseau électrique existant d'une habitation pour transporter les données. La technologie CPL sépare les signaux à basse fréquence et les ondes de haute fréquence sur lesquelles transitent les données numériques. Des prises électriques se trouvent dans chaque pièce et permettent ainsi de

connecter facilement des appareils électroniques se trouvant dans différentes pièces. Les technologies HomePlug, X-10, LonWorks et CEBus utilisent également le câblage électrique d'une habitation pour transporter des données. La technologie HomePlug est la plus performante et est l'objet de cet article.

D'autres technologies utilisent d'autres types de câblage existants: HomePNA³⁾ utilise le câblage téléphonique et Home Cable Network Alliance définit des standards pour utiliser les câbles coaxiaux dédiés à la distribution câblée de télévision. Malheureusement, ces 2 types de câblage n'interconnectent généralement pas toutes les pièces d'une habitation et les technologies qui permettent de transporter des données numériques sur ces types de câbles sont très peu répandues.

Principe de fonctionnement du standard HomePlug

Le standard HomePlug spécifie les couches physiques et de contrôle d'accès au support (Media Access Control ou MAC). Au niveau de la couche physique, le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM ou Orthogonal Frequency Division Multiplexing) est utilisé. OFDM utilise la bande de fréquence disponible de manière très effi-

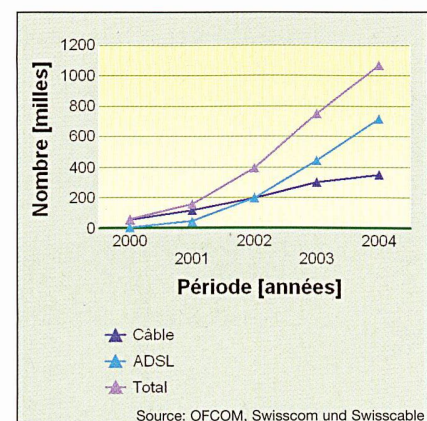


Figure 1 Développement des accès haut débit

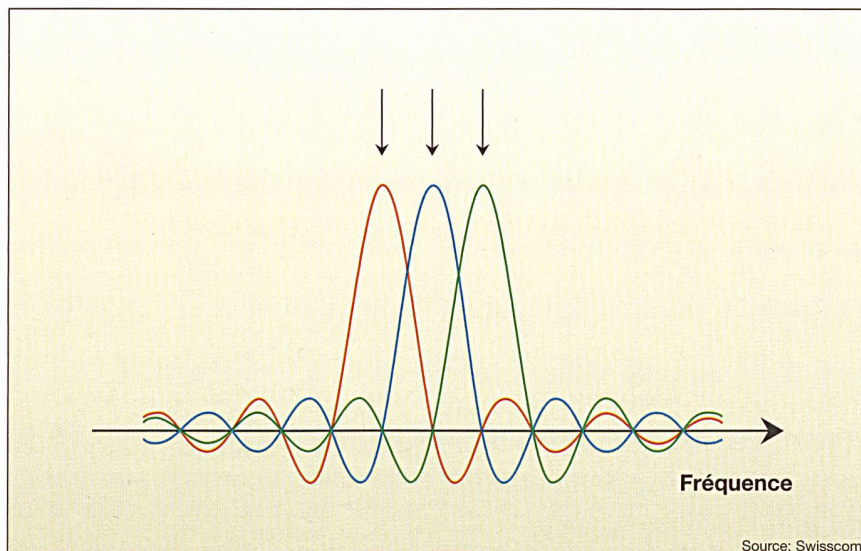


Figure 2 Principe de l'OFDM

Les flèches indiquent les fréquences où le signal d'une sous-porteuse est maximal

cace. Il transmet les données au moyen d'un grand nombre de porteuses à bande étroite appelées sous-porteuses. Les sous-porteuses sont suffisamment étroites pour que la réponse fréquentielle du canal puisse être considérée comme constante. Ainsi, l'égalisation du signal est fortement simplifiée. OFDM divise le canal binaire à haut débit devant être transporté en plusieurs canaux à bas débit. Chaque canal à bas débit module une sous-porteuse. L'orthogonalité vient du fait que l'espacement entre chaque sous-porteuse est constant et est égal à l'inverse du débit de chaque sous-porteuse. Ainsi, si une transformée de Fourier selon la méthode Fast Fourier Transform (FFT) est appliquée au signal reçu, la valeur de chaque point dépend seulement du canal à bas débit qui a modulé la sous-porteuse correspondante. La figure 2 montre les spectres de 3 sous-porteuses modulées selon OFDM: le spectre de chaque sous-porteuse est de la forme $\sin(x)/x$. Les spectres des 3 sous-porteuses ne sont pas séparés, mais se recoupent. L'information transmise par les sous-porteuses peut

néanmoins être séparée facilement, car le signal est évalué aux fréquences indiquées par les flèches: à ces fréquences, le signal d'une sous-porteuse est maximal, alors que les signaux de toutes les autres sous-porteuses sont zéro.

Pour HomePlug, l'espacement entre chaque fréquence est d'environ 200 kHz et la bande de fréquence utilisée est comprise entre 4,49 et 20,7 MHz [1]. Cette bande est divisée en 84 sous-porteuses. 8 de ces sous-porteuses ne sont en général pas utilisées de manière à pas perturber les bandes de 17, 20, 30 et 40 m qui sont utilisées par les radios amateurs.

Si des signaux subissent une réflexion, des interférences entre les différentes sous-porteuses apparaîtront au récepteur. Pour éviter ces interférences, un préfixe cyclique est ajouté au signal. Ce préfixe est la réplication des dernières microsecondes du symbole OFDM (figure 3).

Les types de modulation pour les sous-porteuses sont Binary Phase Shift Keying (BPSK), Differential BPSK (DBPSK) et Differential Quadrature Phase Shift Keying (DQPSK). Lorsqu'une communi-

cation est établie entre 2 modems CPL, les modems déterminent d'abord quelles sous-porteuses sont utilisables et quelle forme de modulation doit être appliquée sur les sous-porteuses. Le code correcteur d'erreur (FEC ou Forward Error Correction) devant être utilisé est aussi déterminé. Ce code correcteur d'erreur est basé sur la méthode de Reed-Solomon et est combiné avec un entrelacement convolutif des octets pour minimiser l'impact du bruit en rafales.

En plus de ces modulations, le mode ROBO (Robust OFDM) permet une communication très robuste, bien qu'à bas débit. Il utilise toutes les sous-porteuses qui sont alors modulées avec DBPSK. Le mode ROBO est utilisé pour diffuser des trames (Broadcast), pour les indicateurs de début et de fin de trame et pour la communication entre 2 modems quand la qualité de la ligne est très mauvaise.

Dans la technologie HomePlug, le protocole de la couche de contrôle d'accès au médium (MAC ou Medium Access Control) est du type accès multiple avec écoute de porteuse et prévention des collisions des paquets (CSMA/CA ou Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

La figure 4 présente la structure de la trame pour le transport des données. L'indicateur de début de trame est composé d'un préambule et du contrôle de trame. Le préambule est une séquence connue et facilement détectable par tous les récepteurs, indépendamment des perturbations. Le contrôle de trame indique si l'indicateur est pour un début de trame, une fin de trame ou pour une réponse. Le contrôle de trame indique aussi la longueur de la trame ainsi que les sous-porteuses utilisées pour transporter la trame.

L'entête de la trame contient les adresses MAC de l'émetteur et du récepteur ainsi que des informations de contrôle de la couche MAC. Le corps de la trame contient les données à transporter et le bourrage rajoute des zéros pour que les données puissent être traitées plus tard. Frame Check Sequence (FCS) est un code polynomial détecteur d'erreur. Le corps de la trame peut être transmis avec un débit physique maximal de 13,75 Mbit/s.

Le modem qui reçoit une trame lui étant destinée envoie au modem émetteur un indicateur de réponse. Cet indicateur de réponse est composé d'un préambule et d'un contrôle de trame (figure 5). La réponse indique si la trame a été bien reçue, si des erreurs ont été détectées ou si le récepteur est occupé. Le délai maximal entre une trame de données et un indicateur de réponse est de 26 microse-

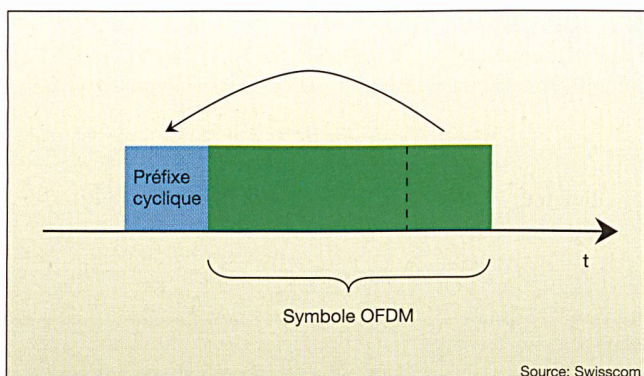
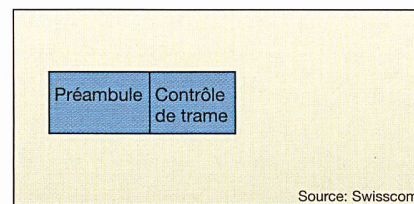


Figure 3 Ajout d'un préfixe cyclique pour préserver l'orthogonalité des sous-porteuses

Abbreviations

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
BPSK	Binary Phase Shift Keying
CPL	Courants Porteurs en Ligne
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DBPSK	Differential BPSK
DES	Data Encryption Standard
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying
FEC	Forward Error Correction
FFT	Fast Fourier Transform
FSC	Frame Check Sequence
HDTV	High Definition Television
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
LAN	Local Area Network
MAC	Medium Access Control
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PLC	Power Line Communication
ROBO	Robust OFDM
TDMA	Time Division Multiple Access
USB	Universal Serial Bus
WLAN	Wireless LAN



Source: Swisscom

Figure 5 Indicateur de réponse

utilisés par la technologie HomePlug. Il en résulte différentes sortes de problèmes. Si le réseau électrique est triphasé comme cela est le cas pour les nouvelles habitations, il se peut que les modems soient branchés sur des phases différentes. Dans ce cas, il est parfois nécessaire de coupler avec des capacités les différentes phases. Le couplage capacitif se fait généralement au niveau du tableau électrique et doit être exécuté par un électricien.

Les appareils branchés sur le réseau électrique sont souvent une source de bruit. Le bruit peut être causé par commutation électronique (variateur des lampes halogènes, alimentation à découpage, plaques à induction, thyristor) ou par commutation sur des contacts (balais sur rotor, interrupteurs).

Certaines alimentations réseaux, particulièrement pour les ordinateurs, empêchent parfois une communication par courants porteurs en ligne. Ces alimentations comprennent une capacité entre la phase et le neutre située directement du côté réseau: cette capacité court-circuite les hautes fréquences utilisées par la technologie CPL. Un filtre avec des bobines interposé entre le réseau et l'alimentation permet d'éliminer ce problème.

Malgré tous ces problèmes potentiels, il est à noter que dans la grande majorité des cas, les modems peuvent communiquer entre eux à des débits supérieurs à 1 Mbit/s sans aucune modification du réseau électrique. Il n'est ainsi généralement pas nécessaire de faire appel à un électricien pour installer des modems CPL chez soi.

Interférences

Il arrive parfois que la technologie CPL perturbe les communications radio dans la bande de fréquences de 4 à 20 MHz. Le rayonnement est généré principalement par le câblage électrique qui n'a pas été conçu pour transporter des signaux à des fréquences élevées. Bien que les modems CPL récents n'utilisent pas les sous-porteuses destinées aux radios amateurs, il existe encore des modems CPL qui les utilisent. En plus des fréquences réservées aux radios amateurs, certaines fréquences dans la bande

condes. Si l'émetteur ne reçoit pas d'indicateur de réponse, il considère qu'une collision a causé la perte de la trame.

Après que le récepteur ait envoyé la réponse, les modems désirant envoyer des trames indiquent leur priorité d'accès au médium. 4 niveaux de priorité sont définis. Les modems signalant la plus haute priorité choisissent de manière aléatoire un intervalle de temps (slot) à l'intérieur d'une fenêtre de contention. La taille de la fenêtre de contention augmente à chaque fois que le modem essaie d'accéder sans succès au médium. La priorisation des données et les courts délais permettent de transporter des données en temps réel comme la voix sur IP.

Les données sont cryptées à l'aide de la technologie Data Encryption Standard (DES) utilisant une clé de 56 bits. Sur le réseau électrique d'une habitation, il est ainsi possible de définir plusieurs réseaux logiques HomePlug. Les données trans-

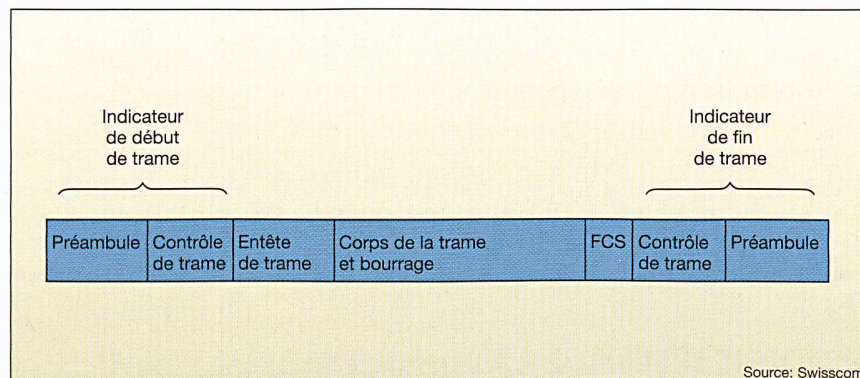
mises sur un réseau logique ne peuvent pas être lues par les modems situés sur un autre réseau logique. Le débit disponible devra cependant être partagé entre les différents réseaux logiques, car le réseau électrique est commun aux 2 réseaux logiques.

Les modems du type HomePlug sont en général combinés avec d'autres types d'interfaces. Les produits les plus courants offrent une interface Ethernet ou USB pour une connexion directe avec un ordinateur. Les modems HomePlug sont aussi disponibles en combinaison avec des points d'accès WLAN ou avec des modems ADSL, câble ou ISDN.

Perturbations

Mauvaise transmission

Le câblage électrique d'une habitation n'a pas été conçu pour transporter des signaux à hautes fréquences comme ceux



Source: Swisscom

Figure 4 Structure de la trame pour le transport des données

de 4 à 20 MHz sont utilisées par des services de radiodiffusion, pour les communications radio pour les urgences, la police, l'armée et l'aviation. Pour les radios amateurs, la réception est perturbée dans un rayon d'environ 100 m autour de l'habitation où sont installés les modems CPL. Dans la bande de fréquences de 1 à 30 MHz, il n'existe pas encore de norme harmonisée pour limiter les perturbations, mais des travaux sont en cours au sein de différents comités de normalisation sur le plan international [2].

Développements futurs

L'alliance HomePlug Power Line finalise actuellement la spécification du nou-

veau standard HomePlug AV. Ce standard doit permettre d'atteindre un débit maximal de 200 Mbit/s au niveau de la couche physique, alors que le débit effectif au niveau de la couche IP sera d'environ 100 Mbit/s. Ce nouveau standard devrait permettre de transmettre à l'intérieur d'un logement plusieurs canaux de télévision en format haute définition (HDTV). Le standard HomePlug AV pourra coexister avec le standard HomePlug actuel et en plus du débit supérieur, offrira une robustesse au bruit accrue et une plus grande portée. En sus de l'accès du type CSMA/CA, la couche MAC offrira un accès du type accès multiple par répartition temporelle (TDMA ou Time Division Multiple Access) avec de la qualité

de service. Il existe aujourd'hui des prototypes de plusieurs fabricants qui offrent des débits utiles allant jusqu'à 80 Mbit/s.

Conclusion

La technologie des courants porteurs en ligne permet de facilement mettre en réseau plusieurs appareils dans une habitation en utilisant le réseau électrique d'une habitation. Les débits atteignables aujourd'hui sont de l'ordre de 6 Mbits/s. Dans le proche futur, le nouveau standard HomePlug AV permettra d'atteindre des débits d'environ 100 Mbit/s. Ce nouveau standard est adapté aux applications multimédia et nécessitant une bonne qualité de service.

Références

- [1] M. K. Lee, R. E. Newmann, H. A. Latchmann, S. Katar and L. Yonge: HomePlug 1.0 Powerline Communication LANs - Protocol Description and Performance Results, International Journal of Communication Systems, April 2003.
- [2] Guide technique NT-2721, Office fédéral de la communication (OFCOM), www.ofcom.ch.

Informations sur l'auteur

Dr. sc. nat. **Dominique Moix** travaille depuis 1996 chez Swisscom Innovations. Ses domaines de prédilection sont l'étude de l'architecture et de performance des réseaux de télécommunications.
Swisscom Innovations, 3050 Bern,
dominique.moix@swisscom.ch

¹ HomePlug: www.homeplug.org

² Anglais: Power Line Communication (PLC)

³ HomePNA: www.homepna.org

100 Mbit/s über Power Line Carrier (PLC)

Die Verwendung von PLC für Multimedia-Anwendungen

Dieser Artikel beschreibt das Prinzip und die Anwendungen der Power-Line-Technologie. Mit dieser Technologie wird das bestehende Stromnetz einer Wohnung für die Datenübertragung verwendet. Es müssen somit keine neuen Kabel verlegt werden. Das Modulationsverfahren Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) erlaubt eine wirksame Benutzung der Frequenzbänder und bietet Robustheit gegenüber Störungen. Die Schicht Medium Access Control (MAC) setzt ein Protokoll des Typs CSMA/CA ein. Die Störungen sowie die elektromagnetische Verträglichkeit werden ebenfalls diskutiert. Die heute erhältlichen Produkte erlauben einen Datendurchsatz bis 6 Mbit/s, während die nächste Produktgeneration bereits Datendurchsätze bis 100 Mbit/s ermöglichen wird.

Finis les chemins à grille, les chemins de câbles et les conduites montantes! Il existe maintenant les Multi-chemins LANZ: un chemin pour tous les câbles

- Les Multi-chemins LANZ simplifient la planification, le métré et le décompte!
- Ils diminuent les frais d'agencement, d'entreposage et de montage!
- Ils assurent de meilleurs profits aux clients: excellente aération des câbles
- Modification d'affectation en tout temps. Avantageux. Conformes aux normes CE et SN SEV 1000/3.

Pour des conseils, des offres et des livraisons à prix avantageux, adressez-vous au grossiste en matériel électrique ou directement à



lanz oensingen sa e-mail: info@lanz-oens.com
CH-4702 Oensingen • Tél. 062/388 21 21 • Fax 062/388 24 24

