Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 97 (2006)
Heft: 19

Artikel: La compatibilité électromagnétique de la technologie CPL
Autor: Bermudez, J.-L. / Marthe, E. / Rachidi, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857726

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

La compatibilité électromagnétique de la technologie CPL

Des données sur les lignes électriques

La technologie CPL (courant porteur en ligne) permet d'utiliser les lignes électriques pour y faire passer des données. Elle fonctionne sur la base de la superposition sur le réseau électrique de signaux à haute fréquence allant jusqu'à quelques dizaines de mégahertz. Puisqu'elle utilise le câblage électrique conçu pour 50 ou 60 Hz, les signaux peuvent produire des rayonnements susceptibles de perturber d'autres systèmes électroniques à proximité immédiate, soit être victimes des rayonnements d'autres systèmes voisins. Une technique réduisant les perturbations dues au CPL a récemment été proposée. Elle se base sur le principe du contrôle actif réadapté spécialement pour le indoor CPL. Les tests en laboratoire ont montré des atténuations de l'ordre de 20 dB et le principe a été validé par des simulations numériques.

J.-L. Bermudez, E. Marthe, F. Rachidi, M. Rubinstein et A. Vukicevic

Les secteurs de l'électricité et des télécommunications sont en pleine restructuration depuis quelques années. Les monopoles qui prévalaient jusqu'alors laissent désormais la place à un marché de plus en plus libéralisé, avec pour but de réduire les prix en faisant jouer la concurrence. Ainsi, la libéralisation du marché des télécommunications a permis à de nouveaux opérateurs d'apparaître et d'offrir des services diversifiés dans des réseaux à haute capacité. Dès l'ouverture du marché, certaines sociétés ont aménagé des réseaux interurbains avec des fibres optiques en profitant de l'infrastructure offerte par les lignes à haute tension de partenaires actifs dans la distribution d'énergie. Le dernier tronçon d'accès à l'utilisateur restait toutefois sous le contrôle de l'opérateur de télécommunications originel. Il fallait donc trouver une alternative rapide et efficace à ce problème de dernier kilomètre exclu du jeu de la libre concurrence dans de nombreux pays. Un moyen de contourner ce monopole consista alors en l'utilisation du réseau électrique comme support de transmission d'information à de hauts débits.

Le CPL (courant porteur en ligne), appelé aussi PLC (Power Line Communications) en Europe ou encore BPL (Broadband over Power Lines) en Amérique, est une technique qui permet d'utiliser les lignes électriques basse et moyenne tension pour y faire passer des ondes courtes à hautes fréquences au moyen d'un couplage avec les signaux électriques. Le principe du CPL consiste en l'utilisation du réseau électrique pour la transmission numérique d'information à haut débit principalement comme l'accès à internet ou l'accès à de nouveaux services comme la mise en réseau d'appareils ménagers, la gestion à distance de l'énergie (relevé de compteurs à distance, contrôle de température) et d'un système de sécurité (alarme, détection d'incendie, vidéosurveillance).

Cette technologie permet en outre la disponibilité de la technologie de l'information à toutes les prises électriques à l'intérieur des habitations, la création des réseaux LAN sans conducteurs additionnels, la possibilité de raccordement à l'internet des régions éloignées sans accès au réseau téléphonique, et enfin, une concurrence accrue parmi différents fournisseurs d'accès et par conséquent une réduction de prix sur le marché.

Techniquement, le CPL consiste à superposer sur le réseau électrique des signaux à haute fréquence de 9 kHz à quelques dizaines de mégahertz (typiquement autour de 30 MHz) porteurs d'information. Le support de transmission est constitué par les câblages électriques existant dans les réseaux de distribution (réseau de la basse et moyenne tension). Dès la sortie du transformateur (moyenne/basse tension ou haute/moyenne tension), les données s'engouffrent dans l'alimentation électrique qui arrive à l'intérieur des habitations (le réseau ménager). De l'autre côté du transformateur, le transport des données passe par des fibres optiques ou des lignes xDSL. La figure 1 illustre le fonctionnement du CPL dans le cas où le signal CPL est couplé du côté de la basse tension.

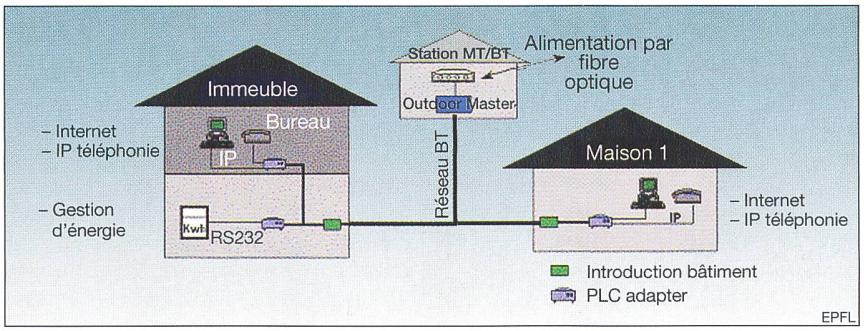


Figure 1 Principe d'un réseau CPL basse tension

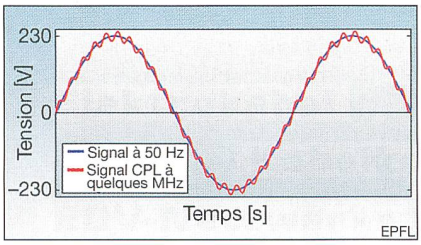


Figure 2 Superposition d'un signal CPL sur une onde de tension

Le CPL peut ainsi apporter une valorisation technique et financière du réseau d'énergie électrique et, grâce à la mise à disposition de débits élevés, de nouveaux services pourront être développés [1].

Principes de fonctionnement

Comme mentionné avant, le but du CPL est de faire transiter de l'information sur le réseau électrique de distribution. Schématiquement cela consiste à superposer un signal, comportant l'information, à haute fréquence, sur l'onde 50 Hz (figure 2).

Etant donné la configuration des réseaux électriques, le domaine d'application du CPL se situe dans le dernier kilomètre (boucle locale). Si les manières de procéder diffèrent quelque peu selon les constructeurs d'équipement (nombres d'étages au concept, techniques de modulation, techniques de couplage), dans les grandes lignes, le concept reste le même en ce qui concerne les solutions développés en Europe, la configuration des autres réseaux nécessitant certaines adaptations.

Le point du départ du CPL se situe dans les transformateurs moyenne tension/basse tension (MT/BT) de quartier. Il est nécessaire d'y avoir une connexion haut débit (souvent par fibre optique, parfois avec une ligne DSL) avec une dorsale d'un réseau de communication. L'information est ensuite convertie et injectée sur le réseau BT jusqu'à des équipements de bouts de lignes (modems) placés avant les appareils et applications à connecter (figure 3).

Des équipements intermédiaires peuvent être assez facilement placés aux entrées des bâtiments à connecter afin de permettre d'une part de changer de fréquence ou de mode de couplage, de réamplifier les signaux et également permettre de faire une séparation entre un réseau access, propriété du distributeur, et un réseau inhouse, propriété du client.

La compatibilité électromagnétique

Les supports de transmission utilisés dans les réseaux BT et MT ont été conçus pour le transport d'énergie électrique à des signaux de fréquence égale à 50, voire 60 Hz. L'injection de signaux appartenant à une gamme de fréquences allant jusqu'à 30 MHz engendre ainsi de nouveaux rayonnements dans un environnement déjà bien occupé. En effet, les champs électrique et magnétique associés à ces rayonnements sont localisés dans des bandes de fréquence déjà utilisées par d'autres services et systèmes de communications (par exemple fréquences de détresse, radioamateur, la radio diffusion, voir la figure 4) [2]. C'est à ce niveau qu'intervient la notion de compatibilité électromagnétique (CEM) qui concerne les problèmes d'émission et d'immunité liant ces divers systèmes de communication se partageant le même domaine fréquentiel. Il s'agit ici de clairement savoir si les rayonnements générés par le système CPL ne vont pas perturber les autres systèmes proches (problèmes d'émission ou de pollution), mais également de savoir si ces systèmes proches ne vont pas perturber le CPL (problèmes d'immunité), ou autrement dit si le système CPL a été conçu de manière convenable afin de ne pas souffrir des rayonnements existants.

Outre les émissions électromagnétiques à proximité immédiate des réseaux CPL, un autre type de perturbations électromagnétiques associé à la technologie CPL peut être identifié: effets cumulatifs à longue distance. La notion d'effets cumulatifs s'appuie sur le principe qu'une interférence n'est pas limitée à l'environnement proche du câble, bien que celle-ci décroisse fortement avec la distance tant et si bien qu'elle puisse paraître insignifiante à partir d'une certaine distance. Néanmoins, si des systèmes de type CPL étaient installés en grand nombre pour alimenter des appartements ou des entreprises, chacun de ces systèmes apporterait sa propre contribution aux interférences. Un récepteur éloigné recevrait ainsi la somme totale de ces contributions, qui serait bien sûr atténuée, mais dont la composante restante pourrait potentiellement causer des difficultés.

Plusieurs études avec différentes approches ont été menées afin d'évaluer l'impact d'une certaine concentration d'équipements.

Les résultats des études sur la problématique des effets cumulatifs ne sont pas concluants. Ainsi, si pour certains ([10], [11]) les conséquences d'une forte concentration d'équipements CPL se feraient ressentir par une élévation du bruit ambiant et par conséquent une augmentation des problèmes de CEM, pour d'autres ([12], [13]) il n'y aurait aucune conséquence au niveau global pour autant que les exigences au niveau local soient satisfaites.

Immunité des systèmes CPL

Les informations concernant des problèmes du CPL résultant du fonctionnement d'appareils ou de services dans son entourage sont rares. Ceci peut s'expliquer par exemple par stratégie commerciale, car un aveu de problème(s) d'immunité serait assimilé à une faiblesse du concept ou du produit en question. D'un premier abord, on pourrait se demander si un émetteur radio, par exemple, peut perturber une communication CPL. La réponse dépend ici du système en question, ou plutôt de la modulation qu'il utilise. Les techniques à large bande, spectre étalé ou, en anglais, Spread Spectrum, sont robustes contre les interférences.

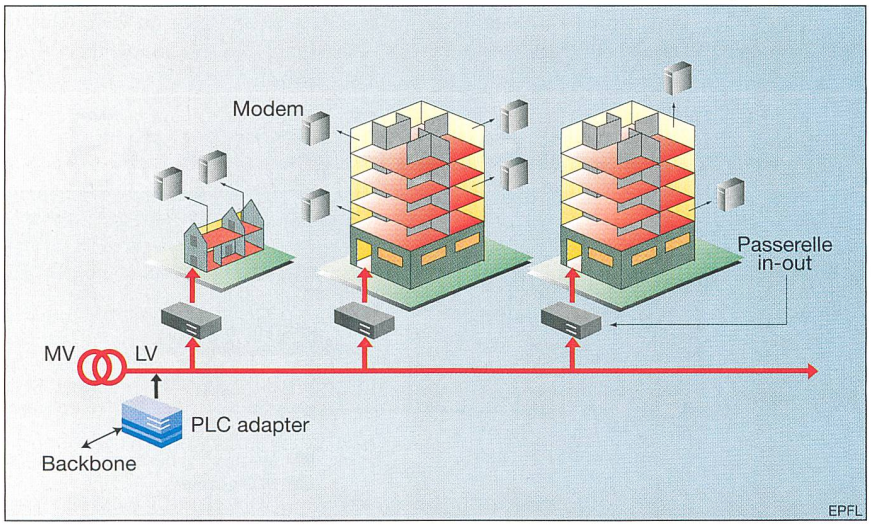


Figure 3 CPL sur le dernier kilomètre

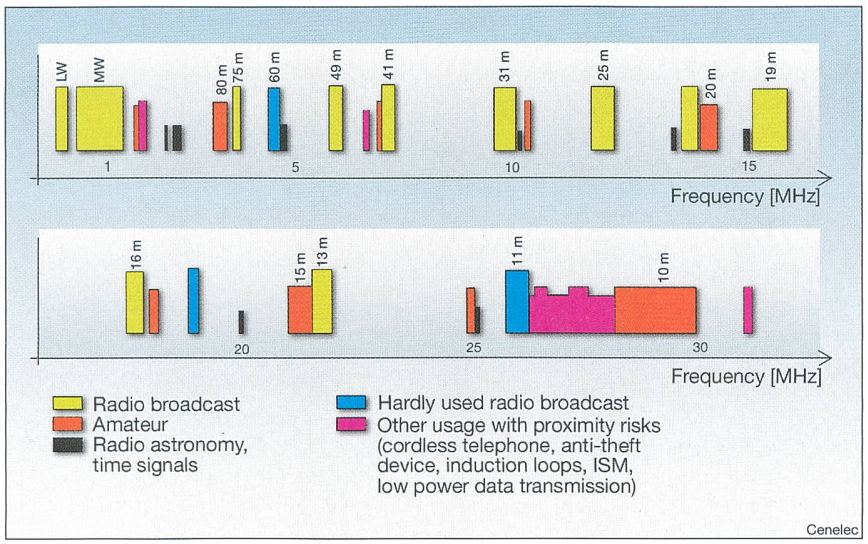


Figure 4 Allocation des fréquences de la bande HF

Pour ce qui est la modulation OFDM, le signal est réparti entre plusieurs porteuses. Si l'une ou l'autre de ces porteuses devait subir des interférences, il est possible de l'exclure sans affecter la capacité de transmission considérablement. Il n'en va pas de même pour les systèmes reposant sur quelques porteuses distinctes comme le GMSK.

Coexistence avec xDSL

On retrouve la majorité des communications de type xDSL à des fréquences jusqu'à 1,104 MHz, le CPL n'intervenant qu'à des fréquences supérieures, on peut dire que ceux-ci n'interagiront pas entre eux. L'ADSL2+ et le VDSL utilisent néanmoins des bandes de fréquences plus larges (jusqu'à 2,2 MHz pour ADSL2+ et 12 MHz pour VDSL) et se retrouvent donc dans la bande inférieure du CPL. Les tests présentés dans [14] ont révélé que, dans le pire des cas, c'est-à-dire avec une ligne CPL contiguë à un canal VDSL, l'impact de ce bruit sur les performances du VDSL pouvait causer une dégradation de l'ordre de 25%.

Coexistence avec CATV

Le problème de coexistence entre CPL et CATV est à aborder différemment. En effet, leurs plages de fréquences se recouvrent presque complètement. Considérant le support du CATV (câble coaxial avec par définition un blindage), on se trouve avec un canal propre (sans désadaptation d'impédance) qui ne rayonne pas assez pour avoir une influence sur le CPL.

A notre connaissance, le cas inverse n'a été l'objet d'aucune étude à ce jour. Cependant, les effets du CPL sur le CATV devraient se manifester en une diminution des performances comme dans le cas de VDSL. Les perturbations se couplent sur la gaine du câble coaxial et, selon le degré de proximité des deux systèmes, elles pourraient causer une dégradation des transferts de données. Vu le découpage du CATV, seules les communications upstream seraient affectées.

Coexistence avec le Wireless

Dans le cas du Wireless, la situation est plus simple. Tous ces systèmes fonctionnent dans la gamme du GHz: des téléphones mobiles GSM à partir 0,9 GHz aux Bluetooth et différents WiFi (2,4 et 5 GHz) et WLL (3,4 et 26 GHz). Il n'y a donc pas de risques que ces systèmes interfèrent avec le CPL ou l'inverse.

En fait, les perturbations proviennent plus facilement du fonctionnement d'un four micro-onde ou d'équipements Wireless entre eux (interactions Wifi-bluetooth) [15].

Méthode de réduction des perturbations

Les mesures d'émissions rayonnées par les réseaux CPL ont montré que les niveaux des perturbations sont parfois en dessus des limites en vigueur. Ces dépassements sont toujours le sujet de nombreuses discussions dans les différents comités de standardisation et les principales causes d'interférences avec les autres services opérant aux mêmes fréquences.

Plusieurs techniques ont été proposées pour atténuer les émissions (et en même temps les perturbations qui en découlent) pour des systèmes travaillant en mode outdoor ([16]–[19]). Par contre, les concepts visant à atténuer les champs en indoor sont rares, bien que les enjeux se révèlent pourtant plus sensibles encore que dans le cas outdoor, à cause essentiellement:

- des problèmes de coexistence;
- de la promiscuité avec d'autres appareils et utilisateurs;
- de l'absence de blindage des câbles.

Une méthode de réduction des perturbations dues au système CPL indoor a été récemment proposée par Korovkin et al. [4]. Cette méthode, qui repose sur le procédé de contrôle actif, sera exposée à la section suivante.

La méthode a pour but de réduire les perturbations électromagnétiques sur le réseau basse tension à l'intérieur de bâtiments résultant des signaux CPL. Cette méthode est spécialement destinée aux applications indoor (figure 5) et s'applique à la globalité des transmissions CPL (downstream et upstream) [4].

Une transmission CPL sur le réseau BT indoor est schématisée sur la figure 6. Le signal est injecté sur une ligne formée par une phase et le neutre. Sur cette figure, le réseau BT est représenté par un seul câble. Dans le cadre d'une transmission, le courant porteur se propageant sur le réseau basse tension peut être divisé en deux composantes appelées respectivement «mode en antenne» et «mode en ligne de transmission» (figure 7a). Dans le mode en antenne, le courant circule dans le même sens dans les deux conduc-

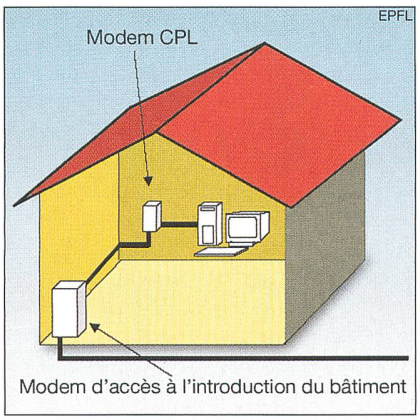


Figure 5 Illustration de l'environnement indoor

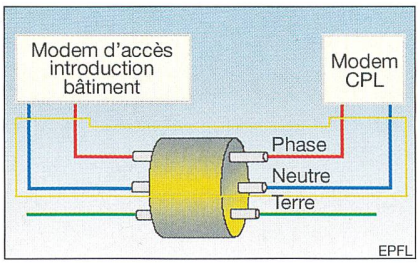


Figure 6 Couplage d'un signal CPL en mode indoor

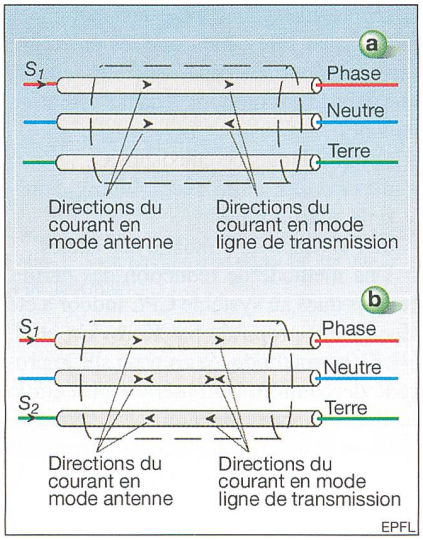


Figure 7 Schéma décrivant le mode en antenne et le mode en ligne de transmission (a) le signal CPL injecté, (b) le signal CPL et signal de compensation injectés

teurs; dans le mode en ligne de transmission, des courants opposés circulent dans chaque conducteur. Ces deux modes émettent des champs électromagnétiques. Néanmoins, par le fait qu'en mode antenne les courants circulent dans le même sens, la contribution à l'émission de champ est beaucoup plus importante que celle du mode en ligne de transmission.

L'idée est donc d'utiliser le troisième conducteur (la terre), qui est la plupart de temps présent à côté du neutre et de la phase, et d'y injecter un signal, dit auxiliaire ou de compensation, qui aurait pour but de réduire la contribution résultant de la somme des courants en mode antenne et en ligne de transmission. Le signal auxiliaire, injecté dans la ligne formée par le conducteur de terre et neutre, a la même allure et la même amplitude que le signal CPL, mais en opposition de phase.

La distribution des courants dans les trois conducteurs est illustrée dans la figure 7. Comme on peut le voir, les deux types de courants associés aux signaux CPL (S_1) et auxiliaire (S_2) ont tendance à s'annuler et ainsi réduire les émissions des champs résultants. Cette approche a été testée sur des modèles en laboratoire puis validée à l'aide de simulations numériques [9].

D'autres essais ont été effectués en étant cette fois-ci directement connecté au réseau BT, avec injection d'un signal sinusoïdal entre la phase et le neutre dans une prise, puis injection du signal auxiliaire entre la terre et le neutre, avec mesures du champ magnétique résultant dans les deux cas. Le montage utilisé dans ces mesures et présenté dans la figure 8.

Les mesures faites pour le câblage simple consistant en trois conducteurs parallèles ont montré une réduction significative du champ rayonné. En revanche, la méthode s'est avérée moins efficace pour un réseau plus complexe (et donc plus réaliste). En effet, des essais complémentaires sur un réseau BT ont démontré que si à certaines fréquences, une réduction du champ magnétique rayonné d'un même ordre de grandeur que celui constaté lors des essais en laboratoire a pu être observée, à d'autres fréquences, le champ peut se trouver amplifié au lieu d'être atténué [1]. C'est la raison pour laquelle cette méthode a fait l'objet d'une révision proposée par Rubinstein et al. ([7], [8]).

La méthode améliorée

L'amélioration proposée à la technique de réduction consiste, au lieu d'avoir un déphasage constant de 180°, à adapter l'amplitude et le déphasage du signal auxiliaire afin d'atténuer au maximum les émissions rayonnées pour la configuration considérée.

Nous commençons par écrire les équations régissant le système comprenant la paire de conducteurs utilisés pour la transmission du signal CPL, la paire de conducteurs utilisés pour injecter le signal auxiliaire ou de compensation (un conducteur étant commun aux paires) et un point où les champs rayonnés doivent être atténués. La géométrie est illustrée schématiquement à la figure 9.

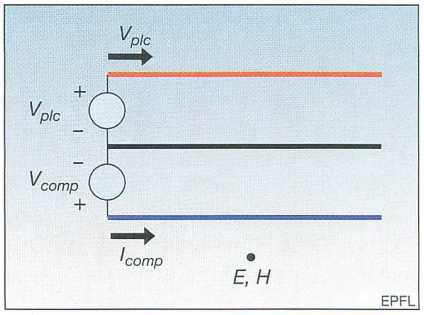


Figure 9 Schéma décrivant la géométrie de réseau CPL et réseau de la compensation

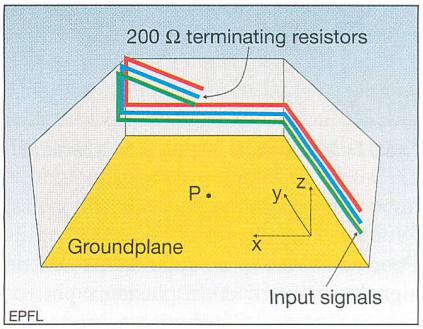


Figure 10 Configuration considérée

Nous pouvons définir des fonctions de transfert $h_{plc}(f)$ et $h_{comp}(f)$ qui relient une composante du champ magnétique en un point donné de l'espace et les signaux CPL et de compensation comme suit:

$$H = h_{plc}(f)\, V_{plc} + h_{comp}(f)\, V_{comp}$$

Les fonctions $h_{plc}(f)$ et $h_{comp}(f)$ sont, en général, différentes pour chaque composante de champ et elles peuvent être déterminées, soit expérimentalement, soit en utilisant des modèles théoriques. Dans le cas d'une géométrie simple comprenant trois conducteurs droits et parallèles, à proximité les uns des autres, les fonctions sont pratiquement identiques, ce qui donne

$$V_{comp} \cong -V_{plc}$$

Cette dernière équation exprime que dans ce cas simple, le signal de compensation est bel et bien l'inverse additif du signal CPL injecté, en accord avec la méthode de Korovkin et al. ([4], [5], [6]).

La méthode proposée a été testée en utilisant le code NEC-2 (Numerical Electromagnetic Code [9]), basé sur la méthode des moments dans le domaine fréquentiel. Nous avons considéré une configuration comprenant 4 tronçons de ligne, comme illustrée à la figure 10. Le premier tronçon, horizontal, est de 3 m de long et il est à une hauteur de 0,5 m au-dessus du sol. Le deuxième segment, éga-

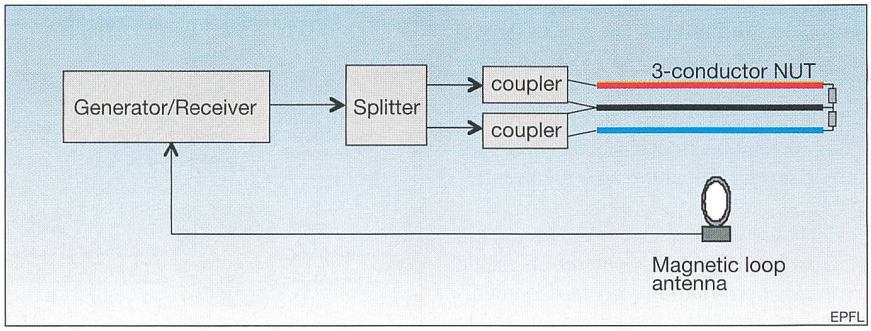


Figure 8 Montage utilisé pour les mesures des champs rayonnés avec le système de réduction

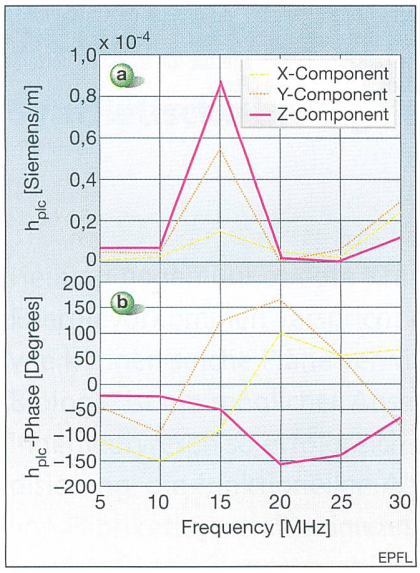


Figure 11 L'amplitude et la phase de fonction $h_{plc}(f)$ calculées en fonction de la fréquence en utilisant une tension de source d'amplitude égale à 1 V et de phase égale à 0 pour la configuration de Figure 10

lement horizontal et 3 m de long, est perpendiculaire au premier et situé à une hauteur de 0,5 m. Le troisième segment va directement jusqu'au plafond et il a une longueur de 2 m. Le quatrième et dernier segment est horizontal et dirigé vers le centre de la salle; sa longueur est de 2,1 m. Le point d'observation P est situé près du centre de la salle à une hauteur de 0,5 m par rapport au sol.

Les figures 11 et 12 montrent l'amplitude et la phase des fonctions $h_{plc}(f)$ et $h_{comp}(f)$ calculées en fonction de la fréquence en utilisant une tension de source

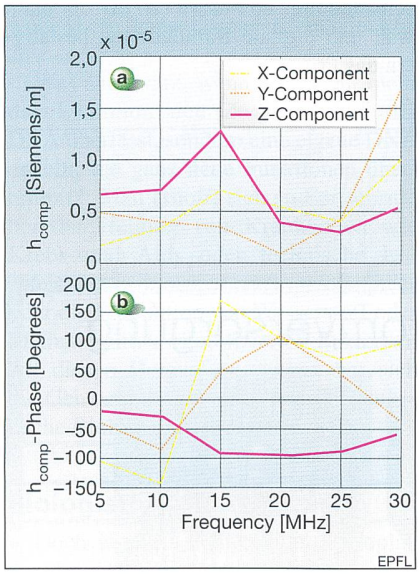


Figure 12 L'amplitude et la phase de fonction $h_{comp}(f)$ calculées en fonction de la fréquence en utilisant une tension de source d'amplitude égale à 1 V et de phase égale à 0 pour la configuration de Figure 10

d'amplitude égale à 1 V et de phase égale à 0. La composante z du champ étant la composante prédominante, elle a été sélectionnée pour la validation de la méthode proposée. Figure 13 présente cette composante en fonction de la fréquence, déterminée avec et sans l'application de la méthode de réduction. On peut remarquer une réduction significative dans toute la bande de fréquence d'intérêt.

Conclusion

La technologie CPL permet d'utiliser les lignes électriques basse et moyenne tension pour y faire passer des données, de la voix et des images. Le principe du CPL consiste en l'utilisation du réseau électrique pour la transmission numérique d'information à haut débit principalement comme réseau local et pour l'accès à internet et à de nouveaux services.

Un attrait important de cette technologie est qu'elle permet la disponibilité de la technologie de l'information à toutes les prises électriques et la création des réseaux LAN sans conducteurs additionnels.

La technologie CPL fonctionne sur la base de la superposition sur le réseau électrique de signaux à haute fréquence allant jusqu'à quelques dizaines de mégahertz. Puisqu'elle utilise le câblage électrique conçu pour 50 ou 60 Hz, les signaux CPL peuvent sous certaines circonstances soit produire des rayonnements susceptibles de perturber d'autres systèmes électroniques à proximité immédiate, soit être victimes des rayonnements d'autres systèmes voisins.

Des systèmes tels ADSL ou CATV ne seront vraisemblablement ni perturbateurs ni perturbés par l'installation de CPL. Un risque accru existe cependant pour VDSL, puisque les câbles utilisés sont des paires torsadées non blindées et puisqu'il utilise la même bande de fréquences que les systèmes CPL.

Une technique réduisant les perturbations dues au PLC a récemment été proposée. Cette technique se base sur le principe du contrôle actif réadapté spécialement pour le PLC indoor et s'applique à la transmission de données mono et bidirectionnelle (downstream et upstream). Les tests en laboratoire ont montré des gains de l'ordre de 20 dB et le principe a été validé par des simulations numériques. Si l'extension de ce procédé au réseau sous tension va demander des développements supplémentaires, une incorporation de celui-ci aux systèmes existants, couplée si nécessaire avec de judicieuses désactivations fréquentielles et une réduction des pertes dues à la

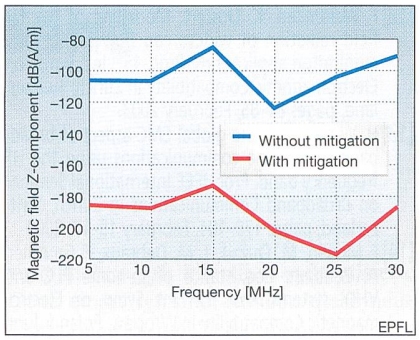


Figure 13 Composante z de champ magnétique en fonction de la fréquence, déterminée avec et sans l'application de la méthode de réduction

désadaptation d'impédances aux ports d'injection et de réception, permettrait de conserver un niveau d'injection convenable et l'étendue de la couverture tout en réduisant les émissions.

Références

[1] E. Marthe: Power Line Communications: Analyse des problèmes de compatibilité électromagnétique dans le domaine des courants porteurs en ligne, Thèse de doctorat n° 3166, Lausanne, EPFL, 2005.

[2] Office fédéral de la communication, OFCOM: Plan d'allocations des fréquences en Suisse, juillet 2003. www.ofcomnet.ch/cgi-bin/nafz.pl.

[3] International Electrotechnical Commission/CISPR 22: Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement, 1997–11.

[4] N. V. Korovkin, E. Marthe, F. Rachidi, E. Selina, P. Zweiacker: Active Electromagnetic Field Attenuator for PLC Indoor Application. European Patent No. 02111245.4, 2002.

[5] N. Korovkin, E. Marthe, F. Rachidi, E. Selina: Mitigation of electromagnetic field radiated by PLC systems in indoor environment, International Journal of Communication Systems, vol. 16, pp. 417–426, 2003.

[6] E. Marthe, N. Korovkin, F. Rachidi, A. Vukicevic, F. Issa: A technique to reduce electromagnetic field radiated by indoor PLC systems, presented at 17th International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility, Wroclaw – Poland, 2004.

[7] M. Rubinstein, J.-L. Bermudez, A. Vukicevic, F. Rachidi, M. Schneider, E. Marthe: Discussion on the assessment and mitigation of radiation from PLC networks, presented at 9th International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (ISPLC'05), Vancouver – Canada, 2005.

[8] M. Rubinstein, J.-L. Bermudez, A. Vukicevic, F. Rachidi, M. Schneider: On the mitigation of radiation from PLC networks, 28th General Assembly of International Union of Radio Science (URSI), New Delhi, India, October 23–29, 2005.

[9] G. J. Burke, A. J. Poggio: Numerical Electromagnetic Code (NEC): Description theory. USA: Lawrence Livermore Laboratory, 1981.

[10] J. H. Scott: Protection of sensitive receiving sites, July 1999, www.bbc.co.uk/rd/pubs/wph/wph012.html.

[11] D. W. Welsh, A. C. Marvin: Investigation of telecommunication cabling relevant to EN 55022 modem test method. Proc. 15th Int. Symp. on Electromagnetic Compatibility in Zurich, Switzerland, pages 105–110, February 2003.

[12] F. Weinmann, K. Dostert: Modelling of the far field rediation of widespread power line communication applications. Proc. 15th Int. Symp. on Electromagnetic Compatibility in Zurich, Switzerland, pages 81–86, February 2003.
[13] H. Widmer: On the global EMC aspect of broadband power line communications using the HF frequency band. Proc. IEEE International Seminar on Broadband Communications in Zurich, Switzerland, pages 179–184, February 15–17, 2000
[14] F. Moulin, M. Ouzzif, J. M. Debraux, F. Gauthier, A. Zeddam: Coexistance of in-home PLC and VHDL systems. Proc. 17th Int. Symp. on Electromagnetic Compatibility in Wroclaw, Poland, June 29–July 1, 2004.
[15] W. J. van der Wurff, L. Duerink, H. Schurer, F. B. J. Leferink, W. Van Etten: Interference of wireless LAN and bluetooth in EM-hostile environments. Int. Symp. on Electromagnetic Compatibility, EMC Europe 2004, in Eindhoven, The Netherlands, September 6–10 2004.
[16] R. P. Rickard: Power Line communications. Patent WO9806188, February 1998.
[17] R. P. Rickard: A Pragmatic Approach to Setting Limits to Radiation from Power Line Communications Systems. Int. Symp. on Power Line Communications and Its Applications in Lancaster, United Kingdom, March 1999.
[18] R. P. Rickard: Coupling Communication Signals to a Power Line. Patent US6037678, March 2000.
[19] K. Dostert: EMC aspects on high speed power line communications. Proc. 15th Int. Symp. on Electromagnetic Compatibility in Wroclaw, Poland, Pages 98–102, June 27–30, 2004.
[20] T. Kistner, K. Dostert. EMC aspects of power line communications. 28th General Assembly of International Union of Radio Science (URSI), New Delhi, India, October 23-29, 2005

fachbeiträge

Informations sur les auteurs

José-Luis Bermudez travaille actuellement chez ABB Sécheron à Genève, dans le groupe Diagnostic et monitoring des transformateurs électriques. Il a reçu son titre de docteur ès sciences techniques à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne en mars 2003. Ses domaines d'intérêt concernent les techniques avancées de diagnostic pour transformateurs électriques, la compatibilité électromagnétique et les effets des décharges atmosphériques sur les systèmes électriques.
ABB Sécheron, 1211 Genève, bermudez.joseluis@gmail.com

Emmanuel Marthe est ingénieur EPF diplômé en électricité et docteur ès sciences techniques. Il a obtenu son diplôme d'ingénieur à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne en 1999 ainsi que le grade de docteur et le prix ABB pour son travail de doctorat dans le domaine des CPL en 2005. Il est maintenant ingénieur réseau à Energie Ouest-Suisse.
Energie Ouest-Suisse (EOS), 1001 Lausanne, emmanuel.marthe@eosholding.ch

Farhad Rachidi a obtenu son titre de docteur ès sciences techniques de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne en 1991. Il est actuellement maître d'enseignement et de recherche à l'EPFL où il dirige le groupe Compatibilité électromagnétique.

Ses travaux de recherché concernent principalement la modélisation des effets électromagnétiques de la foudre et l'interaction des champs électromagnétiques avec des lignes de transmission. Il dirige plusieurs groupes de travail Cigré et IEEE et il est membre du comité scientifique de plusieurs conférences internationales dans le domaine de la compatibilité électromagnétique et de la foudre. Il est vice-président de l'action européenne COST P18 «The Physics of Lightning Flash», membre du comité éditorial du «Journal of Lightning Research».
EPFL-STI-LRE, 1015 Lausanne, farhad.rachidi@epfl.ch

Marcos Rubinstein a fait des études d'ingénierie en électronique à l'Université Simon Bolivar à Caracas. Il a obtenu les diplômes de Master's et Ph.D. en électricité à l'Université de la Floride. De 1982 à 1991, il a travaillé d'abord comme ingénieur à l'institut pour la recherche scientifique en Venezuela dans le domaine de circuits hybrides, puis en tant que consultant dans la compatibilité électromagnétique et la protection contre la foudre et comme collaborateur d'enseignement et de recherche à l'Université de la Floride. De 1992 à 1995, il a été engagé à l'EPFL et, en collaboration étroite avec les PTT, il a travaillé dans le domaine de la localisation de la foudre. Depuis 2001, il est professeur en télécommunications au sein de l'institut IICT à la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud.
Ecole d'Ingénieurs du Canton de Vaud (EIVD), 1401 Yverdon, marcos.rubinstein@eivd.ch

Ana Vukicevic est ingénieure diplômée en électronique. Elle a obtenu son Master de l'Université de Belgrade en 2001. Après avoir travaillé dans le domaine de développement de circuits analogiques et numériques à Belgrade, elle est venue en Suisse et a obtenu le diplôme de cours postgrade en génie électrique d'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne en 2003. Elle a ensuite travaillé pour le service industriel de Lausanne dans le domaine de planification des réseaux moyenne tension. Elle est actuellement membre du groupe de Compatibilité électromagnétique de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne où elle effectue son travail de doctorat dans le domaine de CPL.
EPFL, 1015 Lausanne, ana.vukicevic@epfl.ch

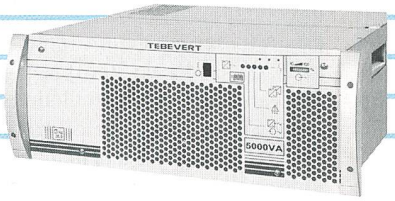
Zusammenfassung

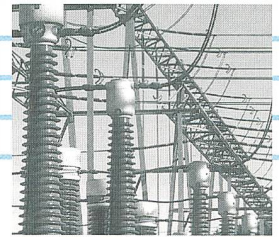
Elektromagnetische Verträglichkeit der PLC-Technologie

Datenübertragung über Starkstromleitungen. Die PLC-Technologie (Power Line Communications) ermöglicht die Übertragung von Daten über Starkstromleitungen. Dabei werden Hochfrequenzsignale bis zu etwa dreissig Megahertz dem Stromnetz überlagert. Da dies auf elektrischen Leitungen erfolgt, die für eine Frequenz von 50 bzw. 60 Hz ausgelegt sind, entstehen dabei Feldstärken, welche benachbarte, elektronische Anlagen stören können – oder diese Anlagen wiederum stören unter Umständen die Übertragung selbst. Kürzlich wurde eine Technik zur Verminderung von PCL-Störungen vorgestellt. Diese basiert auf dem Prinzip aktiver Kontrolle, das speziell für Inhouse-PLC ausgelegt wurde. Laborversuche haben ergeben, dass dabei eine Abschwächung von etwa 20 dB möglich war, und digitale Simulationen bestätigten das Prinzip.

Ihr Partner
für unterbrechungsfreie DC + AC Stromversorgung

Beratung
Projekt-Engineering
Gesamtanlagen inkl. Batterien
Wartungsdienstleistungen





BENNING
Benning Power Electronics GmbH, Industriestrasse 6, CH-8305 Dietlikon, Tel. 044 805 75 75, Fax 044 805 75 80
info@benning.ch, www.benning.ch
Sicherheit durch Erfahrung