

# Modélisation du canal CPL et calcul de fonction de transfert

I. Aouichak<sup>1</sup>, A. Baestard<sup>2</sup>, Y. Kergosien<sup>2</sup>, J-C. Le Bunetel<sup>1</sup>, Y. Raingeaud<sup>1</sup>, J-C. Billaut<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université François Rabelais de Tours, GREMAN, UMR 734,  
7, avenue Marcel Dassault, 37200 Tours, France

{ismail.aouichak,lebunetel,yves.raingeaud}@univ-tours.fr

<sup>2</sup> , University of Tours, Tours 37200, Franc Université François Rabelais de Tours, CNRS, LI EA  
6300, OC ERL CNRS 6305,

64 avenue Jean Portalis, 37200 Tours, France

{yannick.kergosien,jean-charles.billaut}@univ-tours.fr

**Mots-clés** : *graphe, label setting, CPL, fonction de transfert.*

## 1 Contexte

La technologie CPL (Courants Porteurs en Ligne) permet de transmettre de l'information sur un réseau électrique. Par exemple, cette technologie est utilisée dans les réseaux électriques domestiques pour partager un accès internet. Le principe est simple : les informations sont codées dans un signal haute fréquence et sont transmises dans une structure par un courant électrique de basse fréquence. Le signal haute fréquence se propage sur l'installation électrique et peut être reçu par tous les récepteurs CPL branchés sur le réseau, qui peuvent à leur tour émettre de l'information. L'utilisation d'un support électrique déjà existant dans une structure est un moyen de réduire les coûts d'installation d'un mode de communication. Cependant, la structure d'un réseau électrique et les dispositifs branchés sur celle-ci peuvent perturber ou atténuer la propagation du signal porteur de l'information selon la fréquence utilisée. Il est aujourd'hui difficile de juger de la qualité de la transmission entre un émetteur et un récepteur CPL.

## 2 Description du problème

Le problème étudié consiste à déterminer la fonction de transfert entre un émetteur et un récepteur dans un réseau électrique donné. Cette fonction de transfert permet de connaître les atténuations des signaux entre ces deux points selon la fréquence. Il existe deux approches principales pour modéliser ces fonctions de transfert [1] : le domaine temporel et le domaine fréquentiel. L'approche utilisée ici est le domaine temporel. Cette approche se base sur la propagation de chaque signal dans le temps. Pour un signal émis par l'émetteur, des phénomènes de réflexion, d'atténuation ou de transmission se produiront selon les éléments et les noeuds dans le réseau, ce qui provoquera la propagation de plusieurs signaux à la fois. La fonction de transfert est calculée à partir de la superposition de tous ces signaux interceptés par le récepteur (cf. [2]). Chaque signal, correspondant à un chemin emprunté dans le réseau, est caractérisé par son déphasage et son atténuation qui dépendent de la distance parcourue et de la fréquence. Un signal est aussi caractérisé par un poids représentant les coefficients de réflexion et de transmission qui varient selon les impédances des éléments du réseau.

## 3 Approche multi-chemins

Afin de déterminer la fonction de transfert entre deux points, une approche consistant à énumérer tous les chemins possibles et pertinents dans le réseau est proposée. Cette approche

se décompose en deux phases :

- La première phase consiste à construire un graphe  $G$  à partir du réseau électrique qui peut être représenté par un autre graphe non-orienté et acyclique. Ce graphe  $G$ , orienté et cyclique, est constitué de sommets représentant les liens entre les éléments du réseau. Les arcs de  $G$  modélisant les successions possibles des liens (c.-à-d. les réflexions et transmission des signaux), sont caractérisés par une distance et un poids calculés à partir des impédances des éléments du réseau.
- La deuxième phase a pour objectif d'énumérer l'ensemble des chemins possibles et pertinents pour le calcul de la fonction de transfert. Cette énumération est réalisée grâce à un algorithme de type *label setting* [3] and [4]. Un label associé à un sommet représente un chemin partiel entre le point émetteur et le sommet  $i$ . Les labels ne sont propagés que s'ils sont intéressants en fonction de deux critères : une distance totale maximale et un poids minimum à ne pas excéder. Les labels sont traités selon la règle FIFO qui consiste à les explorer selon un ordre croissant du nombre de sommets du chemin partiel correspondant au label. Enfin, l'algorithme se termine lorsque tous les labels pertinents ont été explorés ou selon un autre critère d'arrêt (temps CPU, nombre maximal de labels explorés ou encore un nombre maximal de labels au point de réception).

Les résultats de cette approche, basés sur des tests expérimentaux sur un réseau électrique réel, seront présentés lors de la conférence.

## Références

- [1] L. Lampe, A. M. Tonello, and T. G. Swart. *Power Line Communications : Principles, Standards and Applications from Multimedia to Smart Grid*. Wiley, 2016.
- [2] M. Zimmerman, K. Dostert. *A Multi-Path Model for the Power line Channel*. IEEE Transactions on communications, Vol. 50 N° 4, pp 553–559 April 2002.
- [3] Hansen, P. *Multiple criteria decision making theory and application*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 177 :109–127, 1980.
- [4] Martins, E. *On a multicriteria shortest path problem*. European Journal of Operational Research, 16(2) :236–245, 1984.