



**HAL**  
open science

# Nouveau couplage entre la méthode TLM et l'optique physique temporelle

Jérémy Lanoë, Sandrick Le Maguer, Michel Ney

► **To cite this version:**

Jérémy Lanoë, Sandrick Le Maguer, Michel Ney. Nouveau couplage entre la méthode TLM et l'optique physique temporelle. JNM 2007 : 15ème Journées Nationales Microondes, May 2007, Toulouse, France. hal-02400169

**HAL Id: hal-02400169**

**<https://hal.science/hal-02400169>**

Submitted on 9 Dec 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Nouveau couplage entre la méthode TLM et l'Optique Physique temporelle

Jérémy Lanoë, Sandrick Le Maguer, Michel Ney  
GET / ENST Bretagne / Département MO  
CNRS LEST (Laboratoire d'Electronique et des Systèmes de Télécommunications),  
CS 83818, 29238 BREST Cedex 3, France.  
tel: +33 2 29 00 13 41, fax: +33 2 29 00 13 43,  
e-mail: [jeremy.lanoe@enst-bretagne.fr](mailto:jeremy.lanoe@enst-bretagne.fr)

### I. Introduction

Dans le cadre du développement des systèmes de télécommunications sans fil, il est souvent nécessaire de prendre en compte l'environnement qui peut largement affecter les performances des antennes. Ainsi lors de la modélisation de ces dispositifs, il faut traiter des objets de dimensions comparables ou beaucoup plus grandes que la longueur d'onde. Afin de répondre à ce problème, notre équipe a décidé de mettre au point un nouveau couplage de méthodes dans le domaine temporel. Nous utilisons d'une part, une méthode rigoureuse, la TLM (Transmission Line Matrix) [1], pour prendre en compte des objets électriquement petits et complexes, d'autre part, une méthode asymptotique, l'Optique Physique temporelle [2] afin de tenir compte des objets électriquement grands.

### II. Principe de la méthode hybride

Considérons une situation dans laquelle ni les méthodes rigoureuses, ni les méthodes asymptotiques ne sont efficaces pour traiter le problème dans son ensemble : un dipôle placé au voisinage d'une plaque métallique parfaite. Analysons le diagramme de rayonnement de cette structure. Notre approche consiste à diviser l'espace en deux régions (Figure 1). Nous avons une première région où le dipôle est analysé à l'aide de la TLM, et une seconde où la plaque métallique est étudiée au moyen de l'Optique Physique.

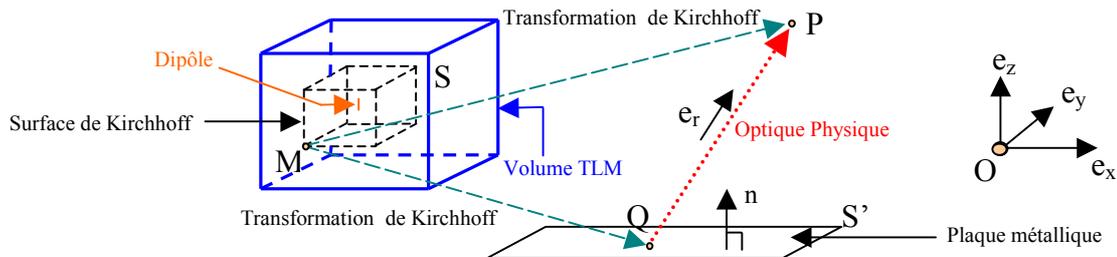


Figure 1 : Illustration du problème

Cette approche nous permet de calculer le champ électromagnétique émis au point P et exprimé par :

$$\vec{E}_T(\vec{R}, t) = \vec{E}_K(\vec{R}, t) + \vec{E}_P(\vec{R}, t) \quad (1)$$

où  $\vec{R}$  est le vecteur position égal à  $\vec{OP}$  et  $t$  le temps.

Le premier terme  $\vec{E}_K$  désigne le champ lointain obtenu à partir du volume TLM en utilisant une transformation de Kirchhoff [3] :

$$\Psi(\vec{R}, t) = \frac{1}{4\pi} \iint_S \vec{n}_S \cdot \left[ \frac{\vec{R} - \vec{R}''}{|\vec{R} - \vec{R}''|^3} \Psi(\vec{R}'', t'') + \frac{\vec{R} - \vec{R}''}{c|\vec{R} - \vec{R}''|^2} \frac{\partial}{\partial t''} \Psi(\vec{R}'', t'') - \frac{\vec{\nabla}}{|\vec{R} - \vec{R}''|} \Psi(\vec{R}'', t'') \right]_{ret} dS \quad (2)$$

où  $\vec{R}$  est le vecteur position égal à  $\overline{OM}$ , l'indice « ret » indique que l'intégrant est évalué au temps  $t' = t - \|\vec{R} - \vec{R}'\|/c$  et  $c$  la vitesse de la lumière dans le vide.  $S$  désigne la surface de Kirchhoff entourant le dipôle à l'intérieur du volume TLM et  $\vec{n}_s$  la normale sortante associée à cette surface. Enfin,  $\Psi$  représente la composante de champ que l'on souhaite calculer à partir de  $S$ .

Le second terme  $\vec{E}_p$  représente le champ lointain diffusé par la plaque métallique. Il est obtenu à l'aide de l'Optique Physique. La formulation de cette méthode asymptotique est basée sur les équations de Chu-Stratton, et est donnée par :

$$\vec{H}_{PO}(\vec{R}, t) = \frac{1}{4\pi Rc} \iint_{S'} \left\{ \left[ 2\vec{n} \times \frac{\partial}{\partial t'} \vec{H}_{inc}(\vec{R}', t') \right]_{ret} \right\} \wedge \vec{e}_r dS' \quad (3)$$

où  $\vec{R}'$  est le vecteur position égal à  $\overline{OQ}$ , l'indice « ret » indique que l'intégrant est évalué au temps  $t' = t - \|\vec{R} - \vec{R}'\|/c$ ,  $S'$  désigne la plaque métallique et  $\vec{n}$  la normale sortante associée à la plaque. Enfin,  $\vec{H}_{inc}$  représente le champ magnétique incident sur la plaque, déterminé à partir du volume TLM en utilisant une transformation de Kirchhoff. C'est donc la surface de Kirchhoff qui joue le rôle d'interface entre les codes des deux méthodes.

### III. Résultats

Afin de valider notre approche, nous avons calculé le diagramme de rayonnement d'un dipôle placé à 7,5cm au-dessus du centre d'une plaque métallique parfaite de dimension 1mX1m. Le dipôle est polarisé suivant x. La figure2 illustre le diagramme de rayonnement du dipôle et de la plaque pour deux fréquences d'observation, à 0,5GHz et à 2,0GHz. Nous constatons une très bonne correspondance entre la nouvelle méthode hybride et le logiciel FEKO.

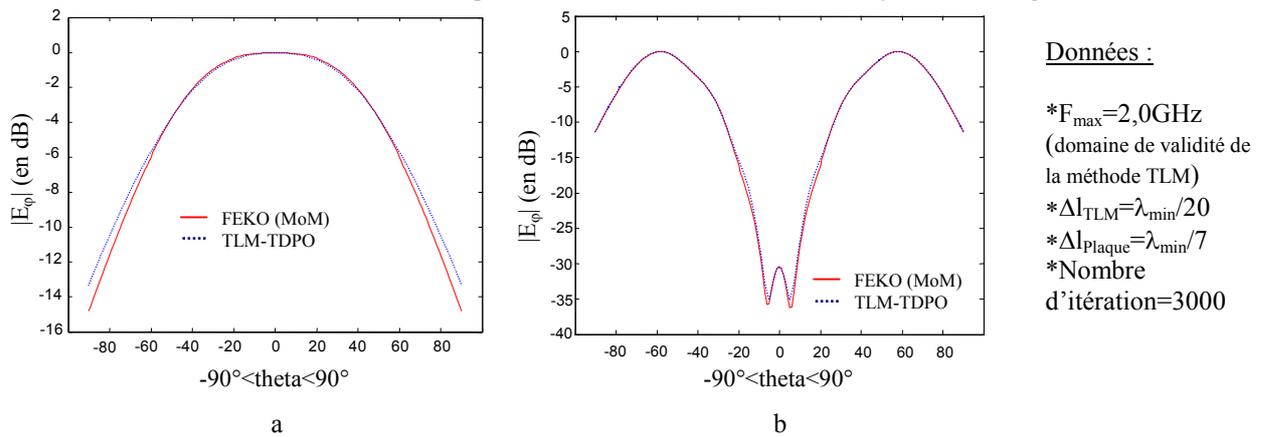


Figure2: Comparaison des diagrammes de rayonnement en champ lointain de la méthode hybride temporelle avec FEKO:

(a)  $F_{obs} = 0,5GHz$ . (b)  $F_{obs} = 2,0GHz$

### IV. Conclusion

Une nouvelle méthode hybride temporelle a été présentée et validée sur un grand nombre de fréquences par comparaison avec un simulateur fréquentiel FEKO. La prochaine étape consistera à prendre en compte la diffraction due aux bords de la plaque.

- [1] P. B. Johns and R. L. Beurle, "Numerical solution of 2-dimensional scattering problems using a transmission-line matrix", Proc. IEE, vol.118, n°9, pp.1203-1208, Sept. 1971.
- [2] E. Y. Sun and W. V. T. Rush, "Time-domain physical-optics", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 42, n°1, January 1994, pp. 9-15.
- [3] O. M. Ramahi, "Near- and Far-Field Calculations in FDTD Simulations Using Kirchoff Surface Integral Representation", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 45, n°5, May. 1997, pp. 753-759.