

Analyse et améliorations de la méthode des pas fractionnaires pour résoudre la propagation des ondes électromagnétiques à basse altitude

Arnaud Ricci, étudiant 2^e cycle

Dr Michel Lecours, directeur de recherche

Abstract: At low altitude, radiowave propagation is greatly affected by atmospheric refraction and the surface characteristics, whether geometric or electromagnetic. The parabolic equation method provides a numerical solution for the calculation of field strength in the presence of a non-standard refractive index and a rough sea. The Split-Step Fourier method for solving the parabolic equation over the sea has been implemented at the LRTS in a previous study. We study the improvements that can be done in order to correct the present PE-LRTS software[1], and to enlarge its validity. Mainly, we introduce a ray tracing algorithm and a method to include a more general surface than a rough sea.

Résumé: À basse altitude, la propagation des ondes radio est affectée par la réfraction atmosphérique et par les caractéristiques aussi bien électromagnétiques que géométriques du sol. La méthode de l'équation parabolique permet le calcul de la propagation dans des conditions atmosphériques non-standard et en présence d'une mer agitée. La méthode Split-Step Fourier pour résoudre l'équation parabolique de propagation au-dessus de la mer a été implantée au LRTS dans le cadre d'une étude précédente. Nous étudions les améliorations auxquelles il est possible de procéder afin de corriger le logiciel PE-LRTS[1] dans son état actuel, et de permettre d'étendre son domaine de validité. Principalement, nous introduisons un algorithme de tracé de rayon, et la possibilité d'inclure une surface plus générale que celle de la mer.

Le calcul des pertes dans les conduits formés aux fréquences radar à la surface de la mer est une composante importante de l'étude de la complémentarité des systèmes navals électro-optique et radar. Bien que les conduits soient principalement connus pour propager l'énergie bien au-delà de l'horizon terrestre, certains types de conduits, peu considérés jusqu'ici quoique fréquents dans les régions côtières, engendrent des zones d'affaiblissement important à des distances critiques où les systèmes électro-optiques démontrent normalement de bonnes performances.

Suite à une étude comparative[3] que nous avons réalisé entre le logiciel commercial PCPEM[4] et le logiciel PE-LRTS, nous avons dû effectuer un certain nombre de corrections et d'améliorations à notre logiciel.

Une des lacunes de l'algorithme SSFPEM est qu'il suppose une propagation dans le champ lointain de l'antenne radar, mais ne donne aucun moyen pratique pour construire la première verticale de champ qu'il faut lui fournir. Notre étude comparative avait montré de fortes différences dans les résultats obtenus par chacun des logiciels sur les premiers pas de propagation. Nous avons donc établi un algorithme précis de construction du champ initial. La figure 2 présente un exemple de champ initial obtenu. On a représenté le vecteur facteur de propagation (FP) en fonction de l'altitude, pour un cas de propagation standard et une antenne située à une altitude de 100 m, d'ouverture 1 degré. Ce vecteur compte 4096 éléments, on retrouve bien les 4 régions de la figure 1, ainsi que les deux antennes, l'une "réelle" et l'autre, "image", à laquelle a été appliqué le coefficient de réflexion.

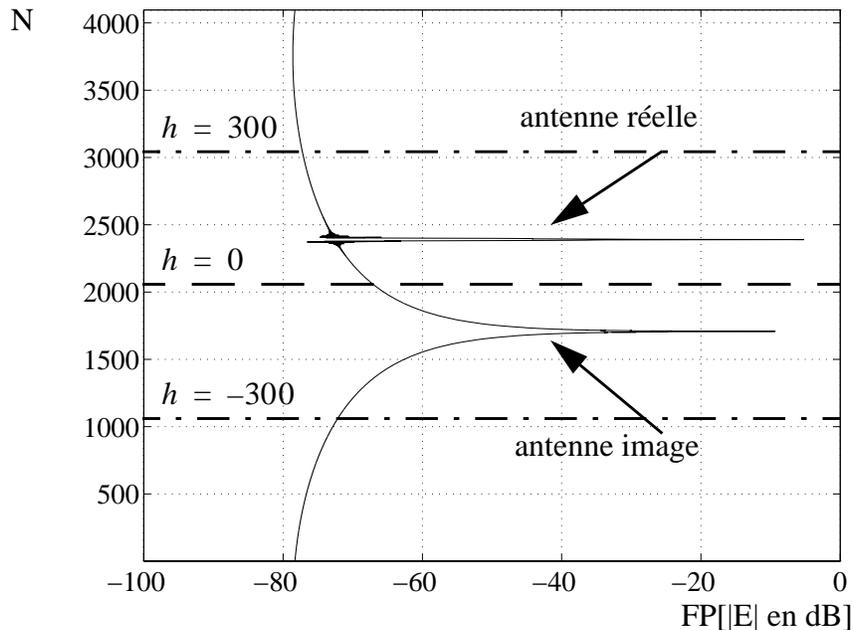


Figure 2 Champ initial de SSFPEM, pour une antenne de 1 degré d'ouverture et placée à 100 m, dans un cas de propagation standard.

D'autre part, le logiciel PE-LRTS est limité à des cas de propagation au dessus d'une mer peu agitée (il en est de même pour PCPEM). Afin de mieux prendre en compte ces cas de propagation, nous avons intégré au logiciel la technique du tracé de rayon, qui permet d'affiner sensiblement les résultats dans les cas de propagation non standards. De plus, pour permettre de simuler la propagation au-dessus d'une surface dont l'altitude et les caractéristiques diélectriques varient avec la distance, nous avons inclus une nouvelle méthode proposée par A. E. Barrios[5]. Des tests sont actuellement en cours pour valider ces deux modifications majeures.



Références

- [1] M. Cayer, *Analyse de la méthode Split-Step Fourier pour résoudre la propagation des ondes électromagnétiques au-dessus de la mer*, mémoire de maîtrise, Université Laval, Mars 1995.
- [2] M. H. Vogel, *The split-step algorithm for microwave propagation modeling above a conducting surface*, TNO Physics and Electronics Laboratory report nr. FEL-92-A430, February 1993.
- [3] M. Cayer, A. Ricci, M. Lecours, D. Dion, *Prédiction de propagation normale et anormale*
- [4] K. H. Craig and M. F. Lévy, *Parabolic equation modelling of the effects of multipath and ducting on radar systems*, IEE proceedings, Vol. 138, No. 2, April 1991, pp. 153-162.
- [5] A. E. Barrios, *A terrain parabolic equation model for propagation in the troposphere*, IEEE Trans., Antennas and Propagation, Vol 42, 1994, pp. 90-98.