

Les potentiels retardés : de la recherche académique à l'industrie

Toufic Abboud

IMACS, XTEC, École polytechnique

91128 Palaiseau cedex

e-mail : abboud@cmapx.polytechnique.fr

Mots clefs : Potentiels retardés, méthodes énergétiques, logiciels de simulation

Les discrétisations de type marche en temps ont longtemps été considérées comme inadaptées à la résolution des équations intégrales issues des problèmes d'ondes en domaine temporel. Le principal problème rencontré a été la stabilité des schémas numériques (voir par exemple [1] ou plus récemment [4]). Beaucoup de rustines ont été proposées pour stabiliser ces schémas, par exemple avec des moyennes spatiales et temporelles au cours des itérations ou par des tentatives d'extrapolation de la réponse temps court (*i.e.* avant instabilité) par des méthodes de type Prony ou des modèles autorégressifs. Ce type d'approche conduit à une forte dégradation de la précision ce qui rend ces schémas inintéressants dans la pratique ; de plus, l'apparition de l'instabilité est souvent simplement repoussée plus loin en temps. Des papiers récents tentent de regagner la précision en montant en ordre en temps mais au prix d'une perte de la causalité du schéma [3]. Une solution mathématiquement rigoureuse a été trouvée grâce à des travaux de recherche menés en particulier à l'école polytechnique sous la direction de Jean-Claude Nédélec et à l'université de Bordeaux I sous la direction d'Alain Bachelot, travaux que l'auteur a continué avec ses collaborateurs à IMACS. La liste des contributeurs est longue, citons la thèse d'Isabelle Terrasse [2] qui par l'introduction d'un cadre fonctionnel adéquat et la réalisation du premier calcul stable en 3D, sans artifice, a été un jalon important dans le développement de la méthode.

L'approximation variationnelle temps-espace des potentiels retardés a conduit à un schéma inconditionnellement stable et précis. Elle a été appliquée dans plusieurs domaines : acoustique, électromagnétisme et élastodynamique. Différents couplages avec d'autres méthodes numériques (comme les éléments finis de volume) et d'autres physiques (couplage fluide-structure en vibro-acoustique) ont été étudiés. Les enjeux actuels concernent la décomposition de domaine, la modélisation de matériaux par des lois dispersives et leur approximation par des schémas récursifs, les problèmes inverses ainsi que les méthodes multipôles rapides.

Références

- [1] B.P. RYNNE, *Instabilities in time marching methods for scattering problems*, *Electromagnetics*, **6**, 129–144, 1986.
- [2] I. TERRASSE, *Résolution mathématique et numérique des équations de Maxwell instationnaires par une méthode de potentiels retardés*, Thèse de l'École Polytechnique, 1993.
- [3] R.A. WILDMAN, G. PISHARODY, D.S. WEILE, S. BALASUBRAMANIAM, E. MICHIELSSEN, *An accurate scheme for the solution of the time-domain Integral equations of electromagnetics using higher order vector bases and bandlimited extrapolation*, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **52**(11), 2973–2984, 2004.
- [4] J. ZHONG, T.K. SARKAR, H.J. BAEK, Y.S. CHUNG, M. SALAZAR-PALMA, Y. MENGTAO, *A stable solution of time domain electric field Integral equation for thin-wire antennas using the Laguerre polynomials*, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **52**(10), 2641–2649, 2004.