

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Étude d'une approche « Trains de tenseurs » (TT) pour la résolution des équations de Maxwell instationnaires par un schéma de différences finies

Référence : **PHY-DEMR-2022 -09**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2022

Date limite de candidature : Juin 2022

Mots clés

Simulation numérique en Compatibilité Electromagnétique, Equations de Maxwell, Schémas numériques, Différences finies, Tenseurs, Trains de tenseurs.

Profil et compétences recherchées

Etudes universitaires ou école d'ingénieur. Compétences en analyse numérique et programmation. Connaissances en électromagnétisme appréciées.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Depuis de nombreuses années, le DEMR utilise et développe des outils numériques de résolution des équations de Maxwell. Le code ALICE, basé sur un schéma différences finies [schéma de Yee] dans le domaine temporel, est couramment utilisé pour des applications de Compatibilité Electromagnétique (CEM). Ce solveur implémenté sur machines HPC est optimisé à partir de stratégies de parallélisme, en utilisant les bibliothèques OpenMp et MPI. D'une part, il traite des problèmes sur des systèmes de types aéronautiques ou spatiaux. Cependant, vu les dimensions géométriques de ces systèmes et les coûts de calcul engendrés, il nous est impossible de couvrir toute la plage de fréquences imposées par les normes en CEM aéronautiques (0-18GHz). Dans les faits, avec nos moyens de calculs actuels, il est difficile de monter au-dessus de 6GHz pour de tels systèmes. D'autre part et d'une manière générale, le code ALICE présente les mêmes limitations pour traiter de très grandes scènes de calculs pour l'évaluation des champs électromagnétiques en environnement urbain sous forme de cartographies à l'échelle de quartiers entiers. Par ailleurs les problématiques de type foudre sur systèmes aérospatiaux peuvent conduire à des temps de calculs très longs dus à la nature du signal injecté.

Etre capable de dépasser ces limitations ouvrirait de nouvelles perspectives d'applications de ces schémas numériques pour la montée en fréquences et la taille des scènes à calculer; un tel défi nécessite de proposer une stratégie autre que le parallélisme pour augmenter les performances de notre solveur.

Depuis plusieurs années, la littérature, témoigne de travaux qui ont été menés pour réduire les temps de calculs en introduisant la notion de « train de tenseurs » (TT) pour représenter les matrices et vecteurs des schémas numériques avec un minimum de données essentielles, tout en permettant des opérations du calcul matriciel efficaces et précises. Il s'agit de représenter les opérateurs comme un produit de tenseurs de petites dimensions, ce qui conduit potentiellement à une réduction spectaculaire du stockage et des temps de calculs associés.

L'objectif de la thèse est d'explorer les approches par « train de tenseurs » (TT) en l'intégrant dans le schéma différences finies temporel pour des problèmes 3D relativement complexes et d'évaluer les performances et gains de cette approche. Les gains obtenus grâce à la compression tensorielle seront probablement optimaux pour les problématiques basses fréquences comme la foudre. Nous nous attacherons à explorer les domaines d'applicabilité et de pertinence de la méthode en proposant par exemple d'utiliser un schéma temporel implicite.

Les travaux porteront à la fois sur le développement de la méthode trains de tenseurs et sur son utilisation à travers des bibliothèques. Le choix des bibliothèques à utiliser, et la manière de les intégrer dans nos codes seront des éléments déterminants dans le succès de ces travaux.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Electromagnétisme et Radar

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Thibault Volpert

Tél. : 0562252732

Email :

Thibault.volpert@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Jean-René Poirier

Laboratoire : UPS/Laplace

Tél. : 05 34 32 23 81

Email : poirier@laplace.univ-tlse.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>