

Solveur Tensoriel à rang faible pour des problèmes de magnétostatique pour des applications dans le domaine de l'énergie électrique

Contexte : Le développement de nouveaux dispositifs de conversion d'énergie électrique ou électromécanique repose sur la résolution des équations de Maxwell. La prise en compte de la complexité des dispositifs modernes nécessite de développer des outils numériques efficaces et fiables. Pour résoudre les équations de Maxwell en basses fréquences, les méthodes intégrales volumiques (VIM) ne nécessitent pas de mailler les régions d'air, ce qui les rend particulièrement compétitives pour modéliser de nombreux dispositifs d'ingénierie électrique dans lesquels l'air occupe un volume important et rend les méthodes classiques de type éléments finis moins concurrentielles. Le principal inconvénient des méthodes VIM est qu'elles conduisent à des matrices denses, ce qui les rend très coûteuses en termes de temps de taille mémoire et de temps de calcul. En effet, si N est le nombre de degrés de liberté l'espace nécessaire pour stocker la matrice est en $O(N^2)$ et le coût de sa factorisation est en $O(N^3)$. Depuis de nombreuses années, des méthodes d'accélération basées sur des techniques de compression sont développées pour accélérer les produit-matrices vecteur (méthodes multipôles rapides) et pour factoriser les matrices (H-Matrix) afin de résoudre le problème de façon plus efficace avec des complexités en $O(N \log(N))$.

La thèse s'inscrit dans le cadre de l'ANR TensorVIM dont l'objectif est de développer des outils de calculs performants pour la mise en œuvre rapide de simulations électromagnétiques de dispositifs du génie électrique comme les circuits imprimés pour l'électronique de puissance, les machines à flux axial ou le design de propulseurs plasma par des méthodes intégrales volumiques. Le doctorant travaillera en très forte interaction avec un autre doctorant au G2Elab (Grenoble) financé par le même projet et qui s'intéressera plus spécifiquement à des formulations adaptées à la magnétodynamique.

La thèse se fera en collaboration entre l'Inria Bordeaux et le laboratoire Laplace à Toulouse.

Objectif du travail : Dans cette thèse on se propose d'étudier une nouvelle approche basée sur des tenseurs de rang faible, pour compresser le système linéaire et accélérer les calculs. Cette méthode nécessite de réécrire le problème dans un formalisme tensoriel bien. Tout comme les techniques usuelles (FMM, H-Matrix, ...), elles se basent sur une représentation de rang faible du tenseur (Tenseur-Train notamment) qui permet l'écriture a priori du tenseur comprimé sans jamais construire le tenseur plein. 3 points seront étudiés :

- Analyser les différentes méthodologies et formalismes de transformation du système linéaire en un système tensoriel.
- Adapter/améliorer les techniques existantes pour la construction rapide d'un tenseur de rang faible.
- Travailler sur les techniques de résolution avec 2 axes de recherches
 - Solveurs basés sur des techniques d'optimisation
 - Solveurs itératifs classiques de type sous-espace de Krylov

Encadrants

Olivier Coulaud, olivier.coulaud@inria.fr

Luc Giraud, luc.giraud@inria.fr

Jean-René Poirier, poirier@laplace.univ-tlse.fr

Références

[1] O. Chadebec, J.-L. Coulomb and F. Janet, "A review of magnetostatic moment method," IEEE Transactions on Magnetics, vol. 42, no. 4, pp. 515-520, April 2006, doi: 10.1109/TMAG.2006.870929 .

[2] Ivan Oseledets. Tensor-train decomposition. SIAM J. Scientific Computing, 33, 01 2011.

[3] Dolgov, Sergey V. and Dmitry V. Savostyanov. "Alternating Minimal Energy Methods for Linear Systems in Higher Dimensions." SIAM J. Sci. Comput. 36 (2014).

Profil recherché : Bac+5 ou équivalent, master ou diplôme d'ingénieur en mathématiques appliquées intéressé par les applications dans le domaine de l'énergie.

Connaissances : algèbre linéaire, calcul scientifiques et python, C++ et/ou Fortran

Compétences

- Langues : français (langue de travail), anglais (accès facile à la littérature scientifique).
- Le candidat doit pouvoir interagir avec facilité, notamment avec des partenaire d'un autre domaine scientifique que le calcul, et partager son travail.