

## Méthode de type Trefftz pour la simulation 3D d'ondes électromagnétiques

Sébastien PERNET, ONERA - Toulouse

Margot SIRDEY, ONERA - E2S UPPA-EPC INRIA Makutu - Toulouse

Sébastien TORDEUX, E2S UPPA-EPC INRIA Makutu - Pau

La modélisation précise d'ondes électromagnétiques sur des structures complexes en trois dimensions nécessite l'inversion d'une matrice dont la taille augmente très rapidement avec la taille du domaine. Ce problème devient critique en ce qui concerne la ressource mémoire lorsque la taille du domaine atteint quelques dizaines de longueurs d'onde dans toutes les dimensions. Cette problématique est accentuée par le phénomène de pollution numérique qui force à augmenter le nombre de points de discrétisation par longueur d'onde lorsque la taille du domaine augmente.

Une idée classique consiste à réduire les coûts de calcul en réalisant une décomposition de domaine. Cette méthode nécessite la résolution de problèmes auxiliaires de plus petites tailles dans chaque sous-domaine. Les sous-domaines sont alors couplés grâce à des flux de Robin qui assurent la convergence de la méthode. Bien qu'elles soient efficaces, ces méthodes ne sont pas suffisamment flexibles pour être intégrées facilement à des codes de calcul industriels.

Plus récemment, de nombreux auteurs [2, 3] se sont intéressés à des méthodes de type Trefftz. Ces méthodes offrent une grande souplesse pour la forme (hexaèdre, tétraèdre ...) et pour la taille des cellules constituant le maillage. Elles répondent ainsi aux contraintes géométriques des grands modèles industriels. Les méthodes de Trefftz consistent à utiliser une méthode de Galerkin discontinue dont les fonctions de base sont définies comme des solutions locales de l'équation considérée. Celles-ci peuvent être données analytiquement par une somme d'ondes planes ou numériquement par un solveur auxiliaire [1]. Ces fonctions de base sont propres au problème physique et réduisent les phénomènes de dispersion numérique. Les méthodes de Trefftz fournissent aussi un cadre parfaitement adapté aux méthodes de décomposition de domaine. Il est alors facile de faire évoluer une résolution de type Trefftz directe vers une résolution de type Trefftz itérative.

Dans cet exposé, nous allons présenter différentes méthodes de Trefftz pour la résolution du système de Maxwell 3D en régime harmonique. Nous traiterons le cas d'un solveur auxiliaire analytique par ondes planes ainsi que le cas d'un solveur auxiliaire numérique par éléments finis de Nédélec d'ordre élevé. Une attention particulière sera portée sur la précision de la méthode, sur la comparaison de différentes formulations et sur la ressource mémoire nécessaire à la résolution. Nous expliquerons aussi les raisons pour lesquelles ces méthodes numériques sont adaptées aux architectures modernes.

- [1] H. Barucq, A. Bendali, M. Fares, V. Mattesi, S. Tordeux. *A symmetric trefftz-dg formulation based on a local boundary element method for the solution of the helmholtz equation*. Journal of Computational Physics, **330**, 1069–1092, 2017.
- [2] O. Cessenat, B. Despres. *Application of an ultra weak variational formulation of elliptic pdes to the two-dimensional helmholtz problem*. SIAM journal on numerical analysis, **35(1)**, 255–299, 1998.
- [3] R. Hiptmair, A. Moiola, I. Perugia. *A survey of trefftz methods for the helmholtz equation*. In *Building bridges : connections and challenges in modern approaches to numerical partial differential equations*, pp. 237–279. Springer, 2016.