

Méthode des éléments virtuels pour la résolution des équations intégrales de frontière décrivant la diffraction électromagnétique par un corps parfaitement conducteur

Alexis TOUZALIN, CEA - Le Barp 33114, France

Emanuele ARCESE, CEA - Le Barp 33114, France

Sébastien PERNET, ONERA - Toulouse 31000, France

Pour l'analyse des phénomènes de diffraction électromagnétique dans un milieu homogène et isotrope, la méthode des éléments de frontière, reposant sur une approximation numérique de type éléments finis des équations intégrales, a prouvé son efficacité dans la résolution des équations de Maxwell dans le domaine fréquentiel. Cependant, dans un contexte contraint, caractérisé par une montée en fréquence des ondes, une complexité géométrique ainsi qu'une diversité des environnements tri-dimensionnels, le manque de souplesse de ces schémas numériques classiques dans la phase de conception du maillage risque de limiter la performance de ces derniers. En effet, les contraintes de conformité et de distorsion imposées aux éléments géométriques du maillage peuvent augmenter de manière significative la taille du système linéaire résultant de la discrétisation du problème et détériorer la qualité des résultats numériques.

Dans cette présentation nous considérons l'équation intégrale en champ électrique (EFIE, de l'anglais electric field integral equation) décrivant la diffraction électromagnétique par un corps 3D parfaitement conducteur [2]. Nous nous intéressons, en particulier, à la discrétisation de tel problème via la toute nouvelle méthode des éléments virtuels [3] afin de palier les limitations des approches traditionnelles par éléments finis en relâchant les contraintes sur le maillage. L'approximation par éléments virtuels permet de supporter des maillages polygonaux/polyédriques principalement grâce à la manière dont la méthode assemble le système linéaire d'équations algébriques : il n'est pas, en effet, nécessaire d'explicitier les fonctions de base non-polynomiales, qui sont solutions d'une (ou d'un système d') équation(s) aux dérivées partielles (EDP) dans chaque élément du maillage, mais uniquement les degrés de liberté associés sont utilisés pour le calcul de la forme bilinéaire locale.

Nous étudions ici l'extension de cette méthodologie, initialement développée pour les EDPs, à l'opérateur intégral EFIE (i.e. opérateur simple couche en électromagnétisme). Pour la discrétisation, nous considérons l'espace d'approximation par éléments virtuels conforme à l'espace $H(\text{div})$ de plus bas ordre (en choisissant le variant de sérendipité) [1] sur un maillage polygonal caractérisé d'éléments géométriques de forme triangulaire. Nous analysons ainsi les propriétés mathématiques de ces éléments virtuels via des expériences numériques pour des triangulations non-conformes du domaine de calcul. Une comparaison directe des performances de tels éléments avec leurs homologues en éléments finis, e.g. les éléments de type Raviart-Thomas, est également montrée.

- [1] L. B. Da Veiga, F. Brezzi, F. Dassi, L. D. Marini, A. Russo. *Virtual element approximation of 2d magnetostatic problems*. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, **327**, 173–195, 2017.
- [2] J.-C. Nédélec. *Acoustic and electromagnetic equations : integral representations for harmonic problems*. Springer Science & Business Media, 2001.
- [3] L. Beirão da Veiga, F. Brezzi, A. Cangiani, G. Manzini, L. D. Marini, A. Russo. *Basic principles of virtual element methods*. Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, **23(01)**, 199–214, 2013.