

Invitation à la soutenance de thèse

OPTIMISATION DE METHODES DE TREFFTZ ET QUASI-TREFFTZ
POUR LA RESOLUTION ITERATIVE DE PROBLEMES
DE PROPAGATION D'ONDE EN REGIME HARMONIQUE

ITERATIVE OPTIMISATION OF TREFFTZ AND QUASI-TREFFTZ
FOR TIME-HARMONIC WAVE PROPAGATION PROBLEMS

Matthias RIVET

Mercredi 10 Décembre 2025 – 15h00

Amphithéâtre de la Présidence, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau

Devant le jury composé de :

Hélène BARUCQ	INRIA - MAKUTU	Examinatrice
Bruno DESPRÉS	Sorbonne Université - LJLL	Rapporteur
Gwénaél GABARD	Le Mans Université – LAUM	Rapporteur
Martin J. GANDER	Université de Genève	Examineur
Lise-Marie IMBERT-GÉRARD	University of Arizona	Examinatrice
Sébastien PERNET	DTIS, ONERA	Co-directeur
Sébastien TORDEUX	UPPA – LMAP	Directeur

Résumé

La propagation d'ondes électromagnétiques est un phénomène physique à la base de nombreuses applications, tant civiles que militaires, qui mettent désormais en jeu des domaines complexes, hétérogènes et de très grande taille. Ces conditions, associées à des contraintes de précision importantes, forment un cadre exigeant pour la simulation de tels phénomènes. Classiquement, de nombreuses méthodes numériques ont été développées et adaptées à ces problèmes, mais la considération de domaines de propagation étendus mène à la résolution de très grands systèmes linéaires, pour lesquels une approche directe est incompatible avec les problématiques de mémoire. Une résolution itérative doit alors être considérée, mais ces approches n'y sont généralement que peu adaptées.

Ainsi, nous nous proposons de considérer une méthode de Trefftz, qui peut être interprétée comme une méthode de Galerkin Discontinue où les fonctions de base sont solutions dans chaque cellule, afin d'aborder cette problématique. Étudiée dans un cadre plus général associé aux systèmes de Friedrichs harmoniques, cette approche vérifie une propriété de coercivité faible, alors qu'un préconditionneur naturel assure le caractère contractant du système associé, rendant cette formulation particulièrement adaptée aux algorithmes itératifs. Cependant, la discrétisation classique de cette méthode par ondes planes pose des problèmes de dépendance numérique, et donc de précision : le premier axe de travail

de cette thèse est donc le développement de fonctions de Trefftz naturellement bien conditionnées, caractérisées par des conditions de bord locales impédantes et polynomiales par morceaux. La connaissance des fonctions de base associées n'étant pas possible analytiquement, nous considérons un solveur approché de type *Flux Reconstruction* adapté, analysé et optimisé pour ces problèmes d'onde harmoniques : la méthode quasi-Trefftz, issue du couplage de ces deux développements, est alors étudiée et calibrée. Cette approche permet ainsi d'assurer une indépendance (des fonctions de base locales) et une convergence robustes, la rendant adaptée au cadre d'application envisagé. Dans un second temps, la convergence itérative de la méthode (nécessaire lors de la considération de grands domaines) peut s'avérer très coûteuse : nous nous proposons donc d'optimiser la méthode de Trefftz de ce point de vue, en limitant le nombre d'itérations GMRES nécessaires à la convergence. Pour cela, en nous inspirant des développements issus de la communauté des méthodes de décomposition de domaines, nous introduisons des opérateurs de transmission dans la définition des traces sortantes, menant à une formulation généralisée. Ces opérateurs sont alors caractérisés pour assurer que les propriétés de la méthode originale sont conservées, et deux méthodologies de choix en sont proposées. La première repose sur l'approximation de l'opérateur Dirichlet-to-Neumann extérieur par des approches analytiques classiques et des réseaux de neurones, entraînés sur des configurations de référence, permettant de gagner jusqu'à 25 % d'itérations. Enfin, l'optimisation directe des opérateurs, au sens d'un critère global, est envisagée : ses résultats prometteurs s'accompagnent néanmoins de difficultés d'application, pour lesquelles des pistes sont proposées.

Mots clés

Méthodes de Trefftz et quasi-Trefftz, Propagation d'onde, Méthode de décomposition de domaines, *Flux Reconstruction*, Intelligence Artificielle, Opérateurs de transmission

La soutenance pourra également être suivie à distance via le lien suivant : [soutenance Matthias RIVET](#)