

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DEMR-2025-04**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DEMR/SEM

Tél. : +33 1 80 38 62 64

Responsable(s) du stage : J. Simon

Email. : jerome.simon@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Simulation numérique, électromagnétisme, signature et imagerie radar, mathématiques appliquées

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres

Intitulé : Analyse des limites d'une méthode de base réduite implémenté dans un code électromagnétique.

Sujet : L'ONERA développe depuis de nombreuses années des outils de calculs permettant d'obtenir la réponse d'un objet (SER) soumis à une onde électromagnétique. Diverses approches existent pour résoudre numériquement ces problèmes de diffraction électromagnétique, dont la méthode des éléments de frontière (BEM).

En électromagnétisme, l'imagerie radar est un outil de traitement essentiel pour effectuer une analyse fine des interactions entre une onde et une cible. Pour obtenir une image radar utile (en termes de localisation et de résolution), il est nécessaire de mesurer ou de calculer une multitude de fréquences et d'angles d'incidence en fonction de la longueur de la cible et du domaine d'observation d'analyse. On doit alors résoudre successivement des problèmes de diffusion électromagnétique associés à des ondes planes pour chaque fréquence et un nombre variable d'angles d'incidence. Même si des méthodes performantes comme la Fast-Multiple-Method sont utilisées pour accélérer les résolutions BEM, le coût global du balayage en fréquence reste considérable à cause du grand nombre de fréquences à résoudre indépendamment les unes des autres.

Dans ce contexte, la méthode base réduite, qui permet d'approcher la solution d'un problème dépendant d'un (ou de plusieurs) paramètre(s) à l'aide des solutions obtenues pour un nombre limité de valeurs du paramètre, gagne un intérêt grandissant depuis une dizaine d'années et est aujourd'hui un sujet de recherche très actif. En pratique, l'algorithme de construction de la base réduite appelle un code BEM comme un service extérieur. Si le paramètre qui nous intéresse est la fréquence, la méthode base réduite permet alors de minimiser le nombre de fréquences pour chacune desquelles une résolution BEM (i.e. assemblage de la matrice et résolution du système linéaire par une méthode itérative) est nécessaire afin d'effectuer le balayage en fréquence, réduisant ainsi le coût de calcul global (de même si le paramètre considéré est l'angle d'incidence). Le gain obtenu par rapport à une résolution classique (un calcul par fréquence et/ou angle d'incidence) est d'autant plus grand quand les deux paramètres sont considérés simultanément.

Les travaux de thèse de P. Edel au sein de l'ONERA ont permis de développer et de mettre en œuvre la méthode base réduite pour des problèmes multi-fréquences et multi-incidences en diffraction électromagnétique résolus par des équations intégrales de surface discrétisées par la méthode des éléments de frontière pour des objets parfaitement conducteurs seulement. La figure 1 présente les résultats d'imagerie radar obtenus à partir de l'algorithme base réduite issu des travaux de thèse de Philip Edel. Ces résultats ont été obtenus pour 101 fréquences et 121 incidences pour un coût de calcul 1.5 fois plus rapide que l'approche classique (un calcul = une fréquence et une incidence).

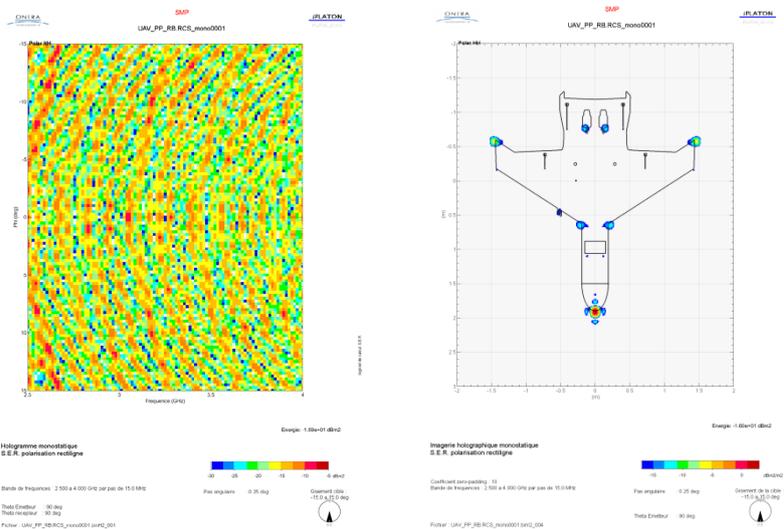


Figure 1 : imagerie radar multi-fréquences/multi-incidences avec hologramme et image holographique

L'objectif du stage est de généraliser l'utilisation des méthodes pour des cibles de grande taille devant la longueur d'onde.

Le candidat devra donc commencer par prendre en main la chaîne de simulation, et identifier les limites de la méthode base réduite en fonction du type de cible. Il devra aussi proposer des stratégies (informatiques, numériques, ...) permettant de franchir ces limites et réaliser des passages à l'échelle.

Le candidat devra aussi proposer des solutions pour prendre en compte des cibles non parfaitement conductrices (par une méthode impédante) ou pour des excitations différentes d'une onde plane. Il devra valider ses développements sur des cibles canoniques, puis sur des cibles réalistes.

Bibliographie :

- P. Edel, Reduced basis method for parameter-dependent linear equations. Application to time-harmonic problems in electromagnetism and in aeroacoustics, Thèse de doctorat 2022.
- M. Fares, J. S. Hesthaven, Y. Maday, and B. Stamm. The reduced basis method for the electric field integral equation. *Journal of Computational Physics*, 230(14):5532–5555, 2011.
- M. Barrault, Y. Maday, N. C. Nguyen, and A. T. Patera. An 'empirical interpolation' method: application to efficient reduced-basis discretization of partial differential equations. *Comptes Rendus Mathématique*, 339(9):667–672, 2004.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input checked="" type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : A renseigner

Durée du stage : Minimum : 4 Maximum : 6

Période souhaitée : février à septembre 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :
Mathématiques appliquées,
Electromagnétisme, Fortran90

Ecoles ou établissements souhaités :
Master 2 - Ecole d'ingénieur.