

## Invitation à la soutenance de thèse

### ÉTUDE ET DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE SIMULATION EFFICACE POUR L'ÉVALUATION DE SER : APPLICATION À LA DÉTECTION D'OBJETS ENFOUIS À PARTIR DE PLATES-FORMES AÉROPORTÉES

Lisa-Marie Mazzolo

**25 novembre 2024 à 9h30**

Salle Blériot, École de l'air et de l'espace, BA 701, Salon de Provence

#### Devant le jury composé de :

Pierre Bonnet	PU Université Clermont Auvergne	Rapporteur
Lionel Pichon	DR CNRS Université Paris-Saclay	Rapporteur
Hélène Barucq	DR INRIA	Examinatrice
Hélène Oriot	DR ONERA	Examinatrice
Gabriel Soriano	MC Institut Fresnel	Examineur
Sébastien Tordeux	MC INRIA	Examineur
Xavier Ferrières	DR ONERA	Directeur de thèse
Benoit Neichel	CR Laboratoire d'Astrophysique de Marseille	Membre invité
Gildas Kubické	Ing. DGA-MI	Membre invité

#### Résumé

La détection d'objets enfouis, qu'il s'agisse d'engins explosifs dans un contexte militaire ou de structures archéologiques dans un contexte civil, constitue une préoccupation majeure. En termes de télédétection radar, les systèmes aéroportés, comme le radar à synthèse d'ouverture (SAR), permettent une imagerie non destructive des sous-sols tout en offrant la possibilité d'explorer de vastes zones avec une distance de sécurité par rapport à celles-ci. Cependant, leur efficacité pour la détection d'objets enfouis dépend de nombreux facteurs, tels que les caractéristiques diélectriques du sol, qui affectent la profondeur de pénétration des ondes électromagnétiques, la nature des cibles, le type d'émetteur... Une étude préliminaire, permettant de prédire la réponse des cibles en fonction des caractéristiques des systèmes et de la scène, serait alors un outil précieux pour évaluer les capacités de détection avant d'engager des campagnes de mesures.

Cette thèse s'inscrit dans ce contexte, en se concentrant sur la recherche, le développement et l'optimisation d'un outil de simulation numérique destiné à évaluer précisément la surface équivalente radar (SER) d'objets enfouis. L'approche proposée repose sur une stratégie d'hybridation de solveurs FVTD (*Finite-Volume Time Domain*) appliquée à des maillages hybrides cartésiens / non-structurés dans l'optique d'optimiser les coûts de calcul. En particulier, ces maillages hybrides permettent une représentation conforme des géométries courbes et une discrétisation spatiale localement adaptée aux vitesses de propagation des ondes électromagnétiques dans les différents milieux de la scène de calcul. La procédure d'obtention de ces maillages, basée sur le découpage du domaine de calcul en sous-domaines est détaillée, et les solveurs FVTD utilisés sont décrits en soulignant les choix effectués pour

optimiser leur efficacité. L'implémentation des modèles permettant une description représentative du sol, la prise en compte précise d'une source de type onde plane et le calcul de champs lointains en présence d'un milieu avec pertes, est également abordée. L'hybridation des solveurs FVTD via une stratégie multi-domaines / multi-méthodes est présentée en détail, en mettant l'accent sur l'architecture logicielle proposée et en précisant la stabilité de la solution hybride ainsi que les enjeux de l'hybridation. Enfin, une comparaison de résultats simulés avec des données expérimentales obtenues dans le cadre d'une campagne de mesures mise en œuvre pour cette thèse, fournit une première appréciation des performances de l'outil de simulation développé. Pour conclure, la thèse met en avant la possibilité d'utiliser cet outil pour étudier l'impact des paramètres de configuration des systèmes radars sur la SER d'objets enfouis pour des scénarios donnés.

### Mots clés

Méthodes volumes finis, Équations de Maxwell instationnaires, Hybridation de schémas, Maillages hybrides cartésiens / non-structurés, Objets enfouis, Simulation de SER