www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation 3D à partir de données Lidar pour la simulation Radar

Référence : **PHY-DEMR-2024-24**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2024	**Date limite de candidature :** 07/2024

Mots clés :

Simulation radar, reconstruction 3D, jumeau numérique, LIDAR

Profil et compétences recherchées

- Étudiant M2 en vision par ordinateur, photogrammétrie, télédétection, physique.
- Une connaissance en géométrie 3D et optimisation continue et discrète seraient appréciées.
- Maîtrise de C++ et Python
- Anglais courant
- (Facultatif) Connaissances en électromagnétisme ou en radar

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

La simulation de scène dans le domaine électromagnétique nécessite une représentation numérique de l'environnement décrivant en trois dimensions les différents éléments constitutifs (terrain, végétation, infrastructure, mobilier urbain, véhicules...). Dans le cas d'une étude sur un environnement réel, correspondant à une situation géographique susceptible d'être mesurée, la construction de cette représentation numérique se fait généralement à l'aide d'une combinaison de différents produits de télédétection.
Parmi ces produits, les premières sources sont celles à deux dimensions ou images, qui permettent de renseigner sur la nature des éléments qui composent la scène. Ces images peuvent provenir de différents angles de vues et de domaines variés du spectre électromagnétique (infrarouge, visible, micro-onde). Le second type de source, obtenu soit directement par des méthodes de mesures particulières soit par la combinaison de plusieurs images (interférométrique ou stéréoscopique), permet d'informer sur la troisième dimension des scènes observées.

La méthodologie aujourd'hui utilisée par l'ONERA pour la construction de scènes virtuelles pour la simulation s'appuie sur des sources qui ne contiennent pas encore l'intégralité de l'information 3D. En effet, les modèles numériques de terrain ou de surface, depuis les données SRTM, aux données WorldDEM, ou, pour la France, les données RGE Alti, ne sont que des données de type « carte d'élévation » qui ne donnent qu'une unique altitude pour chaque pixel d'une image, il s'agit finalement que d'informations à "2 dimensions et demi". Par exemple, il est impossible de représenter ainsi correctement la géométrie d'une façade de bâtiment ou la structure basse d'un arbre. Il est tout aussi impossible d'observer des objets verticaux de faible volume comme des poteaux électriques ou des éléments de mobilier urbain.

Les données LIDAR notamment celles produites dans le cadre du projet LIDAR HD de l'IGN seront prochainement disponibles sur l'ensemble du territoire français et offrent une représentation en nuage de points mesurés depuis une certaine variété angulaire. Ces données

ont le potentiel de résoudre les limites des stratégies et algorithmes existants mais nécessitent une revisite complète des stratégies d'exploitation et d'extraction de l'information.

L'objectif de cette thèse est donc de développer un premier socle algorithmique d'exploitation de données disponibles sous forme de nuages de points 3D en vue de construire des environnements virtuels dédiés à la simulation électromagnétique. Des nombreuses méthodes d'exploitation de nuages de points, notamment pour construire des maillages, existent dans la littérature ainsi que dans les logiciels commerciaux ou open source. Ces outils ne sont toutefois pas en l'état adaptés aux enjeux de la simulation électromagnétique.

En effet, les contraintes sont liées au besoin de calcul de l'interaction entre la scène et une longueur d'onde centimétrique, le plus souvent dans des configurations de rétrodiffusion (c'est-à-dire lorsque l'émission et la réception sont situées au même point). Cela induit notamment un besoin de détail important puisque ce sont les petits éléments de l'ordre de la longueur d'onde qui interagissent majoritairement avec l'onde incidente. Les effets particuliers notables sont :

- Une très forte sensibilité aux normales et à la rugosité des facettes. Ainsi, les artefacts de maillage des méthodes usuelles restituent le plus souvent des surfaces "bosselées" qui faussent complètement le calcul de l'interaction avec l'onde électromagnétique.
- Un besoin de fidélité très important sur l'orthogonalité des plans. Du fait de la rétrodiffusion, les effets les plus significatifs sur le signal perçu par le capteur proviennent des réflexions multiples entre des faces perpendiculaires : double réflexion par exemple entre le sol et une façade ou triple réflexion (effet "coin de cube").
- Une nécessité de restituer convenablement les longs éléments linéaires ou périodiques (arrêtés de toitures, murs, glissières) dans le contexte d'imagerie cohérente susceptible de former des interférences constructives dans des directions d'observation particulières.

Inversement, le besoin particulier de la simulation électromagnétique peut venir relâcher certaines contraintes usuellement liées à la problématique de reconstruction de scène 3D.

Il n'est ainsi pas nécessaire de conserver une capacité de projection de la texture "optique" ou de mise en cohérence avec la vue optique puisque celle-ci ne sera pas exploitée par la simulation. De plus, la confusion entre certains éléments contrastés optiquement mais très proches d'un point de vue structurel (par exemple entre deux panneaux de signalisation différents) n'est pas significative pour l'application visée.

De manière générale, l'objectif est de restituer des reconstructions réalistes des scènes 3D, les détails sensibles pour l'électromagnétisme mais non observables directement depuis la donnée d'entrée pourront être ajoutés de manières statistiquement représentative.
Enfin les algorithmes développés auront vocation à remplacer des tâches aujourd'hui réalisées majoritairement manuellement. Ainsi, un taux d'erreur pourra être conservé dans la mesure où l'algorithme pourra s'auto qualifier et guider l'opérateur humain pour qu'il ne travaille que sur les zones réellement nécessaires tout en lui offrant si possible des capacités de modifications simplifiées.

Parmi les pistes principales étudiées lors des travaux de thèse, nous proposons d'explorer deux principales voies.

La première consiste à exploiter le principe d'instanciation. A partir de bases de données d'objets déjà préparées en amont, présentant des niveaux de détails et une qualité de facettisation compatibles du calcul électromagnétique, chaque élément rencontré dans le nuage de points est associé à un des objets du catalogue ainsi que des paramètres de position, orientation et éventuellement facteur d'échelle. Cette stratégie est naturellement optimale pour des objets génériques similaires rencontrés en grand nombre dans les scènes : mobilier urbain, poteaux, végétation, véhicules, glissières etc. Les algorithmes mis en œuvre pourront s'inspirer des

solutions proposées dans les problématiques de classification/reconnaissance ; il restera à les adapter à la nature particulière des données.

La seconde consiste à exploiter des algorithmes existants de génération procédurale. Ces algorithmes permettent, à partir des paramètres qui les décrivent, de générer automatiquement des maillages réalistes d'objets. Ces maillages peuvent être, par construction, adaptés au calcul électromagnétique. Cette filière est le plus naturellement adaptée aux objets dont la structure globale peut varier très sensiblement d'une occurrence à l'autre et pour lequel l'utilisation de facteurs d'échelle n'est donc pas adaptée. Cela concerne ainsi principalement les bâtiments qui peuvent être ainsi régénérés proprement en 3D à partir de descriptif simplifiés (type de toiture, nombre d'étages, présence ou absence de fenêtres, taille et espacement, polygone d'embase…).

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA	**Directeur de thèse**
Département : Département Électromagnétisme et Radar	Nom : Bruno Vallet
Lieu (centre ONERA) : Palaiseau	Laboratoire : LASTIG, IGN
Contact : Nicolas Trouvé	Tél. :
Tél. : 01 80 38 62 95 Email : nicolas.trouve@onera.fr	Email : prenom.nom@ign.fr

Pour plus d'informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche