

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Planification d'observations satellitaires pour la surveillance globale de paramètres physiques

Référence : **TIS-DTIS-2025-29**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : septembre-octobre 2025

Date limite de candidature : avril-mai 2025

Mots clés Optimisation, Observation de la Terre, Planification, Gestion de ressources, Apprentissage

Profil et compétences recherchées

Intelligence Artificielle ou Recherche Opérationnelle / Optimisation niveau M2 ou ingénieur Bac+5.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Pour aborder certains des défis majeurs liés au changement climatique, il est essentiel d'être capable d'évaluer en continu certains paramètres physiques (cartographie de la concentration de CO₂ à la surface de la Terre, cartographie des émissions de méthane, cartographie de l'humidité des sols, cartographie de la couverture forestière...). Pour obtenir de telles informations, l'utilisation de satellites d'observation de la Terre apparaît comme une piste privilégiée dans la mesure où ces systèmes peuvent réaliser des acquisitions sur des zones étendues et cela à l'échelle du globe.

Sur ce sujet, il existe déjà beaucoup de travaux portant sur la détection de changements, qui prennent en entrée des bases d'acquisitions fournies par diverses sources externes. Il existe par contre très peu de travaux qui, de manière plus proactive, essaient de réaliser les meilleures acquisitions possibles pour maximiser la qualité de la surveillance d'un phénomène donné. Une telle stratégie de surveillance proactive de paramètres physiques à l'aide de satellites nécessite de planifier les acquisitions en fonction du phénomène observé et de sa dynamique. Par rapport aux systèmes classiques de planification, cette approche soulève cependant plusieurs questions fondamentales.

- Premièrement, pour la surveillance de phénomènes physiques, chaque acquisition réalisée par un satellite apporte non seulement des informations instantanées sur la zone observée, mais aussi (a) des informations sur les zones voisines du fait de corrélations spatiales et (b) des informations sur la valeur des paramètres physiques dans le futur, du fait de dépendances temporelles. Dès lors, une difficulté consiste à évaluer la valeur de chaque observation, sachant que du fait d'une capacité limitée, les systèmes de planification pour des constellations de satellites doivent sélectionner des observations parmi un ensemble d'observations candidates.
- Deuxièmement, les satellites considérés peuvent être équipés de capteurs différents, et certains satellites sont même capables de réaliser des observations selon plusieurs modes (par exemple, mode « observation champ large » versus mode « observation ciblée »). La gestion de cette hétérogénéité est également un enjeu pour l'évaluation de la récompense associée à chaque observation. Il est par exemple nécessaire de trouver un compromis entre d'une part le maintien en continu d'une connaissance globale sur la valeur de paramètres physiques, et d'autre part la réalisation d'observations ciblées sur des zones où des phénomènes ont été détectés.
- Troisièmement, le choix d'une bonne stratégie d'observation dépend de la dynamique du processus physique surveillé. Par exemple, la surveillance de la déforestation ne requiert pas la même fréquence d'observation que la surveillance de dégazages illicites de navires. Idéalement, le système de planification automatisée devrait être capable d'apprendre une bonne stratégie d'observation à partir d'une requête globale de surveillance d'un paramètre, plutôt que d'être en

attente de requêtes d'observation élémentaires formulées par des utilisateurs.

- Quatrièmement, la cartographie globale associée à un paramètre peut être plus ou moins lourde en mémoire suivant la résolution spatiale souhaitée. Typiquement, une résolution fine à l'échelle du globe nécessite de maintenir à tout instant une grande quantité de données.

La thèse a pour objectif d'aborder ces différentes problématiques et de définir un système de planification pour la surveillance globale de paramètres physiques. La première étape consistera à faire une étude bibliographique des systèmes existants et à identifier des données disponibles. La deuxième étape consistera à modéliser le problème à résoudre, en proposant un premier modèle de récompense simple lié au gain d'information apporté par les observations. La troisième étape consistera à définir un algorithme de planification multi-satellites permettant de construire des plans d'observation apportant de fortes récompenses. La dernière étape consistera à évaluer les techniques développées en traitant des cas d'étude construits sur la base de données identifiées en début de thèse.

Collaborations envisagées

NA

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'Information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Cedric PRALET

Tél. : 05.62.25.29.24 Email : cedric.pralet@onera.fr

Directeurs de thèse

Nom : Cédric PRALET

Laboratoire : ONERA, Toulouse

Tél. : 05.62.25.29.24

Email : cedric.pralet@onera.fr

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