

Nom de l'entreprise : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Adresse : CEA-DAM-DIF, F-91297 Arpajon, France
Nom des tuteurs : Rodolphe MARION & David HATEAU
Email : rodolphe.marion@cea.fr / david.hateau@cea.fr **Téléphone :** 01.69.26.40.00
Lieu de travail : Bruyères-le-Châtel, Département Analyse, Surveillance, Environnement
Rattachement hiérarchique : Cyrielle GUERIN
Durée : 4 à 6 mois à partir d'avril 2025

Traitement d'image et intelligence artificielle pour la détection de la pollution de l'eau par télédétection hyperspectrale

L'eau, sous sa forme liquide, recouvre plus de 70% de la surface terrestre et est indispensable à la vie. Son importance dans l'économie ainsi que son inégale répartition sur Terre en font une ressource naturelle dont la gestion est l'objet de forts enjeux géopolitiques, environnementaux et sociétaux. S'il existe aujourd'hui des outils pour la mesure et le suivi de la qualité des eaux ou l'étude de risques à l'échelle d'un site particulier (mesures réalisées en sortie d'usine, échantillonnage dans l'environnement proche, etc.), les pouvoirs publics se trouvent souvent démunis lorsqu'il s'agit d'aborder ces problèmes à une échelle régionale ou semi-régionale. Dans ce contexte, la télédétection hyperspectrale [1] fait partie des outils disponibles originaux pouvant contribuer à l'identification, la localisation et la cartographie à distance d'éventuelles pollutions des eaux.

Les capteurs hyperspectraux, aéroportés ou satellitaires fournissent des images de la Terre dans environ 200 bandes spectrales (du visible au proche-infrarouge) avec une résolution spatiale allant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Ainsi, chaque pixel de l'image est un spectre représentant l'énergie mesurée par le capteur pour chaque longueur d'onde ; ce spectre permet notamment de caractériser les zones d'eau. Pour ces zones, le signal mesuré dépend non linéairement des différents constituants de la colonne d'eau (phytoplancton, matières en suspension, matière organique dissoute, polluants éventuels) et de leur concentration, de la nature du fond (sable, rochers, etc.) et de la bathymétrie (profondeur de l'eau). Il est alors possible d'estimer ces différents paramètres pour chaque pixel de l'image grâce à l'analyse de sa signature spectrale.

L'objectif de ce stage est de mettre en œuvre des techniques originales de traitement d'image et d'intelligence artificielle pour détecter des pollutions dans des zones d'eau (zones littorales, rivières, lacs, bassins d'usines, etc.) à partir d'images hyperspectrales. Il s'articulera autour des axes suivants :

- Le stagiaire devra tout d'abord se familiariser avec la physique de l'image et le transfert radiatif dans la colonne d'eau. Il pourra pour cela s'appuyer sur le modèle semi-analytique de Lee [2] (code Python fourni) afin de comprendre l'impact des différents paramètres sur le signal mesuré.
- Dans l'optique d'entraîner un modèle d'apprentissage (*deep learning*), le stagiaire devra ensuite collecter des images hyperspectrales d'eaux naturelles et les prétraiter (correction atmosphérique, filtrage de bandes spectrales inexploitable, etc.). Des spectres synthétiques, générés à partir du modèle de Lee, pourront également être incorporés à ces données pour augmenter la taille et la diversité de l'ensemble d'entraînement.
- Des méthodes d'IA génératives (apprentissage profond non-supervisé) seront explorées. La détection de spectres pollués pourra ainsi être assimilée à une détection d'anomalies.
- Enfin, la validation sera réalisée sur des données simulées et sur des images aéroportées et satellitaires réelles pour lesquelles nous disposons de vérités terrain (prélèvements et mesures de la composition chimique de l'eau). Cette validation pourra être complétée par une étude de sensibilité et/ou une analyse des incertitudes visant notamment à extraire des informations sur les signatures spectrales des polluants.

Ce stage permettra au candidat d'acquérir des compétences relatives à la physique de l'image, aux techniques de traitement numérique du signal et de l'image et à l'intelligence artificielle (*deep learning*). Les développements seront réalisés en Python.

Références

[1] <http://www.sfpt.fr/hyperspectral>

[2] Lee, Z., Carder, K. L., Mobley, C. D., Steward, R. G., and Patch, J. S. (1998). Hyperspectral remote sensing for shallow waters: 1. A semianalytical model. *Appl. Opt.*, 37(27):6329–6338.