PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Analyse quantitative de polluants volatils en environnement marin par imagerie spectrale infrarouge.

Référence : **PHY-DOTA-2024-06**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2024	**Date limite de candidature :** Avril 2024

Mots clés :

Télédétection, Imagerie Infrarouge Multispectrale, Environnement marin, Modélisation, Polluants chimiques

Profil et compétences recherchées :

Master 2 ou Ecole d'ingénieur avec des compétences dans les domaines suivants :
Traitement du signal, Transfert radiatif infrarouge, informatique scientifique

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif :

La quantité croissante du transport de produits chimiques par voie maritime et des accidents entraînant le déversement de substances nocives pour la santé et l'environnement en mer ou en zone portuaire est un réel problème pour la mise en sécurité des installations portuaires et du personnel d'intervention. En outre, les accidents récents au large du Danemark et de la Suède concernant des pipelines de méthane montrent la grande variabilité des sources d'émissions et l'ampleur des enjeux associés à cette thématique. Ces produits chimiques sont qualifiés d'Hazardous Noxious Substances (HNS) par la convention MARPOL de 2010, ils sont associés à tous les produits chimiques polluants autre qu'hydrocarbures.

Depuis plusieurs années l'ONERA en partenariat avec le CEDRE, participe à l'évaluation de moyens de télédétection en imagerie spectrale pour la détection de ces produits pour la plupart invisibles à l'œil nu ou par les systèmes d'imagerie conventionnelle utilisés pour la surveillance du littoral, des ports et des voies maritimes.

Les HNS sont classées en fonctions de leur nocivité, de la quantité transportée chaque année dans le monde et de leurs propriétés physico-chimiques. Les travaux proposés se concentreront sur les produits dits évaporant ou volatils caractérisés par une forte valeur de pression de vapeur saturante. Déversé en mer ces produits forment une nappe qui s'évapore formant un nuage toxique et parfois explosif ou se dissolvent dans l'eau de mer puis se volatilisent. En fonction des lieux de déversement les dangers associés peuvent être variables : sécurité des équipes de secours liée aux risques d'inhalation et d'explosion, sécurité des installations et des populations au niveau des zones portuaires.

Si de nombreuses études sur l'ensemble du domaine optique se sont concentrées ces dernières années sur les produits hydrocarbures suite en particulier à l'accident de Deep Water Horizon dans le Golfe du Mexique, peu de travaux se concentrent sur les HNS malgré la recrudescence d'accidents associés. A ce jour l'utilisation de données hyperspectrales dans le domaine solaire (visible et proche infrarouge) a montré la possibilité de caractériser dans certaines conditions les nappes de HNS déversées en mer (ANR Polluproof), néanmoins ce type d'observation ne permet pas l'observation des évaporations des HNS volatils.

C'est pour lever cette limitation que l'ONERA dans le cadre de deux campagnes en mer en 2021 et 2022 a réalisé des premiers tests en mer d'un nouveau système imageur multispectral dans le domaine de l'infrarouge thermique (Instrument SIMAGAZ) qui a montré la possibilité d'observer la formation de nuages gazeux à partir d'observations sol et aéroportées tout en fournissant des informations de contexte liées à la présence de nappe en surface, à la température de l'eau et du produit en surface, à la vitesses de déplacement, …

L'enjeu de cette thèse est de réaliser une analyse quantitative du potentiel de ce nouveau type d'instruments pour le suivi et l'aide à la décision dans le cas de rejets accidentels de HNS en environnement marin ou portuaire. Le travail proposé consiste à : (i) proposer à un modèle physique dans l'infrarouge thermique spécifique à l'environnement marin incluant la présence d'une nappe d'HNS et son évaporation dans l'atmosphère sous forme de gaz, (ii) réaliser un modèle inverse permettant d'identifier et quantifier le gaz évaporant sous forme de cartes de concentration et de débits de gaz à partir d'observations sol ou aéroportée ainsi que les propriétés de la nappe liquide (température, étendue, émissivité), (iii) de valider ce modèle inverse avec la mise en place d'expérimentation en environnement contrôlé en partenariat avec le CEDRE, (iv) d'analyser quantitativement les mesures acquises entre 2021 et 2023 en plein mer. Dans le cadre de ces étapes de

validation, il est inclus la mise en place et à la réalisation d'essais supplémentaires avec les partenaires pour valider les dépendances des facteurs d'émissions des HNS volatils aux conditions environnementales (vitesse de vent, températures de l'air et de la surface marine,…). Enfin dans le cadre du projet Européen MANIFEST des modèles de dispersion des nappes et des panaches gazeux ont été développés par différents partenaires qui ont été appliquées lors des campagnes en plein mer de 2022. Ainsi, il est envisagé de réaliser une inter-comparaison entre les résultats de modélisation et les inversions quantitatives issues des données multispectrales infrarouge acquises en plein mer en 2022 et 2023 par SIMAGAZ. Ces travaux permettront de voir en quelle mesure il est possible d'assimiler les informations acquises en temps réel dans le système de décision opérationnel dédié à la gestion de crise pour ce type d'évènements.

Collaborations envisagées :

(i) CEDRE (Brest) pour les aspects physico-chimique des produits chimiques en mer et la réalisation d'expérimentations en environnement réaliste et contrôlé, (ii) IMT (Mines d'Alès) pour les aspects liés à l'analyse des risques en zone portuaire en lien avec un nuage de gaz, (iii) RBINS (Université de Bruxelles) pour la modélisation en environnement marin du devenir d'une nappe de produit chimique et du panache de gaz associé.

Laboratoire d'accueil à l'ONERA :	**Directeur de thèse :**
Département : Département d'Optique et Techniques Associées	Nom : Foucher Pierre-Yves
Lieu (centre ONERA) : Toulouse	Laboratoire : DOTA
Contact : Pierre-Yves Foucher	Tél. : 0562252619
Tél. : 0562252619 Email : pierre-yves.foucher@onera.fr	Email : pierre-yves.foucher@onera.fr

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