www.onera.fr

ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Caractérisation optique du sillage d'un mât plongé dans la mer

Référence : **PHY-DOTA-2024-04**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024	**Date limite de candidature :**

Mots clés

Mer, sillage, écume, signature optique

Profil et compétences recherchées

Master recherche, Sciences de la mer, Ingénieur optique

Modèles de mer, traitement/analyse du signal, électromagnétisme, rayonnement

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Dans le cadre de la défense maritime, un effort important est mis sur la détection de cibles partiellement immergées, comme le mât d'un sous-marin. Certaines configurations de fonctionnement d'un sous-marin imposent que le mât se déplace au-dessus de la surface de la mer. Par ce déplacement, une vague d'étrave, un sillage ou encore un cône de Kelvin sont produits, qui sont caractéristiques de la vitesse, de la forme du mât, mais également de paramètres liés à la surface de mer.

Différents capteurs optiques dans le visible et l'infra-rouge peuvent être utilisés afin de détecter la trace du sous-marin en immersion périscopique dans le fouillis de mer. La principale caractéristique détectée par ces capteurs sera l'écume formée par les différents types de sillages et vagues d'étrave. Cette thèse se focalise sur l'étude et la modélisation des caractéristiques optiques de l'écume en visible et en infrarouge et sa localisation sur les différents types de sillage.

Cette thèse se déroulera dans le Département d'Optique et Techniques Associées de l'ONERA, en collaboration avec Naval Group. L'objectif est d'obtenir une modélisation fidèle des sillages provoqués par l'avancement d'un mât sur une surface de mer plus ou moins développée, d'un point de vue géométrique et optique.

Dans un premier temps, le candidat s'intéressera à l'aspect géométrique de la vague d'étrave et du sillage, ainsi qu'à l'interaction avec le milieu maritime, en particulier selon la vitesse du vent et par conséquent, selon la forme des vagues environnantes. L'objectif est d'identifier ou de développer une modélisation de la déformation de la surface de mer pour le sillage et la vague d'étrave [Brousset et al., 2016], mais également d'identifier la localisation et la quantité d'écume. Pour ce faire, le candidat pourra s'appuyer sur l'état de l'art, le modèle de mer déjà développé par l'ONERA pour le logiciel de propagation radiative et d'imagerie MATISSE [Fauqueux et al., 2011] et les travaux déjà effectués au sein de Naval Group.

Dans un deuxième temps et à partir des géométries développées, le candidat se consacrera à la partie optique et spectrale. En l'occurrence, un modèle de BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) du mélange eau-air devra être conçu et développé [Bourlier, 1999], puis appliqué sur la surface de mer perturbée. Les échanges thermiques seront aussi à prendre en compte dans la structure de l'écume [Jessup et al., 1997].

En plus des caractéristiques et modèles existant dans la littérature scientifique, le candidat pourra interagir avec d'autres équipes au sein du DOTA à Toulouse disposant de banc de mesures de BRDF pour

caractériser les propriétés optiques et spectrales de l'écume. L'intérêt est ici de disposer de données expérimentales qui pourront valider le modèle de BRDF développé.

Ces modèles, géométrique et de BRDF, seront implémentés dans un démonstrateur numérique qui permettra de simuler la scène vue par différents types de capteurs optiques visibles et infrarouges, pour différentes configurations d'observation, de types de mer et de déplacement du mât.

Enfin, le démonstrateur du modèle développé sera confronté à différentes campagnes de mesures existantes au sein de l'ONERA, mais le candidat pourra également profiter d'acquisitions effectuées lors de campagnes d'opportunité pour valider le modèle. Les comparaisons et les résultats conduiront à la rédaction de publications et proceedings durant des conférences.

[Bourlier, 1999] C. Bourlier, "*Rayonnement infrarouge d'une surface stochastique - application au domaine océanique*", Thèse de Doctorat, 1999

[Brousset et al., 2016] Mathias Brousset, Emmanuelle Darles, Daniel Meneveaux, Pierre Poulin, Benoît Crespin, *Simulation and control of breaking waves using an external force model*, Computers & Graphics, Volume 57, 2016, Pages 102-111, ISSN 0097-8493, https://doi.org/10.1016/j.cag.2016.03.003.

[Fauqueux et al., 2011] Fauqueux S., Langlois S., Malherbe C., Caillault K., and Labarre L., "*Multiresolution infrared optical properties for Gaussian sea surfaces computations: comparison against the MIRAMER campaign measurements in solar glint configurations*", Proc. SPIE 8178, Optics in Atmospheric Propagation and Adaptive Systems XIV, 817806 (10 October 2011); https://doi.org/10.1117/12.902692

[Jessup et al., 1997] Jessup, A. T., Zappa, C. J., and Yeh, H. (1997), *Defining and quantifying microscale wave breaking with infrared imagery*, *J. Geophys. Res.*, 102(C10), 23145–23153, doi:10.1029/97JC01449.

Collaborations envisagées

Naval Group, Sirehna

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Optique et Techniques Associées

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : BELLISARIO Christophe

Tél. : 01 80 38 63 64 Email : christophe.bellisario@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : BOURLIER Christophe

Laboratoire : IETR

Tél. : +33(0)2 40 68 32 25

Email : christophe.bourlier@univ-nantes.fr

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