

Modélisation et mesure de l'interaction d'une onde électromagnétique avec une surface océanique. Application à la détection et à la caractérisation radar de films d'hydrocarbures.

Soutenance de thèse d'Aymeric Mainvis

5 décembre 2018 à 10h30

**Amphithéâtre 1 de l'ISAE-SUPAERO
10 Avenue Édouard Belin
31000 Toulouse**

Jury

M. Ali Khenchaf (rapporteur)
M. Richard Dusséaux (rapporteur)
Mme Fifamè Koudogbo (examinateur)
M. Henri-José Mametsa (directeur de thèse)
M. Christophe Bourlier (co-directeur de thèse)
M. Vincent Fabbro (encadrant de thèse)

Résumé

Les systèmes de télédétection satellitaires et aéroportés sont classiquement utilisés pour la surveillance maritime par les gouvernements et les entreprises. Cette surveillance est en particulier dédiée à la détection d'hydrocarbures en mer afin de prévenir les déballastages illégaux et de gérer les accidents environnementaux. Elle trouve également une pertinence dans le domaine de la prospection offshore afin d'identifier des réserves naturelles d'hydrocarbures. Le radar à synthèse d'ouverture représente actuellement le moyen principal de détection de films surfaciques puisqu'il opère quels que soient l'horaire et les conditions météorologiques. Le processus de détection demeure néanmoins perfectible car nécessitant un temps de traitement conséquent et induisant encore régulièrement des fausses alarmes. De plus, la détection n'est pas suffisante car la diversité des films surfaciques rencontrés implique une gestion propre à chacun. En effet, selon leur origine (naturelle ou anthropogénique) et leur nature (hydrocarbure, phytoplancton ou encore huile de poisson par exemple), l'ampleur de l'intervention engagée peut drastiquement évoluer, allant d'une vaste opération de nettoyage à une simple surveillance. Cette identification est classiquement réalisée à l'aide d'images optiques hyperspectrales mais cette méthode reste peu adaptée dans un contexte opérationnel. Caractériser la nature des films surfaciques détectés à l'aide des signaux radar représenterait donc une grande avancée dans le domaine de la supervision océanique.

Cette étude consiste à distinguer une surface océanique contaminée par un film surfacique d'une surface océanique propre et de détailler la nature du film détecté à travers les signaux radars.

L'étude se divise en trois domaines principaux, à savoir la modélisation de la surface océanique, la modélisation électromagnétique et l'expérimentation. La simulation de la surface océanique doit considérer l'existence ou non d'un film surfacique. En outre, elle doit permettre de générer numériquement une surface de vaste superficie –correspondant aux dimensions d'une image d'un radar à synthèse d'ouverture– tout en conservant une résolution restituant la complexité de la géométrie. Un simulateur de surfaces océaniques contaminées ou non a donc été développé. La partie électromagnétique est basée sur l'utilisation de modèles

asymptotiques de diffusion des ondes électromagnétiques par une interface rugueuse. Ces modèles sont particulièrement adaptés au contexte de l'étude, alliant complexité de la scène et efficacité du traitement, mais nécessitent des hypothèses pour être appliqué. L'intégration d'un tel modèle a permis l'étude du champ électromagnétique diffusé par la surface océanique afin d'accéder aux informations contenues au sein des signaux radars.

La modélisation est complétée par des données expérimentales associant mesures radars et mesures d'élévations d'une surface d'eau de mer tantôt propre tantôt contaminée par différents produits. Cette expérimentation a été réalisée dans un environnement maîtrisé : bassin fermé, produits connus, vagues générées à l'aide d'un souffleur caractérisé et déversements contrôlés. Ces données permettent de valider la modélisation et de tester les méthodologies de détection et de caractérisation des films surfaciques développées.

Ces travaux ont permis de montrer que la nature d'un film surfacique est identifiable à l'aide de signaux radars multifréquences et que ces films surfaciques sont détectables à l'aide de la fonction de répartition du champ électromagnétique diffusé par la surface. En outre, les conditions de mesures optimales (angles d'incidence, fréquences radar, polarisation, sensibilité du capteur) de détection et de caractérisation d'un film surfacique ont été détaillées. Enfin, le simulateur développé permet de générer des signaux de radars à ouverture réelle en considérant de larges surfaces océaniques ayant une résolution très fine sur une machine conventionnelle.

Mots-clés : diffusion radar, diffusion électromagnétique d'une surface de mer, télédétection océanique, nappe d'hydrocarbure, pollution de l'eau, pollution maritime