

# Détection électromagnétique d'éléments polluants au dessus de la surface ou faiblement enfouis dans un milieu naturel

Mohamed Yassine AYARI

L'objectif global de ce projet de thèse est de fournir les moyens méthodologiques permettant de détecter les polluants à la surface de la mer (pétrole, résidus pétrochimiques, ...) et les produits contaminants dans le proche sous-sol agraire par des méthodes électromagnétiques (radar).

La première phase de modélisation et d'analyse concerne les phénomènes d'interactions entre onde électromagnétique et surface océanique considérée comme surface rugueuse aléatoire et caractérisée par ses paramètres géométriques et physiques.

Dans ce cadre, on a mené une étude sur le comportement du champ électromagnétique incident vis-à-vis d'une surface maritime homogène. Cette dernière n'a pas de perméabilité magnétique alors que sa permittivité électrique dépend à la fois de la salinité et de la température de l'eau ainsi que de la fréquence de l'onde électromagnétique émise.

Quand à la simulation de la surface, différents modèles ont été étudiés et analysés tel que le spectre Gaussien, spectre de Pierson, spectre d'Elfouhaily et la loi de distribution des pentes de Cox et Munk.

Le calcul du champ électromagnétique diffusé est plus complexe, il n'existe pas de solutions exactes valables pour toutes les configurations. En effet le raisonnement dépendra essentiellement de la rugosité de la surface par rapport à la longueur d'onde électromagnétique émise. Ainsi trois approches ont été développées et simulées

La méthode de Kirchhoff a été utilisée pour le calcul des composantes diffuses du champ électromagnétique dans le cas d'une surface majorée par des vagues à grandes longueurs d'ondes dites vagues de gravité. Le principe est d'assimiler la surface à un plan tangent au point d'incidence de l'onde émise. Le champ diffusé s'exprimera ainsi par une intégrale de surface, pour la résoudre on utilisera soit l'approximation de la phase stationnaire ou l'approximation scalaire.

Quand les vagues courtes (vagues de capillarité) dominent la surface, la méthode de Kirchhoff n'est plus valable, l'approche de petites perturbations a été utilisée. Elle permet d'estimer la composante diffuse en fonction de l'état de la mer et en fonction de la polarisation à l'émission et à la réception. Le principe est simple, on approxime les champs diffusés et transmis par ou à travers une surface rugueuse par une superposition d'ondes planes d'amplitudes inconnues se propageant vers le récepteur.

Ces modèles sont valables pour des surfaces à une seule échelle de rugosité, or les surfaces naturelles sont caractérisées par plusieurs échelles de rugosité. Ainsi on a étudié l'approche deux échelles qui n'est en outre qu'une synthèse des deux autres méthodes elle couvre un domaine d'application plus large.

Une phase de simulation a été nécessaire pour valider les résultats obtenus par rapport à la littérature dans des configurations classiques (Rétro diffusion et propagation avant). Les coefficients de diffusion ont été estimés en fonction des différents paramètres tel que la fréquence d'émission, la direction et la force du vent.

Dans la suite de ce projet de thèse, on étudiera la diffusion électromagnétique par une surface hétérogène. Le mélange sera composé de l'eau et du pétrole. Dans ce cas les propriétés physiques et géométriques ne seront plus les mêmes. On déterminera ainsi son impact sur les coefficients de diffusion.