



**HAL**  
open science

## Modélisation par OP-OG/MCE du calcul de la SER d'une cible complexe présente sur la surface de la mer

Yacine Bennani, Ali Khenchaf, Fabrice Comblet

► **To cite this version:**

Yacine Bennani, Ali Khenchaf, Fabrice Comblet. Modélisation par OP-OG/MCE du calcul de la SER d'une cible complexe présente sur la surface de la mer. JNM 2011, May 2011, Brest, France. pp.XX. hal-00636418

**HAL Id: hal-00636418**

**<https://ensta-bretagne.hal.science/hal-00636418>**

Submitted on 27 Oct 2011

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Modélisation par OP-OG/MCE du calcul de la SER d'une cible complexe présente sur la surface de la mer

Y. Bennani, A. Khenchaf, F. Comblet

ENSIETA, E3I2-EA3876 (REMS).

2, rue François Verny 29806 Brest Cedex 09,

(yacine,bennani, Ali.Khenchaf, Fabrice.Comblet)@ensieta.fr

### Résumé

*Dans cet article, nous présentons les différentes étapes utilisées dans le calcul de la surface équivalente radar (SER) bistatique d'une cible complexe présente sur la surface maritime. Ces étapes s'articulent globalement autour de la prise en compte des effets d'ombrage, de l'identification des surfaces de multi-trajet, et la détection des bords. Nous avons discrétisé l'ensemble cible complexe et surface de mer par des facettes triangulaires, et nous avons pris en compte l'interaction électromagnétique (EM) entre la cible et la surface de la mer. Pour le calcul de la SER bistatique, nous avons combiné l'Optique Physique (OP), l'Optique Géométrique (GO) et la méthode des courants équivalents (MCE). Les résultats obtenus ont été évalués par comparaison avec ceux obtenus en utilisant le logiciel FEKO.*

### 1. Introduction

La prédiction de la diffusion d'une cible complexe présente sur la surface de la mer est sujet d'intérêt de récentes études, notamment dans le domaine de la reconnaissance radar de la cible [1,3,7,9]. Le calcul de la SER d'une cible complexe comporte plusieurs types de mécanismes de dispersion, telles que les multi-trajets, la réflexion spéculaire, la diffraction par des arêtes [4]. Pour tenir compte de ces phénomènes, nous avons combiné trois méthodes asymptotiques [3]. Ces méthodes peuvent être regroupées en deux familles de méthodes. Le premier type appelé « méthodes asymptotiques de rayons » est basé sur l'expression asymptotique du champ diffusé (comme l'OG [3]) complétée par la Théorie Uniforme de la Diffraction (TUD) [3]. L'autre famille est connue par « méthodes asymptotiques de courants » qui sont basées sur l'expression asymptotique du courant induit sur la surface illuminée. Dans ce cas, le champ diffusé est calculé en fonction de ces courants. Ainsi, la réflexion spéculaire de la surface illuminée est calculée avec l'OP et la diffraction par une arête est calculée par MCE [4]. Le but de cet article est de modéliser l'interaction entre l'onde électromagnétique (EM) et une cible complexe présente sur la surface de la mer générée en utilisant le spectre d'Elfouhaily [8]. La SER est calculée en utilisant

une combinaison basée sur OP-OG [6] et la MCE [5]. Afin de calculer le champ diffusé par la surface de la mer en présence de la cible, l'ensemble est discrétisé avec des facettes triangulaires [1]. Les résultats de simulation obtenus sont présentés pour différentes configurations et sont évalués à l'aide du logiciel FEKO.

### 2. Diffusion Electromagnétique

Dans cet article, L'OP [3] et la MCE [3,5] sont utilisés pour la formulation et le calcul de la SER [1]. Elles sont bien adaptées pour le calcul de la SER d'une cible complexe de grande dimension par rapport à la longueur d'onde. L'interaction d'une onde EM avec un objet de forme complexe donne naissance à différents mécanismes de dispersion [1,3], tels que la réflexion spéculaire, diffraction par les bords, les réflexions multiples, ainsi que les effets d'ombrage. Dans cet article nous considérons les mécanismes suivants: réflexion spéculaire, réflexions multiples [4], la diffraction par des bords [5], et les effets d'ombrage [1,2].

### 3. Interaction onde cible/Environnement

Le but de cette section est d'illustrer la démarche adoptée pour le calcul de la SER d'une cible complexe (cible marine) intégrée dans son environnement maritime représenté par une surface de mer rugueuse [7,8,9]. La complexité de la scène (cible complexe+surface de mer rugueuse) ainsi que des interactions multiples entre la cible et la surface rugueuse [1,7,8,9] rendent le modèle plus difficile à établir. Par conséquent avant de passer au calcul de la SER d'une cible marine, nous devons caractériser et générer la surface de mer 2D. La surface de la mer 2D a été générée en utilisant le spectre d'Elfouhaily [8]. Dans le but d'avoir une surface de mer maillée avec des facettes triangulaires, nous avons généré un maillage triangulaire d'une surface rectangulaire puis nous avons fait une projection de cette surface pour obtenir une surface de la mer en maillage triangulaire. Enfin, nous avons utilisé un algorithme d'assemblage pour introduire la cible sur la surface de la mer pour obtenir un ensemble (surface de mer + cible), un exemple de surface de la mer et sa surface discrétisée sera donnée dans la version finale de cet article. Un autre

point important dans le calcul de la diffusion par la surface de mer est la connaissance de ses paramètres physique et géométrique [1]. Les paramètres physiques sont la perméabilité magnétique (prise égale à l'unité) et la constante diélectrique qui a été calculé à partir du model de Debye [10].

#### 4. Résultats de simulation

Dans le but de valider notre modèle, quelques résultats sont représentés dans cette section. Le premier concerne la SER monostatique d'un dièdre qui est un élément très adapté pour étudier les phénomènes de la double réflexion. Sur la figure1 la SER d'un dièdre parfaitement conducteur est donnée pour une fréquence de 9.4 GHz et le résultat obtenu est en très bon accord avec [6]

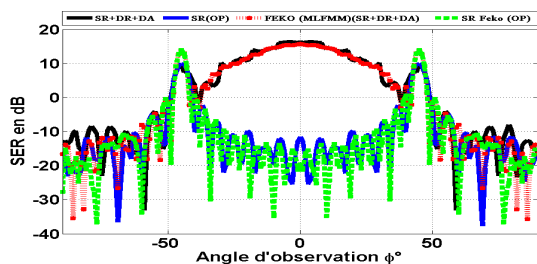


Figure 1. SER mono-statique d'un dièdre à 9.4 GHz.

Une deuxième simulation a été réalisée en considérant une scène plus complexe. Ainsi, nous avons considéré un cube de  $1 \times 1$  m sur la surface de mer (placé sur l'extrémité positive de l'axe des X). La surface de la mer fait 5 m de large et 20 m de longueur [1]. Les figures 2 et 3 représentent respectivement la SER mono-statique et bistatique la scène considérée.

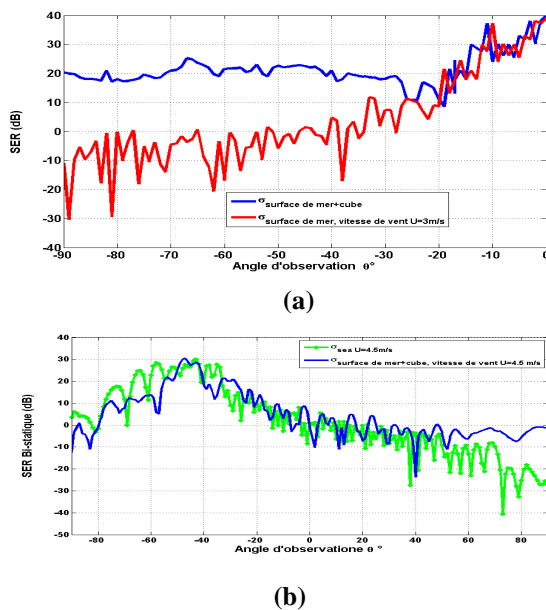


Figure 2. (a) SER monostatique. (b) SER bistatique. D'un cube sur la surface de mer.

#### 5. Conclusion

En tenant compte des effets d'ombrage, la double réflexion et la diffraction par les bords, le calcul de la SER bistatique d'une cible complexe intégrée dans son environnement (maritime) a été effectué en combinant les méthodes OP-OG/MCE. Les résultats numériques obtenus pour différentes cibles et dans différentes configurations ont été présentés et évalués par rapport aux résultats donnés notamment par le logiciel FEKO. D'autres résultats obtenus et comparaisons effectués en bi-statique seront donnés dans la version finale de cet article.

#### 6. Bibliographie

- [1] Y.Bennani, A.Khenchaf and F.Comblet Ania Ali-Yahia: Bistatic Radar Cross Section of a Complex target on sea surface. IGARSS2010, Hawaii (July 2010)
- [2] E. Rius, T. Moller and B. Trumbore: Fast, Minimum Storage Ray-triangle intersection. Journal of Graphics Tools, 2(1) 21–28, (1997).
- [3] F. Knott, F. Shaeffer, T. Tuley: Radar Cross Section. Artech House, Boston-London, Septembre 1992
- [4] A. Michaeli: Elimination of Infinities in Equivalent Edge Currents Part2: Fringe Current Components IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 34 N7, (July 1986).
- [5] A. Michaeli: Equivalent Edge Currents for Arbitrary Aspects of Observation IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 32 N3, (March 1984).
- [6] T.Griesser and C.Balanis: Backscatter analysis of dihedral corner reflectors using physical optics and the physical theory of diffraction. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 35 1137-1147, (1987).
- [7] F. Xu and Y.Q. Jin: Bidirectional analytic ray tracing for fast computation of composite scattering from electric-large target over a randomly rough surface IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 57 1495-1505, (2009).
- [8] T. Elfouhaily, B. Chapron, and K. Katsaros: A unified directional spectrum for long and short Journal of Geophysical Research, 102, 15-781, (1997).
- [9] RJ Burkholder, MR Pino, and D. Kwon: Development of ray-optical methods for studying the rcs of 2D targets on a rough sea surface 1999.
- [10] P.J.W. Debye: Polar molecule