

Pistage de cible avec modélisation de l'état de mer

Eric Blanchet, étudiant 2^e cycle

Dr Michel Lecours, directeur de recherche

Abstract: The objective of this study is to estimate the extent at which perturbations due to the sea state on the electromagnetic waves propagation in space influence the height estimation of low altitude targets. This estimation is made by an algorithm called RML (Refined Maximum Likelihood). The resolution of the parabolic equation by the finite difference method is used to simulate sea effect.

Résumé: Nous étudions dans nos travaux comment les perturbations provoquées par la mer sur la propagation des ondes électromagnétiques dans l'espace influencent l'estimation de la hauteur d'une cible volant à basse altitude. L'estimation de la hauteur est réalisée grâce à un algorithme appelé RML (Refined Maximum Likelihood). La résolution de l'équation parabolique par la méthode des différences finies est utilisée pour tenir compte du profil de la mer dans le calcul de la propagation des ondes.

La technique RML utilise une certaine connaissance à priori du milieu de propagation comme la distance entre l'antenne radar et la cible et la vitesse du vent pour estimer la hauteur d'une cible. Cette connaissance lui permet de calculer le champ que provoque théoriquement sur l'antenne une cible à cette distance en fonction de sa hauteur. Il compare ensuite ces valeurs avec le champ effectivement reçu sur l'antenne selon le critère du maximum de vraisemblance. La hauteur estimée correspond alors à la hauteur de la cible pour laquelle le champ calculé correspond le plus au champ reçu.

Les performances de cet algorithme sont liées à deux facteurs. Le premier facteur est le modèle de propagation utilisé pour obtenir le champ calculé. Les valeurs obtenues avec ce modèle doivent être le plus près possible du champ reçu sur l'antenne. Le deuxième facteur est lié aux paramètres du système tels son ouverture, le nombre de capteurs et l'utilisation de la diversité en fréquence.

Le modèle de propagation utilisé pour obtenir le champ calculé est basé sur la méthode du tracé de rayon, qui consiste à faire l'addition vectorielle des rayons direct et réfléchi provenant de la cible. On utilise un facteur d'atténuation appelé facteur de rugosité pour tenir compte de l'effet de la mer.

Par contre la méthode utilisée pour obtenir le champ reçu est différente. Cette méthode utilise une approximation de l'équation d'onde appelée équation parabolique. La résolution de

cette équation par la méthode des différences finies permet de tenir compte de la hauteur des vagues et des caractéristiques électriques de l'eau de mer. Nous avons utilisé le progiciel FDPEM pour calculer le champ par cette méthode.

Une échelle d'états de mer est utilisée pour déterminer la hauteur moyenne des vagues. Cette échelle comprend 8 états, où l'état 0 correspond à une mer calme sans vague et l'état 7 correspond à une mer extrêmement agitée. Plusieurs fichiers de champs ont été calculés avec FDPEM pour des états de mer 0, 4 et 6, en considérant un profil de mer aléatoire déterminé avec l'aide du spectre de Pierson et Moscovitz.

Lorsque nous comparons les patrons d'interférence obtenus avec les deux méthodes pour ces différents états de mer, nous observons que la mer a un effet différent. La différence principale est au niveau de la hauteur des lobes. Nous pouvons voir à la figure 1 que les lobes obtenus avec FDPEM sont à une hauteur plus élevée que ceux obtenus avec le tracé de rayon. Nous avons mis en place un facteur de correction à la méthode du tracé de rayon permettant d'atténuer cette différence. Ce facteur tient compte de la longueur d'onde, de l'angle d'attaque et l'état de la mer.

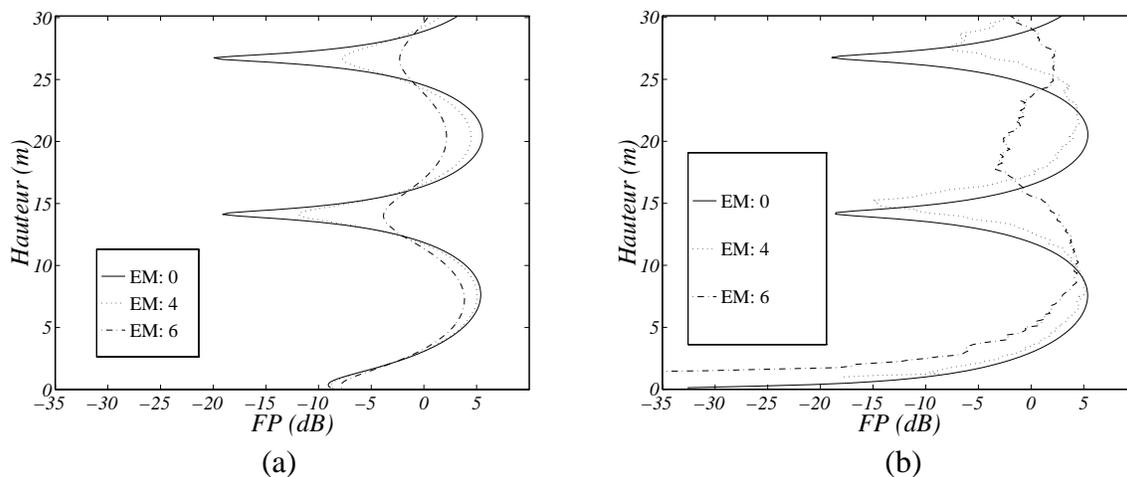


Figure 1 Patrons d'interférence pour trois états de mer, une distance de 8km et une fréquence de 10 GHz calculé avec (a) la méthode du tracé de rayon (b) FDPEM

Lorsque nous utilisons le champ calculé avec FDPEM pour simuler l'écho de la cible, nous observons que la mer a pour principal effet de provoquer une sous-estimation de la hauteur de la cible par la technique RML. Dans le but de corriger cette erreur, nous avons inclus le facteur de correction, développé précédemment, dans le modèle utilisé par la technique RML. Tel qu'illustré aux figures 2 et 3, nous avons observé une certaine amélioration des résultats de pistage pour un état de mer 4. Par contre les résultats sont un état de mer 6 ont empiré.

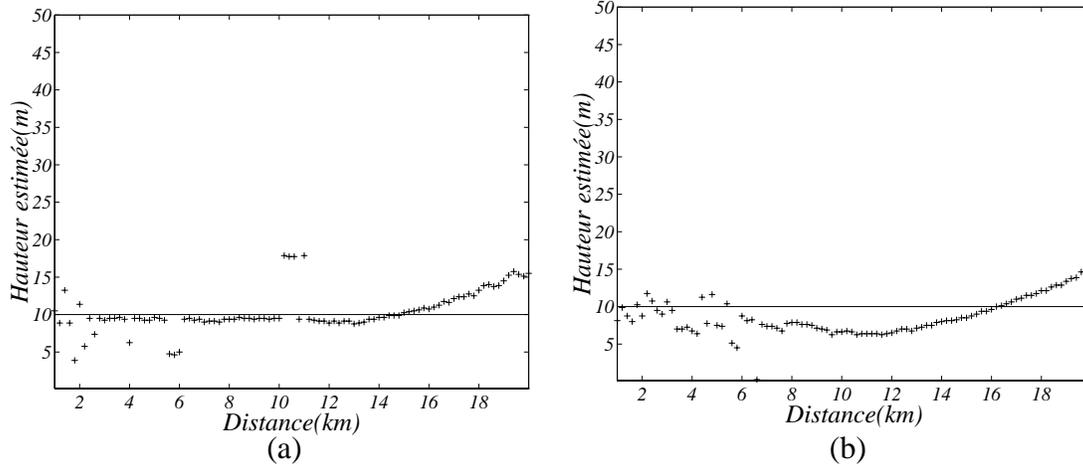
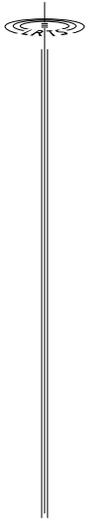


Figure 2 Courbe de pistage avec un réseau centré à 20 mètres, 8 capteurs, 5 fréquences entre 8 et 12 GHz, (a) état de mer 4 (b) état de mer 6

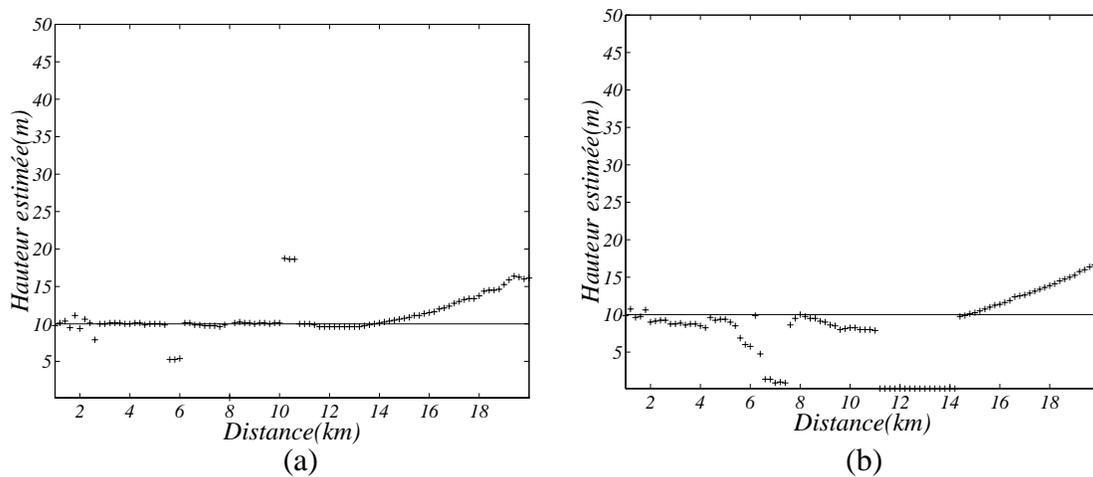


Figure 3 Courbe de pistage incluant le facteur de correction et avec un réseau centré à 20 mètres, 8 capteurs, 5 fréquences entre 8 et 12 GHz, (a) état de mer 4 (b) état de mer 6