Processing and analysis of HF radar measurements of currents and sea states in the Iroise and Celtic Seas

MERIFIC Deliverable 3.1.4

Summary

Large sections of both the Iroise Sea and the northern coast of Cornwall are covered by HF radar systems deployed to potentially provide near real time measurement of surface current and sea-states. Assessment of the ability of such measurement devices to provide relevant information for resource assessment and mapping was studied as part of work package 3 of the Merific project focusing on technology support.

As part of this study, new algorithms for the detection of surface currents were implemented in the data processing chain of the HF Radars owned by SHOM and deployed in the Iroise Sea while methods for the measurement of sea-states were tested with both HF radar systems in Brittany and Cornwall.

Current measurement processing using HF radars consists in selecting a target subarea at the surface of the sea and associate to this target or cell a radial current velocity. The distance of the target to the source is classically identified through radar travel time. The azimuth is formed through some type of digital focusing of the received signal and the radial surface current magnitude is determined by examining the Doppler shift in the received signal associated with the target cell.

Two different approaches can be used for the azimuthal processing: either the Beam forming (BF) method or goniometry, also known as Direction Finding (DF).

In the BF approach, the receive array is numerically oriented towards predefined azimuths. The Doppler frequency associated with the radial current is then estimated from the Doppler spectrum computed in each distance-azimuth cell.

In the DF approach, the process consists of computing the Doppler frequency at first and then estimating the associated direction.

Direction Finding method was implemented in the Iroise Sea installation and shown to provide better results thanks to its ability to achieve a resultant higher azimuthal resolution compared to the Beam forming method. Maps of the statistics of currents over the Iroise Sea area were built based on this new approach.

Analysis of HF radar measurement also allows significant wave height (Hs) assessment. The Hs parameter is classically obtained from HF radar data using the empirical algorithm developed by K. W. Gurgel[1] . This algorithm links the normalized spectral energy density of the radar second order Doppler spectrum to the wave energy spectral density by mean of empirically estimated coefficients. The significant wave height Hs is then computed by

---

[1] K.-. GURGEL, H.H. ESSEN and T. SCHLICK, 2006. An empirical method to derive ocean waves from second order Bragg scattering ï Prospects and limitations. IEEE Journal of Oceanic Engineering, VOL. 31, NO. 4, October 2006, pp. 804 ï 811.

summation of the estimated omnidirectional wave spectrum. This method requires assessment of empirical coefficients. In the case of the Iroise Sea, the classical empirical coefficients determined by K. W. Gurgel from the data set recorded in Norway during the European Radar Ocean Sensing (“EuroROSE”) proj[illegible] 2000) proved inappropriate. In spite of a specific calibration and adaptation of the method, assessment of the significant wave height over the whole area was considered insufficient to provide accurate mapping, mostly because of the radars arrangement, the presence of strong currents and the shadowing effects of the islands in the Molène archipelago.

A similar study was conducted to process data from the HF Radars of Plymouth University placed on the northern coast of Cornwall. It showed that the significant wave height assessed using the empirical methods were in relatively good agreement with the in-situ measurements in this less complex area. A specific calibration was also introduced for this specific part of the Celtic Sea which induced significant improvement of the quality of the measurement.

Traitement et analyse des donn®es de mesure de courant et dô®tats de mer par radar HF en Mer dôIroise et Mer Celtique

MERIFIC 3.1.4

Résumé

De grandes ®tendues de ... côte nord des Cornouailles britanniques sont de la couvertes par des systèmes radars déployés là afin de fournir des mesures en temps quasi-réel des champs de courants de surface et des états de mer. Lô®valuation de la capacité de ces syst¯mes ¨ fournir une estimation et une cartographie pertinente ressource ... a fait lôobjet dans le cadre de la tâche 3 du projet MERIFIC dédiée au soutien technologique.

Dans le cadre de cette étude, de nouveaux algorithmes pour la détection des courants de surface ont ®t® mis en ... de traitement de données des radars HF, propri®t® du SHOM, ... lorsque les méthodes de mesure des états de mer ont été testées sur les deux systèmes de radar HF déployés en Bretagne et en Cornouailles.

Le traitement pour la mesure des courants par Radar HF consiste à sélectionner une zone cible à la surface de la mer et à lui associer une vitesse de courant radiale. La distance entre la cible et la source est classiquement identifiée par la mesure du temps de propagation de lôonde radar. Lôazimut est identifi® par focal... lôamplitude de ... radiale ... la vitesse du courant est déterminée par analyse du décalage doppler du signal rétrodiffusé et associé à la cible.

Deux approches distinctes peuvent être utilisées pour le traitement azimutal : ou bien la méthode goniométrique, dite Beam Forming (BF), ou bien la méthode de recherche de direction « Direction finding » (DF).

Dans lôapproche BF, le r®seau de r®ception est ... prédéfinis. La fréquence Doppler associée au courant radial est alors estimée à partir du spectre Doppler calculé dans chaque cellule distance-azimut.

Dans lôapproche DF, il s'agit ... de la fréquence Doppler puis à ... estimer la direction associée.

La m®thode DF a ®t® mise en ... , présentant de ... dôIro... meilleurs résultats que la méthode BF, du fait de sa capacité à fournir une meilleure r®solution azimutale. Des cartes de donn®es stat... été réalisées en se basant sur cette approche.

Lôanalyse des données de mesure par Radar HF permet ®ga... hauteur significative des vagues (Hs). Le paramètre Hs est classiquement obtenu de la

donnée de radar HF en utilisant l'algorithme em[2]. Cet algorithme lie la densité spect normalisée du spectre Doppler du second ordre du radar à la densité spectrale d'énergie des vagues au moyen de coefficients estimés empiriquement. La hauteur significative des vagues Hs est alors calculée par somme des spectres de vagues omnidirectionnels estimés. Cette méthode nécessite l'éva coefficients empiriques. Les coefficients empiriques classiques de la mer d déterminés par K. W. Gurgel à partir d'un jeu de du projet European Radar Ocean Sensing (« EuroROSE ») (Sept 1998-Oct. 2001) se sont avérés inadaptés. En dépit d'une calibration sp qualité de l'évaluation de la hauteur significative a été considérée insuffisante pour permettre une cartographie précise de la ressource, essentiellement du fait de la disposition des radars, de la présence de courants importants et des effets de masquage par les îles de l'archipel de Molène.

Une étude similaire a été conduite pour le traitement des données des Radars HF de l'Université de Plymouth, déployés sur la cote étude a montré que la hauteur significative de des méthodes