

Propagation des signaux sonores en milieu marin aléatoire

RESUME

Le problème de l'évaluation de l'intensité et de la cohérence du signal sonore reçu par les systèmes de détection sous-marine est résolu en milieu déterministe. Dans cette étude on introduit une composante aléatoire dans la célérité du milieu modélisant les fluctuations aléatoires du milieu marin. Pour caractériser ces effets du milieu sur la propagation sonore, l'estimation des moments du champ sonore est nécessaire.

Une description des phénomènes d'environnement présents dans le milieu marin permet de déterminer les types de perturbations pouvant être prises en compte par les modèles déterministes, et ceux à considérer comme aléatoires. Les ondes internes sont toujours présentes et apparaissent comme l'effet perturbateur prédominant.

On généralise, dans le formalisme de Itô, les équations de propagation paraboliques des moments du champ sonore obtenues par Tatarskii: l'application du théorème limite de Papanicolaou-Kohler permet d'affaiblir les hypothèses sur l'indice de réfraction et d'estimer le domaine de validité des équations paraboliques des moments.

Trois méthodes de calculs des moments du champ sonore sont ensuite exposées: une étude statistique de type Monte-Carlo pour les moments d'ordres un à quatre, une étude numérique basée sur les méthodes paraboliques pour le moment d'ordre un et enfin, une méthode modale résolvant les équations paraboliques stochastiques du moment d'ordre deux pour aboutir à l'intensité sonore moyenne et à l'autocorrélation verticale, ou encore à la densité angulaire d'énergie. La comparaison des résultats et leur convergence permettent de valider ces méthodes. Elles révèlent que l'intensité sonore en milieu aléatoire admet des perturbations pouvant atteindre 8dB. Dans le cas de bathycélérimétries perturbées prélevées expérimentalement, on retrouve des écarts du même ordre de grandeur qui pourraient donc s'expliquer par la présence d'ondes internes.

Cette étude répond en partie aux besoins actuels quant à la détermination stochastique des premiers moments du champ sonore en milieu aléatoire à basses fréquences

Mots-clefs:

Milieu aléatoire Méthodes de Monte-Carlo Ondes internes Cohérence verticale

Propagation Equation parabolique Traitement du signal Signal sonore sous-marin

ABSTRACT

Underwater acoustic signals received on an antenna are influenced by random oceanic fluctuations. The aim of this study is to characterise this influence by means of determining signal moments, intensity, and vertical coherence of the sound field.

Environmental phenomena are reviewed in order to define and characterise the random data considered in the following study. The most important effects are generally handled by deterministic modelling. Fluctuations of sound speed resulting from the effects of internal waves constitute prevailing disturbing effects.

Itô's formalism is used to generalize the derivation of parabolic equations for all the moments of the sound field under the assumption of white gaussian noise for the index of refraction. Itô's formalism is well adapted for relaxing the hypotheses of gaussian white noise: application of the Papanicolaou-Kohler theorem allows one to extend the validity of the numerical results to less restrictive hypotheses on the medium fluctuations for various estimated ranges of propagation.

These equations are solved numerically, by finite differences, for the first moment, and by modal expansion for the second moments that lead to the mean intensity, the vertical mutual coherence, and by taking the spatial Fourier transform of the vertical mutual coherence function, to the angular spectral density. A third approach, based on the Monte-Carlo method, is used to obtain the first two moments.

Numerical results are presented and compared for these three approaches. They are in good agreement and are the same order of magnitude as a number of experimental cases.

Keywords:

Random medium Internal waves Propagation Signal processing Underwater Acoustics

Vertical mutual coherence function Parabolic equations Monte-Carlo methods