

La propagation d'ondes acoustiques dans le milieu océanique au service de la détection sous-marine

Comment la connaissance de l'environnement assure-t-elle aux sous-marins une discrétion optimale ?

INFORMATIQUE (Informatique pratique), PHYSIQUE (Physique ondulatoire)

Ondes acoustiques

Acoustic waves

Simulation numérique

Numerical simulation

Optique géométrique

Geometrical optics

Environnement marin

Sea environment

Sonar

Sonar (SOund Navigation And Ranging)

Motivation du choix du sujet.

L'environnement Brestois a joué un rôle déterminant dans le choix de notre sujet. En effet, nous étions confiants de pouvoir bénéficier de données et de contacts pertinents grâce à la présence de nombreux organismes (Ifremer, Cnrs, Shom, Ird, UBO) travaillant sur l'environnement océanique. Ainsi, nous avons pu appliquer et approfondir des savoir-faire acquis au cours de notre formation.

Ancrage au thème de l'année.

La propagation des ondes acoustiques dans le milieu océanique entre dans le thème car elle permet de comprendre comment il est possible de dissimuler un sous-marin des ondes émises par les sonars actifs des unités de lutte anti-sous-marines, tout en utilisant des données récoltées en milieu marin par des organismes scientifiques.

Bibliographie commentée.

[1] Livre de Paul C. Etter : « Underwater Acoustic Modeling and simulation »

[2] <http://lecalve.univ-tln.fr/oceano/fiches/fiche3F.htm>

[3] <http://www.argo.ucsd.edu/>

[4] Livre de Xavier Lurton : « Acoustique Sous Marine »

[5] <https://www.cetaces.org/cetaces-et-sons-intenses/pourquoi-les-sonars/les-sonars-militaires/>

[6] https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF-GEO4310/h13/undervisningsmaterie/sonar_introduction_2013.pdf

[7] <https://www.npl.co.uk/underwater-acoustics>

[8] <https://darchive.mblwhoilibary.org/bitstream/handle/1912/3021/LICHTE.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

L'acoustique sous-marine est un sujet d'étude qui a beaucoup d'applications tant dans le domaine civil (ex : hydrographie/cartographie des fonds marins), que militaire (ex : lutte anti-sous-marine).

Alors que la science de l'acoustique sous-marine débuta par des observations de Léonard de Vinci vers la fin du XVème siècle, ce n'est qu'après le naufrage du Titanic et pendant la première guerre mondiale que s'est amorcé le développement des premiers systèmes de détection sous-marine.

Depuis, cette science a trouvé de nombreuses applications notamment dans le cadre de la lutte anti-sous-marine où les fréquences émises par les sonars militaires sont comprises entre 1 et 10 kHz.[5] Il est cependant difficile d'obtenir des données précises car leur nombre est restreint et elles sont pour beaucoup soumises au secret militaire.

En 1919, Lichte, dans ses travaux, démontre le lien entre la vitesse du son dans l'eau, la densité et la compressibilité de l'eau de mer, qui dépendent de la température, de la salinité, et de la pression [8].

Les scientifiques ont par la suite proposé différentes équations d'état de l'eau de mer, dont deux modèles ressortent comme étant considérés comme les plus fiables pour leur domaine de validité : L'équation de Chen et Millero utilisée par la majorité de la communauté scientifique, et celle de Del Grosso, plébiscitée par d'autres chercheurs également. Ces équations permettent de calculer la célérité du son en fonction des paramètres énoncés précédemment [7].

L'avancée des technologies a rendu possible la réalisation de plusieurs modèles de simulation numérique, comme ceux basés sur l'utilisation des lois de l'optique géométrique énoncées par Descartes, qui permettent de calculer le trajet des ondes acoustiques dans l'océan [4] [2].

Cependant, comme les paramètres environnementaux influencent le trajet des rayons acoustiques, il est important de noter qu'en des lieux différents ou à des périodes de l'année différentes, le trajet d'un rayon acoustique peut être très significativement modifié. En effet, il existe dans l'océan des zones dites frontales qui sont des zones de variation très rapide de la température et de la salinité. Par ailleurs, la période de l'année (été/hiver) joue un rôle très important sur les structures des couches de surface, notamment en température. On peut observer en effet à certaines périodes de l'année la présence d'une thermocline, zone de transition thermique très rapide entre les eaux superficielles chaudes, et les eaux profondes plus froides (ex : 20°C en surface et 10°C à 100m). Cette évolution de l'environnement est visible notamment grâce au programme international ARGO qui récolte des données tout au long de l'année dans tous les océans [3] grâce à des profileurs automatiques équivalents les ballons sonde en météorologie.

Cette connaissance de l'environnement a permis aux hommes d'utiliser les propriétés de certains espaces naturels pour améliorer la performance de leurs dispositifs. C'est le cas du chenal SOFAR, utilisé pour sa capacité de transmission à longue distance des ondes à basse fréquence, et minimisant la perte de signal par absorption.[1][6]

Dans le cadre de la lutte anti sous-marine, le défi est d'exploiter certaines zones de l'océan dans lesquelles la propagation des rayons acoustiques ne s'effectue pas du fait des propriétés physiques du milieu. Ces zones, appelées zones d'ombre permettent aux sous-marins de se dissimuler et de paraître invisibles aux oreilles des autres.[2] Cela constitue un atout stratégique pour toutes les marines du monde.