**Titre :**

 Diffraction du bruit tonal d'une hélice marine par la carène aux très basses fréquences ; étude analytique, expérimentale et numérique

**Résumé :**

Ce travail est consacré à la prédiction du bruit tonal d'une hélice marine à basse vitesse et sa diffraction par la coque d'un navire liés aux contraintes d'installation dans les applications industrielles. En effet les hélices marines sont, en règle générale, toujours montées à l'arrière de la coque du navire et elles interagissent ainsi avec la couche limite turbulente développée le long de la coque. Ce phénomène est appelé effet d'installation hydrodynamique. Ensuite, la proximité des hélices avec la coque implique que le son rayonné par les pales soit diffracté par celle-ci. Il s'agit là, du deuxième phénomène, nommé effet d'installation acoustique. Les travaux de cette thèse proposent une étude approfondie de ces deux effets. Pour une telle configuration, l'équation d'onde de l'analogie de Ffowcs William & Hawking est résolue avec la fonction de Green standard en champ libre. Aux faibles nombres de Mach, les fluctuations de portance sur les pales rayonnant comme des dipôles tournants, correspondent aux contributions majeures de l'hélice. Chaque mode peut exactement être reproduit par un ensemble de dipôles fixes déphasés d'amplitude similaire mais rayonnant à des temps d'émission différents, appelés modes-sources. C'est un outil rapide permettant de calculer la diffraction par des obstacles environnants. Ainsi, la fonction de Green exacte du cylindre est utilisée dans cette thèse comme configuration générique des hélices marines installées. La particularité des hélices dans l'eau donne lieu à un régime dit compact. L'ensemble constitué par le cercle de sources (hélice) et la section droite du corps diffractant (coque) est notablement inférieur à la longueur d'onde. Un phénomène d'amplification est attendue à ce régime. La réalisation d'une expérience dans l'air, simple, confirme qu'avec des nombres de Helmholtz typiques des applications marines, l'amplification provient en majorité de l'effet diffractant du cylindre rigide. Ces résultats correspondent à des caractéristiques clés de la fonction de Green asymptotique du cylindre. Le modèle analytique est aussi étendue en prenant en compte la surface libre. L'amplification profite ainsi de l'effet de la surface se comportant comme un miroir, par une directivité marquée. Enfin, pour une approche plus réaliste, une extension est proposée en résolvant numériquement la fonction de Green adaptée à une carène et en prenant en compte les distorsions réelles d'un écoulement. Les résultats montrent que le bruit des hélices ne peut pas être prédit en champ libre et que l'installation sur un navire est un aspect crucial.

**Mots-clés :**

Hydroacoustique, bruit des hélices marines, dipôles tournants, modes sources, diffraction, modèle analytique, expérimental, modèle numérique.

**Title :**

Tonal noise scattering of marine propeller by the hull at very low frequencies; analytical, experimental and numerical study

**Abstract :**

This work is devoted to the prediction of the tonal noise of a marine propeller at low speed speed and its diffraction by the hull of a ship related to the constraints of installation in industrial applications. Typically, the propellers of marine vehicles are always mounted in the rear part of the ship hull and therefore they interact with the turbulent boundary layer developing along the whole lenght of the hull. This is referred to as the hydrodynamic installation effect. Secondly the mounting of propellers in close vicinity of the hull makes the sound radiated from the blades scattered by the hull in such a way that the radiating properties of the sources are strongly modified. This second effect is called the acoustic installation effect. The work of this thesis proposes an in-depth study of these two effects. For such a configuration, the wave equation of the Ffowcs William & Hawking analogy is solved with the standard free field Green's function. At very low Mach numbers, the lift fluctuations on the blades acting as rotating dipoles, correspond to the dominant contribution to the total noise (propeller). Each mode is exactly reproduced by a set of fixed dipoles of similar amplitude but radiating at different emission times, called source-mode. This formalism is well suited to calculate the diffraction by surrounding obstacles. Thus, the exact Green's function of the cylinder is used in this thesis as a generic configuration of installed marine propellers. The particularity of marine propellers gives rise to a compact regime. The set constituted by the source circle (propeller) and the straight section of the of the diffracting body (hull) is significantly smaller than the wavelength. An amplification phenomenon is expected in this regime. An experiment in air confirms that with Helmholtz numbers typical of marine applications, the amplification is mainly due to the diffracting effect of the rigid cylinder. These results correspond to key characteristics of the asymptotic cylinder Green's function. The analytical model is also extended by taking into account the free surface. In this configuration, the diffraction is found to induce an amplification but with a different wave pattern to what the diffraction is with a cylinder only. Finally, for a more realistic approach, an extension is proposed by numerically solving the Green's function adapted to hull and taking into account the real distortions of a flow. The results show that the propeller noise cannot be predicted in free field and that the installation on a ship is a crucial aspect.

**Keywords :**

Hydroacoustics, marine propeller noise, rotating dipoles, source modes, diffraction, analytical, experimental, numerical models