

Projet de thèse 2025

INSA Lyon – Université du Havre – AID – NAVAL GROUP

Analyse et contrôle du rayonnement acoustique en régime transitoire des structures sous-marines revêtues

Laboratoires d'accueil :

Laboratoire Vibrations – Acoustique (LVA)

INSA Lyon

25 bis av. Jean Capelle

69621 Villeurbanne Cedex

Laboratoire Ondes et Milieux Complexe (LOMC)

Université Le Havre Normandie

53 rue de Prony

76600 Le Havre

Industriel partenaire :

NAVAL Group

199 av. Pierre-Gilles de Gennes

83190 Ollioules

Encadrements et contacts :

Directeur de thèse : Laurent Maxit, INSA Lyon, laurent.maxit@insa-lyon.fr, 04 72 43 62 15

Co-directeur de thèse : Bruno Morvan, Université Le Havre Normandie, bruno.morvan@univ-lehavre.fr, 02 35 21 72 67

Encadrants industriels : Valentin Meyer, Naval Group, valentin.meyer@naval-group.com, Florent Dumortier, Naval Group, florent-a.dumortier@naval-group.com

Financement : 50 % AID (Agence Innovation Défense) + 50 % Naval-group

Contexte de la thèse :

Le bruit sous-marin d'origine anthropogénique (trafic maritime, industries de l'énergie, activités récréatives...) augmente continuellement depuis plusieurs décennies, et son effet sur la faune marine est admis par la communauté scientifique [1][2]. Par ailleurs, la détection des bruits émis par les véhicules sous-marins est une pierre angulaire de la lutte sous-marine. En effet, contrairement aux ondes électromagnétiques, les ondes acoustiques se propagent très bien dans le milieu marin et peuvent être détectés efficacement par des antennes SONARS (Sound Navigation And Ranging).

De manière générale, les bruits émis par différentes sources peuvent être classés en deux catégories : stationnaire (e.g. moteur diesel, pompe d'eau de mer, alternateur) ou transitoire dans le temps (e.g. battage de pieux, fermeture d'un circuit fluide, choc sur butée). Suivant la catégorie, les critères diffèrent pour évaluer, à la fois l'impact sur la faune marine [3] et la possibilité de détection par un SONAR embarqué sur un véhicule sous-marin [4].

La modélisation et l'analyse des vibrations et du rayonnement acoustique d'une structure immergée, excitée en régime stationnaire, ont été abondamment étudiées dans le passé tel qu'en témoigne une bibliographie très dense sur le sujet (voir par exemple les livres références du domaine [5][6]). Le cas d'une structure immergée soumise à une excitation transitoire a été beaucoup moins abordé. Cela peut notamment s'expliquer par le fait que d'une part, les préoccupations environnementales étaient moins présentes et que d'autre part, la détection acoustique était principalement réalisée sur des bruits

stationnaires, a priori plus énergétiques mais de nos jours, concurrencés par des traitements sur signaux transitoires [4].

Par ailleurs, une des solutions de réduction du bruit rayonné par les structures navales consiste à appliquer un revêtement acoustique sur la partie externe de la coque, afin de diminuer le couplage entre la coque et le fluide environnant [7]. Les performances des revêtements acoustiques sont généralement évaluées en régime harmonique. Le comportement vibro-acoustique d'une structure immergée et revêtue d'un matériau acoustique en régime stationnaire peut être décrit dans certains cas analytiquement [6]. La présence de raidisseurs périodiquement espacés, généralement utilisés dans les structures navales pour résister à la pression hydrostatique, impacte la propagation des ondes vibro-acoustiques dans la structure (i.e. présence d'ondes de Bloch-Floquet) ainsi que le rayonnement acoustique en champ lointain, que la coque soit revêtue ou non [8-11].

Objectif de la thèse :

L'objectif de cette thèse est de modéliser et d'analyser les phénomènes physiques liés au rayonnement acoustique d'une plaque en acier revêtue immergée et soumise à une excitation transitoire. Les investigations théoriques/numériques seront complétées par une campagne expérimentale en cuve acoustique. L'utilisation d'un vibromètre laser pouvant être immergé permettra d'étudier expérimentalement le filtrage vibratoire introduit par le revêtement. Le revêtement acoustique considéré induira un découplage partiel entre la plaque élastique et le milieu fluide. Les cas de plaques simples et de plaques raidies périodiquement espacés seront considérés. Par rapport à l'état de l'art, la thèse permettra de mieux appréhender l'influence du matériau de découplage sur le rayonnement acoustique lorsque la structure est excitée en transitoire et éventuellement couplée à des raidisseurs. D'une part, on cherchera quels types d'ondes peuvent se propager dans la plaque, lesquelles sont atténuées par le matériau acoustique et lesquelles participeront au rayonnement de la structure en champ lointain; d'autre part, on étudiera quels sont les paramètres physiques / géométries qui influencent les caractéristiques de la réponse temporelle en champ lointain (temps de propagation, maximum d'énergies, décomposition temps/fréquence).

Profil du candidat recherché :

Le candidat (titulaire d'un Master Recherche ou d'un diplôme d'Ingénieur) devra avoir un **goût prononcé pour la modélisation de phénomènes physiques et l'expérimentation** et posséder des **compétences en acoustique et/ou en mécanique des milieux continus** (mécanique des solides, dynamique des structures, vibrations). Par ailleurs, pour respecter les exigences de l'AID, le candidat à la thèse doit être **ressortissant de l'UE ou du Royaume Uni ou de la Suisse**.

Pour candidater, nous vous invitons à nous transmettre votre CV, lettre de motivation, ainsi que vos relevés de notes de Licence et de Master.

Références bibliographiques :

- [1] C.M. Duarte et al., The soundscape of the Anthropocene Ocean, *Science*, 371 (2021) eaba4658.
- [2] A.N. Popper, M.C. Hastings, The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *Journal of Fish Biology*, 75 (2009) 455-489.
- [3] A.D. Hawkins, A. N. Popper, A sound approach to assessing the impact of underwater noise on marine fishes and invertebrates. *ICES Journal of Marine Science*, 74 (2017) 635-651.
- [4] P. Ravier, Détection de transitoires par ondelettes adaptées – Critères d'adaptation fondés sur les statistiques d'ordre supérieur, Thèse de doctorat, INPG, 1998.
- [5] M.C. Junger, D. Feit, Sound, Structures, and Their Interaction, The MIT Press, 1986.
- [6] J.H. James, E.A. Skelton, *Theoretical acoustics of underwater structures*, World Scientific, 1997.
- [7] C. Audoly, Acoustic metamaterials and underwater acoustics applications. *Fundamentals and Applications of Acoustic Metamaterials: From Seismic to Radio Frequency*, 1 (2019) 263-285.
- [8] A.J. Hull, J.R. Welch, Elastic response of an acoustic coating on a rib-stiffened plate. *Journal of Sound and Vibration*, 329 (2010) 4192-4211.
- [9] V. Meyer, L. Maxit, Y. Renou, C. Audoly, Experimental investigation of the influence of internal frames on the vibroacoustic behavior of a stiffened cylindrical shell using wavenumber analysis, *Journal of Mechanical Systems and Signal Processing* 93 (2017) 104-117.
- [10] L. Maxit, J.M. Ginoux, Sound radiated by a submerged irregularly ribbed shell: the circumferential admittance approach, *Journal of the Acoustical Society of America*, 128 (2010) 137-151.
- [11] E.G. Williams, Fourier Acoustics: Sound Radiation and Nearfield Acoustical Holography, Academic Press, 1999.