

**Projet de thèse en cotutelle 2020**  
**Université de Sherbrooke – INSA Lyon – Naval Group**

**SIMILITUDE VIBROACOUSTIQUE POUR PANNEAUX RAIDIS EXCITÉS  
PAR UNE COUCHE LIMITE TURBULENTE**

**Laboratoires d'accueil :**

Groupe d'Acoustique de l'Université de Sherbrooke, Université de Sherbrooke,  
Sherbrooke, J1K 2R1, Canada (<http://www.gaus.ca/>)

Laboratoire Vibrations-Acoustique, INSA Lyon, Univ Lyon

25 bis av. Jean Capelle, 69621 Villeurbanne cedex, France (<https://lva.insa-lyon.fr/>)

**Encadrements et contacts :**

A. Berry, Professeur, Groupe d'Acoustique de l'Université de Sherbrooke, Université  
de Sherbrooke, Sherbrooke, J1K 2R1, Canada, +01 819 821-8000 poste 62148,  
[alain.berry@usherbrooke.ca](mailto:alain.berry@usherbrooke.ca)

L. Maxit, Maître de conférences HDR, Laboratoire Vibrations-Acoustique, INSA Lyon  
+33 4 72 43 62 15, [laurent.maxit@insa-lyon.fr](mailto:laurent.maxit@insa-lyon.fr)

V. Meyer, Ingénieur de recherche, Naval Group Research (DCNS), Ollioules  
+33 4 94 11 66 27, [valentin.meyer@naval-group.com](mailto:valentin.meyer@naval-group.com)

**Contexte industriel et scientifique de la thèse :**

Cette thèse s'inscrit dans le cadre de l'étude du bruit rayonné des véhicules sous-marins. Plus particulièrement, on s'intéresse aux bruits relatifs aux écoulements turbulents induits par le mouvement du véhicule sous-marin. Le bruit hydrodynamique est généré par les fluctuations de vitesse et de pression à l'intérieur de la couche limite turbulente développée en paroi. Ces pressions fluctuantes excitent les structures externes du véhicule (coque, appendices, pont, charpentes avant/arrière) vont induire des vibrations de celles-ci ainsi qu'un rayonnement acoustique dans l'eau. La résolution numérique du problème hydro-vibro-acoustique est très complexe et très coûteuse en temps de calculs, notamment quand l'on s'intéresse à des structures de type industriel. Pour contourner cet obstacle, nous cherchons à développer une approche basée sur la théorie des similitudes.

Les théories de la **similitude** fournissent les conditions selon lesquelles l'état d'un système A peut être prédit par mise à l'échelle de l'état d'un système B dont les propriétés (par exemple taille, matériaux, conditions de chargement) sont distinctes de A. Un intérêt possible en vibro-acoustique est la similitude géométrique, c'est-à-dire la mise à l'échelle du comportement vibro-acoustique de grandes structures, par la mesure (plus commode) sur des structures plus petites. Ici, les relations d'échelle entre épaisseur, longueur et largeur de la structure sont éventuellement différentes. Le défi est d'assurer la mise à l'échelle simultanée des différentes échelles spatiales vibratoires et acoustiques du problème.

Les lois de similitude sont utilisées depuis longtemps en **acoustique** des salles, par l'utilisation de mesures sur des maquettes à échelle réduite (technique rendue aujourd'hui désuète par la simulation numérique). La difficulté principale de la similitude en acoustique des salles est la mise à l'échelle correcte des phénomènes d'absorption [Jeon, 2009].

Dans le domaine de la **vibro-acoustique**, l'essentiel des travaux sont issus de l'université Federico II de Naples et ont donné lieu à l'approche SAMSARA (Similitude and Asymptotic Models for Structural-Acoustic Research Applications) [De Rosa et al, 2011, 2015; Petrone et al, 2017, Franco F. et al., 2019]. Alors que les phénomènes vibratoires peuvent être mis à l'échelle de façon relativement simple, les phénomènes vibro-acoustiques sont plus complexes. Dans le cas de coques ou de plaques couplées à une cavité interne, la similitude exacte est possible seulement si les modes acoustiques et structuraux se mettent à l'échelle de façon identique [De Rosa et al, 2012]. Néanmoins, selon les auteurs, ce point nécessite d'être étudié plus en profondeur. Récemment, les chercheurs du GAUS ont établi les conditions rigoureuses pour la mise à l'échelle de l'ensemble des indicateurs vibratoires et acoustiques dans le cas d'une plaque orthotrope rayonnant en fluide léger [Berry, 2019]. Ceci constitue la première étape pour explorer la similitude de structures rayonnant en fluide lourd ainsi que pour les structures raidies.

### **Sujet de la thèse :**

La thèse proposée sera menée en co-tutelle entre le Laboratoire Vibrations Acoustique de l'INSA Lyon (encadrant : Laurent Maxit) et le Groupe d'Acoustique de l'Université de Sherbrooke (encadrant : Alain Berry) et en collaboration avec Naval Group. Le projet de doctorat étudiera la possibilité d'appliquer des lois de similitude pour le rayonnement acoustique de panneaux plans raidis excités par une couche limite et couplés à un fluide lourd. Les quantités d'intérêt seront la réponse vibratoire locale ou moyennée spatialement, la directivité du rayonnement et la puissance acoustique rayonnée. La réponse vibratoire de panneaux raidis et la prise en compte du couplage fluide – structure seront étudiés séparément, par des approches de simulation analytique ou numérique, pour faire émerger des lois de similitude exactes ou approchées. Des expériences seront menées dans la soufflerie anéchoïque à Sherbrooke pour vérifier les lois de similitude géométrique sur quelques panneaux rayonnant dans l'air.

### **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).

### **Références**

- Berry, A. et al, 2019, "Similitude for sound radiation of panels", document interne.
- De Rosa, S. et al, 2011. "Structural similitudes for the dynamic response of plates and assemblies of plates". *Mechanical Systems and Signal Processing*, 25, pp. 969-980.
- De Rosa, S. et al, 2012. "A similitude for structural acoustic enclosures". *Mechanical Systems and Signal Processing*, 30, pp. 330-342.
- De Rosa, S. et al, 2015. "Analytical similitudes applied to thin cylindrical shells". *Advances in aircraft and spacecraft science*, 2(4), pp. 403-425.
- Franco F. et al., 2019. "Similitude laws for the structural response of flat plates under a turbulent boundary layer excitation", *Mechanical Systems and Signal Processing*, 129, pp. 590-613.
- Jeon, J.Y. et al, 2009, « Influence of absorption properties of materials on the accuracy of simulated acoustical measures in 1:10 scale model test », *Applied Acoustics*, 70(4), 615-625.
- Petrone, G. et al, 2017. "Structural similitudes of stiffened cylinders". *Mathematics and Mechanics of Solids*. <https://doi.org/10.1177/1081286517745722>.