

Sujet de thèse

## **Amortissement piézoélectrique pour la réduction vibratoire sous écoulement hydrodynamique**

### **Aspects pratiques**

*Lieux de la thèse :*

**Arts et Métiers** (8 bd. Louis XIV 59000 Lille), aux laboratoires LISPEN (Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques) et L2EP (Laboratoire d'Électrotechnique et l'Électronique de Puissance)

**Conservatoire Nationale des Arts et Métiers** (2 rue Conté, 75003 Paris) au LMSSC (Laboratoire des Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés)

*Encadrement :* Olivier THOMAS, Christophe GIRAUD-AUDINE (A&M), Boris LOSSOUARN & Xavier AMANDOLÈSE (Cnam)

*École doctorale :* SMI 432 (Science des Métiers de l'Ingénieur)

*Financement :* Projet ANR Astrid HYDRAVIB

*Rémunération :* 2000 € bruts par mois

*Dates :* Trois ans, dès que possible en 2023 ; possible en septembre après un stage de master.

*Contacts :* [olivier.thomas@ensam.eu](mailto:olivier.thomas@ensam.eu), [boris.lossouarn@lecnam.net](mailto:boris.lossouarn@lecnam.net)

<https://lispn.artsetmetiers.fr/user/87>

<http://l2ep.univ-lille1.fr>

<https://www.lmssc.cnam.fr>

### **Description du sujet**



*Navire de la course Vendée Globe 2015 / Hydroptère « Aldebaran » / Surface portante flexible sous écoulement (doc. Irenav)*

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le projet ANR HYDRAVIB visant à améliorer les performances d'**hydrofoils**, qui sont des ailes immergées fixées sur la coque de certains bateaux et qui leur permettent de les maintenir en équilibre hors de l'eau pour améliorer leurs performances. En régime normal de fonctionnement, ces hydrofoils sont soumis à de forts niveaux vibratoires dus aux écoulements hydrodynamiques. Le présent projet de thèse vise à explorer de nouvelles solutions pour réduire les vibrations et le bruit de ces structures navales immergées.

On s'intéressera pour cela à des solutions appelée « shunts **piézoélectriques** », permettant de coupler la structure mécanique à un circuit électrique destiné à en modifier la dynamique vibratoire. Cette technique a déjà été validée en laboratoire mais démontre certaines faiblesses dont le manque de robustesse en cas de variation de certains paramètres. Des solutions adaptatives existent mais elles ne sont pas conçues pour répondre aux forts niveaux de tension rencontrés lors d'essais sous écoulement hydrodynamique. De plus, la diversité des phénomènes d'interaction fluide-structure incite à revoir les stratégies de réglage des shunts piézoélectriques dont l'optimisation est souvent limitée à des excitations large bande.

Cette thèse sera divisée en trois tâches fortement couplées.

- **Identification des configurations de vibrations sous écoulement hydrodynamique.** La première tâche consistera à identifier des configurations de vibrations d'hydrofoils sous écoulement potentiellement critiques pour des applications navales et, d'autre part, de valider des modèles de chargement fluide-structure à faible nombre de degrés de libertés. Deux configurations principales sont envisagées : d'une part les vibrations induites par la turbulence de l'écoulement et d'autre part celles induites par les échappements tourbillonnaires. Les modèles devront être validés à partir de données expérimentales déjà obtenues en tunnel hydrodynamique à l'École Navale de Brest.
- **Shunt piézoélectriques pour un système couplé fluide-structure.** Les objectifs de la deuxième tâche seront d'étendre les travaux de la première tâche en ajoutant le couplage à un circuit électronique par l'intermédiaire d'un transducteur piézoélectrique. Grâce à la prise en compte des degrés de liberté électriques, il deviendra possible de prédire le comportement couplé du système piézo-élasto-hydrodynamique et de choisir les paramètres optimaux des shunts piézoélectriques pour la réduction des amplitudes vibratoires et/ou le décalage des vitesses critiques conduisant à des vibrations fortement couplées à l'écoulement. Ce modèle permettra aussi d'établir des critères de dimensionnement des circuits électroniques.
- **Développement de circuits électroniques d'actionnement et de commande.** La troisième tâche aura pour objectif de lever les verrous liés à la conception et à la preuve de concept expérimentale de l'électronique des shunts. Il s'agira de proposer des solutions à la fois stables, adaptatives et capables de supporter les puissances mises en jeu par l'écoulement hydrodynamique. Pour cela, les amplificateurs opérationnels habituellement utilisés seront remplacés par de nouveaux dispositifs à base d'électronique à découpage. Pour répondre aux variations du fonctionnement du shunt avec le régime d'écoulement, une commande adaptative sera développée sur la base des modèles précédemment mis en place.

Durant cette thèse, le doctorant sera amené à :

- apprendre à maîtriser les vibrations des structures et des systèmes couplés électromécaniques, en vu de **dimensionner** et **optimiser** un système. Cette maîtrise sera mise en œuvre à travers des calculs analytiques et numériques, notamment par l'écriture de codes de calculs dédiés ;
- à confronter des calculs et des **essais**, mis en place au laboratoire ou au laboratoire partenaire de l'École Navale.

## Candidat recherché

Le candidat doit être titulaire d'un master 2 recherche et/ou d'un diplôme d'ingénieur dans un ou plusieurs des domaines suivants : dynamique des structures, mécatronique, acoustique, électronique. Il doit avoir un attrait certain pour l'analyse, le calcul et l'expérimentation sur systèmes dynamiques, qu'ils soient mécaniques et/ou électriques.

## Bibliographie

- [1] O. Thomas, J. Ducarne, and J.-F. Deü. Performance of piezoelectric shunts for vibration reduction. *Smart Materials and Structures*, 21(1) :015008, 2012.
- [2] L. Pernod, B. Lossouarn, J.-A. Astolfi, and J.-F. Deü. Vibration damping of marine lifting surfaces with resonant piezoelectric shunts. *Journal of Sound and Vibration*, 496 :115921, 2021.
- [3] M. Auleley, C. Giraud-Audine, H. Mahé, and O. Thomas. Tunable electromagnetic resonant shunt using pulse-width modulation. *Journal of Sound and Vibration*, 500 :116018, 2021.