



Sujet de post-doctorat

## Fabrication, modélisation et analyse vibratoire sous écoulement d'un hydrofoil composite intégrant des patchs piézoélectriques

### Aspects pratiques

*Localisation principale :*

**École Navale**, BCRM Brest, Institut de Recherche de l'École navale (IRENaV),  
rue du Poulmic, 29160 Lanvéoc

*Localisation secondaire :*

**Conservatoire national des arts et métiers (Cnam)**, Laboratoire de Mécanique des Structures et des Systèmes Couplés (LMSSC), 2 rue Conté, 75003 Paris

→ budget disponible pour couvrir les frais de déplacement

*Financement :* Projet ANR Astrid HYDRAVIB ([anr.fr/Projet-ANR-22-ASTR-0012](http://anr.fr/Projet-ANR-22-ASTR-0012))

*Rémunération :* 3200 € bruts par mois

*Date de démarrage :* Septembre 2024 dans l'idéal

*Durée :* 18 mois (contrat École Navale)

*Permanents impliqués :* Jean-François Deü (Cnam), Boris Lossouarn (Cnam),  
Jacques André Astolfi (École Navale), Céline Gabillet (École Navale)

*Contacts :* [celine.gabillet@ecole-navale.fr](mailto:celine.gabillet@ecole-navale.fr), [boris.lossouarn@lecnam.net](mailto:boris.lossouarn@lecnam.net)

*Contexte (projet antérieur en vidéo) :* [www.youtube.com/watch?v=RNiLR0lyxG8](https://www.youtube.com/watch?v=RNiLR0lyxG8)

### Description du sujet



Voilier IMOCA lors du Vendée Globe / Hydroptère « Aldebaran » / Surface portante flexible sous écoulement (doc. IRENav)

Ce sujet de post-doctorat 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 afin de les maintenir en équilibre hors de l'eau et ainsi réduire la trainée. Ces hydrofoils peuvent être soumis à de forts niveaux vibratoires dus aux écoulements hydrodynamiques. Le projet dans lequel s'intègre ce travail de post-doctorat vise à explorer de nouvelles solutions pour réduire les vibrations et le bruit de ces structures navales immergées. La technologie envisagée se base sur l'utilisation de patchs piézoélectriques intégrés à la structure et connectés à un circuit électrique de contrôle [1].

Le travail de post-doctorat sera divisé en deux tâches fortement couplées.

- **Caractérisation et validation expérimentale en tunnel hydrodynamique.** Cette tâche à dominante expérimentale est associée à la validation de modèles développés dans une autre tâche du projet HYDRAVIB dédiée à la mise en équation des phénomènes d'interaction fluide-structure. En plus de l'analyse de données expérimentales déjà disponibles, de nouveaux essais seront réalisés dans le tunnel hydrodynamique de l'IRENav. Ceci intégrera la mise en œuvre d'une méthode de caractérisation vibratoire d'un hydrofoil instrumenté dans le but d'extraire l'évolution des fréquences propres et des taux d'amortissement en fonction des conditions d'écoulement [2]. Il s'agira ainsi de valider et/ou de recalculer les modèles proposés pour les différents cas de chargement puis d'évaluer des solutions de contrôle vibratoire par couplage piézoélectrique. Les premières campagnes d'essais se dérouleront avec des foils en aluminium et permettront de tester différents types de circuits de contrôle développés par les partenaires du projet. Dans un deuxième temps, l'objectif sera de valider le bon fonctionnement du dispositif sur un foil fabriqué en matériau composite.
- **Intégration de patchs piézoélectriques dans une pièce composite.** Sur la base de l'expérience déjà acquise par les partenaires du projet en matière de structures piézoélectriques de type hydrofoils métalliques et aubes de soufflante en composite, l'objectif est de concevoir, faire fabriquer et mettre en œuvre un hydrofoil en matériau composite intégrant des composants piézoélectriques [3]. La première étape du travail consistera à choisir la géométrie de la structure et le type de matériau composite permettant d'y intégrer des patchs piézoélectriques efficaces à la fois pour le contrôle vibratoire et pour la réalisation des analyses sous écoulement. Un modèle éléments finis du foil composite sera ensuite développé afin de pouvoir estimer les fréquences propres de la structure (en air et en eau) et le couplage électromécanique apporté par les transducteurs piézoélectriques.

La personne recrutée sera amenée à :

- modéliser une structure composite par la méthode des éléments finis ;
- échanger avec les partenaires industriels désignés pour la fabrication des pièces ;
- réaliser des mesures vibratoires et des mesures d'efforts en tunnel hydrodynamique ;
- conduire des analyses modales expérimentales avec et sans écoulement fluide ;
- confronter des résultats de calculs à des résultats d'essais.

## Candidat recherché

Le candidat doit être titulaire d'une thèse en dynamique des structures ou en dynamique des fluides (à dominante expérimentale). Il est attendu un attrait pour le calcul numérique et l'expérimentation. Des compétences en analyse modale expérimentale et en fabrication de pièces en matériaux composites seraient très appréciées.

## Bibliographie

- [1] 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.
- [2] Zhifeng Yao, Fujun Wang, Matthieu Dreyer, and Mohamed Farhat. Effect of trailing edge shape on hydrodynamic damping for a hydrofoil. *Journal of Fluids and Structures*, 51 :189–198, 2014.
- [3] Yann Meyer, Rémy Lachat, and Georges Akhras. A review of manufacturing techniques of smart composite structures with embedded bulk piezoelectric transducers. *Smart Materials and Structures*, 28(5) :053001, 2019.