

# Ingénieur-chercheur en contrôle vibratoire d'une sous-station flottante pour fermes éoliennes à l'aide d'absorbeurs non linéaires (F/H/X)

N/Ref: FEM-SAS-2024-308  
17/07/2024

## L'institut France Energies Marines

France Energies Marines est l'Institut pour la Transition Énergétique dédié à l'éolien en mer. Sa mission : fournir, valoriser et alimenter l'environnement scientifique et technique nécessaire pour lever les obstacles auxquels est confronté cette filière en plein développement. Fort d'une équipe pluridisciplinaire de près de 90 collaborateurs et d'un modèle de collaboration public-privé, l'Institut a une raison d'être : la R&D, qu'elle soit collaborative ou menée dans le cadre d'une activité de services.

## Contexte

France Energies Marines coordonne, avec d'autres partenaires - ENSTA Bretagne, Ifremer, Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) de Centrale Méditerranée, RTE, SuperGrid Institute, Chantiers de l'atlantique, TotalEnergies, RWE - le projet AFOSS-DC. Ce projet vise à concevoir une première architecture de sous-station de conversion électrique offshore flottante d'export en courant continu, station nécessaire pour les futures grandes fermes éoliennes offshore situés loin des côtes.

Ce poste concerne l'étude de principe du contrôle des vibrations de la sous-station ou d'un de ses composants par un amortisseur non linéaire de type NES (Nonlinear Energy Sink) afin d'en améliorer la durée de vie.

Le contrôle vibratoire des systèmes flottants sous différents chargements (vent, houle, sismique), particulièrement des éoliennes, a fait l'objet de plusieurs études [1]. Pour des raisons de sécurité, les dispositifs passifs sont privilégiés car ne nécessitant pas d'apport d'énergie extérieur. Une grande majorité des études se focalisent sur des systèmes passifs linéaires tels les amortisseurs à masses accordés simples ou multiples, mais aussi des amortisseurs accordés liquides. Ces absorbeurs sont dimensionnés pour fonctionner sur une plage de fréquence relativement restreinte au voisinage du mode à contrôler. Un changement, même minime, des propriétés vibratoires du système à contrôler dégrade fortement les performances en termes d'atténuation de ce type d'absorbeur. Les systèmes flottants étant situés dans un environnement marin, leurs propriétés vibratoires peuvent évoluer en fonction des conditions d'opérations, du vieillissement, ou bien du fait de dommages structurels. De ce fait, les absorbeurs passifs linéaires, bien qu'offrant de bonnes performances en termes de réduction du niveau vibratoire, souffrent d'un manque de robustesse.

Afin de pallier cet inconvénient, l'utilisation d'absorbeur non-linéaires de type NES constitue une voie de recherche prometteuse. Depuis les premiers travaux de Gendelman [2], les absorbeurs de type NES ont reçu une attention croissante de la part à la fois de la communauté académique et industrielle [3-5]. Un absorbeur de type NES peut être vu comme une extension d'un amortisseur à masse accordée, corrigeant à la fois sa masse relativement élevée (10% de la masse dynamique du système à contrôler) et son manque de robustesse vis à vis des variations des propriétés mécaniques du système à contrôler. C'est un absorbeur de faible masse (1 à 2 %) par rapport au système à contrôler et dont la raideur de couplage est fortement non-linéaire de type cubique. Ces caractéristiques permettent à l'absorbeur d'entrer en capture de résonance avec le système à contrôler quelle que soit sa fréquence de résonance en faisant un dispositif intrinsèquement large bande [6], particulièrement adapté au

contrôle des sous-stations flottantes type TLP dont la masse considérable impliquerait des absorbeurs linéaires très lourds et encombrants. Ce comportement large bande s'accompagne néanmoins de deux effets parasites limitant à l'heure actuelle la performance de ces absorbeurs [7] :

- Un effet de seuil d'activation rendant le système inopérant aux faibles niveaux vibratoires.
- La présence de résonances détachées à des niveaux vibratoires élevées pouvant présenter un risque pour la structure à contrôler.
- Ces deux effets parasites sont intimement liés puisque la diminution du seuil d'activation favorise l'apparition de la résonance détachée.
- Des études préliminaires ont montré que l'utilisation d'un amortissement non-linéaire pouvait conduire à la diminution voire à la suppression complète de la résonance détachée sans modifier les caractéristiques d'atténuation large bande du NES [8,9].

## Description du poste

Dans le cadre de ce contrat, la personne retenue sera en charge des tâches suivantes :

- **Phase 1** (1 mois) : Analyse bibliographique des systèmes d'absorption existants dans l'industrie Oil & Gas et dans l'industrie de l'éolien offshore, dont TLP (Tension Leg Platform).
- **Phase 2** (5 mois) : Développement d'un modèle simplifié à 2 degrés de liberté (ddl) destiné à la description du mouvement principal à contrôler sur la plateforme et du NES avec raideur et amortissement non-linéaire.

Les livrables à produire par la personne retenue seront les suivants :

- Une étude d'état de l'art incluant la bibliographie du concept TLP, des solutions d'absorption existantes ainsi que les principes retenus pour les calculs.
- Une section d'un rapport décrivant le modèle simplifié du système à 2 ddl (système principal et absorbeur) ainsi que les outils dédiés aux calculs
- Un rapport d'essais numérique incluant les résultats de l'optimisation de l'absorbeur ainsi que des pistes d'implémentations pratiques d'un tel absorbeur.

La personne retenue sera supervisée par des chercheurs et ingénieurs du LMA et France Energies Marines.

## Profil et compétences

### Formation initiale

Ingénieur/Master 2 en Acoustique ou en Mécanique vibratoire avec idéalement un Doctorat

### Connaissances spécifiques

#### Requises :

- Mathématiques appliquées
- Dynamique Non-Linéaire
- Programmation en langages calculs numériques et symboliques avancés (Matlab, Mathematica ou équivalents)

#### Souhaitables :

- Dynamique des structures
- Acoustique
- Connaissance des NES

## Qualités professionnelles

- Capacité de rédaction de rapports et d'articles scientifique en anglais
- Rigueur scientifique
- Capacité d'adaptation à de nouvelles disciplines
- Initiative, curiosité scientifique et esprit multidisciplinaire
- Goût pour la recherche et le travail d'équipe
- Aisance pour s'exprimer, convaincre les autres et communiquer dans un contexte collaboratif

## Informations pratiques

- **Type de contrat :** Contrat à durée déterminée (CDD)
- **Durée du contrat :** 6 mois
- **Date de prise de poste :** 7 octobre 2024 (date flexible)
- **Date limite de candidature :** 1<sup>er</sup> septembre 2024
- **Lieu de travail :** Le poste est basé à Marseille, principalement au LMA (environ 80% du temps) avec des périodes de travail à France Energies Marines (environ 20% du temps)

LMA  
4 impasse Nikola TESLA  
CS 40006  
13453 Marseille Cedex 13

France Energies Marines  
Campus de Centrale Méditerranée  
38 rue Frédéric Jolliot-Curie  
13013 Marseille

Conformément à la réglementation, à compétences égales, la priorité sera donnée aux personnes en situation de handicap.

## Modalités de candidature

- Les dossiers de candidatures doivent être composés d'un **CV** et d'une **lettre de motivation**.
- Dans le cas d'une mise à disposition du candidat par un membre de France Energies Marines, la candidature doit mentionner l'accord de l'employeur actuel.
- Pour candidater, rendez-vous sur le **site web** de France Energies Marines à la rubrique [Nous rejoindre](#).
- Pour plus d'information sur le poste, contacter : [contactrh@france-energies-marines.org](mailto:contactrh@france-energies-marines.org)

## Références bibliographiques

- [1] Zuo, H., K. Bi, and H. Hao (2020). "A state-of-the-art review on the vibration mitigation of wind turbines". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
- [2] Gendelman, O., L. Manevitch, R. M'Closkey, and A. F. Vakakis (2001). "Energy Pumping in Nonlinear Mechanical Oscillators: Part I—Dynamics of the Underlying Hamiltonian Systems". *Journal of Applied Mechanics*
- [3] Ding, H. and L. -Q. Chen (2020). "Designs, analysis, and applications of nonlinear energy sinks". *Nonlinear Dynamics*
- [4] R. Bellet, B. Cochelin, Ph. Herzog, P.-O. Mattei (2010). Experimental Study of Targeted Energy Transfer from an Acoustic System to a Nonlinear Membrane Absorber. *Journal of Sound and Vibration*
- [5] R. Bellet, B. Cochelin, R. Côte, P.-O. Mattei (2012). Enhancing the dynamic range of targeted energy transfer in acoustics using several nonlinear membrane absorbers. *Journal of Sound and Vibration*
- [6] Gendelman, O., L. Manevitch, R. M'Closkey, and A. F. Vakakis (2001). "Energy Pumping in Nonlinear Mechanical Oscillators: Part I—Dynamics of the Underlying Hamiltonian Systems". *Journal of Applied Mechanics*
- [7] Gourc, E., G. Michon, S. Seguy, and A. Berlioz (2012). "Design Optimisation of a Nonlinear Energy Sink Embedded on a Harmonically Forced Linear Oscillator: Theoretical and Experimental Developments". *Vol. 1: 24th Conference on Mechanical Vibration and Noise*
- [8] A. Cillis, E. Sarrouy, P.-O. Mattei, R. Mariani, Th. Choynet (2019). Investigation on the Use of a Passive Nonlinear Absorber for the Reduction of Vibration in the Mast of a Floating Offshore Wind Turbine. *Internoise Madrid (Espagne)*
- [9] P.-O. Mattei, R. Côte (2022), Optimisation d'un absorbeur dynamique non-linéaire pour le contrôle vibratoire d'une éolienne flottante, *16ème Congrès Français d'Acoustique, Marseille*
- [10] Manevitch, L. I., Sigalov, G., Romeo, F., Bergman, L. A., & Vakakis, A. (2014). Dynamics of a linear oscillator coupled to a bistable light attachment: analytical study. *Journal of Applied Mechanics*
- [11] Liu, Y., A. Mojahed, L. A. Bergman, and A. F. Vakakis (2019). "A new way to introduce geometrically nonlinear stiffness and damping with an application to vibration suppression". *Nonlinear Dynamics*
- [12] Starosvetsky, Y. and O. V. Gendelman (2009). "Vibration absorption in systems with a nonlinear energy sink: Nonlinear damping". *Journal of Sound and Vibration*
- [13] Vakakis, A. F., Gendelman, O. V., Bergman, L. A., Mojahed, A., & Gzal, M. (2022). Nonlinear targeted energy transfer: state of the art and new perspectives. *Nonlinear Dynamics*