

# OFFRE THÈSE DE DOCTORAT

## Contrôle hybride des non-linéarités: vers une maîtrise du comportement dynamique des structures.

### 1 Contexte

Les efforts réalisés pour améliorer les performances des systèmes tendent à repousser leurs limites mécaniques. Les enjeux économiques imposent aux industriels une réduction de la quantité de matière et les ingénieurs à optimiser la topologie des pièces pour tenir les sollicitations mécaniques. Cependant, cet allègement structurel n'est pas sans conséquences car, il augmente généralement l'amplitude de la réponse vibratoire, génère de l'inconfort pour les usagers et réduit la durée de vie des structures. Il est donc important de dissiper l'énergie vibratoire. Cette dernière peut se faire de plusieurs façons :

- L'amortissement structurel grâce à l'utilisation de patch ou de liaisons amortissantes.
- L'absorbeur passif linéaire. Simple à mettre en place, ses performances restent limitées en termes de réactivité, d'efficacité et d'adaptabilité par rapport à un système contrôlé activement.
- Le contrôle purement actif qui permet la modification temps réel de la réponse d'une structure en se basant sur des couples de capteur/ actionneur.
- Le contrôle hybride linéaire (combinaison du contrôle actif et passif) qui permet de combler les désavantages des absorbeurs linéaires.
- Les absorbeurs passifs non-linéaires qui, grâce à la non-linéarité, permettent d'améliorer la robustesse en fréquence et en amplitude par rapport à des absorbeurs de vibrations linéaires classiques. En revanche, plusieurs inconvénients directement liés à la dynamique non-linéaire comme des solutions isolées (portion de courbes de réponse en fréquence détachées et souvent à haut niveau vibratoire) ou encore un seuil d'activation sont présents.

Le principe fondamental de ce projet est donc de combiner les absorbeurs non-linéaires avec le contrôle actif pour dépasser leurs limitations respectives. Il s'inscrit dans la lignée des recherches récentes sur les absorbeurs non-linéaires hybrides [1, 2]. Les absorbeurs non-linéaires sont très sensibles à l'amortissement [3]. Ce dernier est subi lors de la conception est peut-être très dommageable pour les performances et l'intégrité de la structure lorsqu'il n'a pas la valeur optimale (voir figure 1). Des études récentes ont montré que l'introduction d'un couplage électromagnétique (absorbeur multiphysique) permet d'ajuster l'amortissement [4]. Cependant, ces méthodes restent limitées en termes de performances et de réactivité.

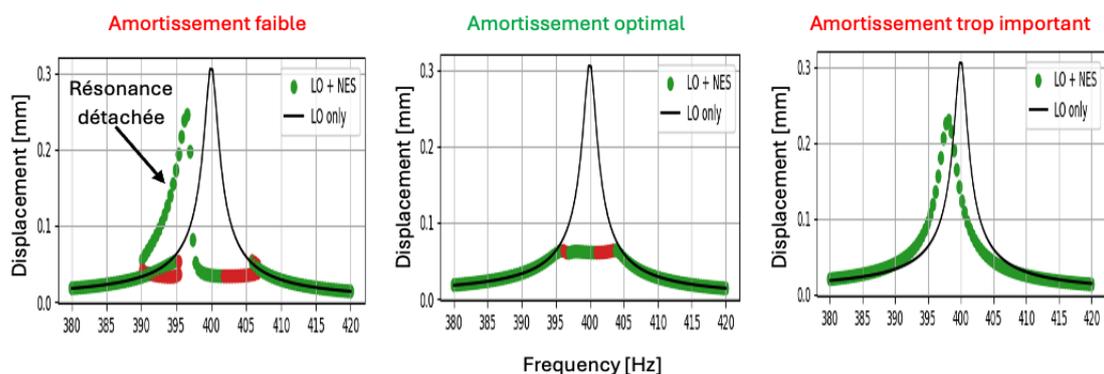


FIGURE 1 – Courbe de réponse en fréquence d'une structure seule (noire) et d'une structure avec son absorbeur non-linéaire (vert stable et rouge instable) pour différente valeur d'amortissement.

Récemment, Habib et al. [5] ont montré que l'ajout d'un amortissement non-linéaire permettait de supprimer les solutions isolées. Puis, plus récemment, [6] a montré comment l'utilisation d'un amortissement géométrique non-linéaire

pouvait améliorer la dynamique d'un NES.

D'autres travaux ont utilisé un amortissement pour améliorer le comportement d'un NES en milieu fluide [7]. Cependant, ces études demeurent principalement théoriques ou analytiques en raison de la complexité pratique de la mise en œuvre et du dimensionnement de l'amortissement non-linéaire. Cette complexité de mise en œuvre expérimentale d'un amortissement non-linéaire donne tout son sens au contrôle hybride (voir figure 2).

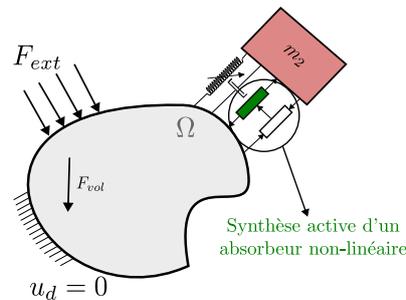


FIGURE 2 – Principe de fonctionnement d'un absorbeur nonlinéaire hybride.

Le contrôle hybride permet un meilleur contrôle du comportement dynamique des structures et donc des problèmes inhérents à la dynamique non-linéaire. De plus, il améliore grandement les performances, la réactivité et la robustesse des absorbeurs passifs [8] tout en permettant un réglage temps réel de leurs paramètres intrinsèques.

## 2 Objectifs

L'objectif de cette thèse de doctorat est de contrôler de manière précise, à l'aide du contrôle actif, les paramètres de l'absorbeur dimensionné pour contrôler les vibrations d'une structure donnée. Un intérêt particulier sera porté à l'implémentation d'un terme d'amortissement non-linéaire pour diminuer ou supprimer l'effet des phénomènes indésirables induit par la dynamique non-linéaire. Afin de mieux comprendre la dynamique des absorbeurs non-linéaires hybrides les approches théoriques et numériques seront combinées. Les études réalisées joueront un rôle important dans la conception de démonstrateurs innovants pour permettre de valider expérimentalement les différentes lois de contrôle mises en œuvre.

## 3 Environnement

Ce projet est financé sur contrats doctoraux MESRI 2025-2028. La thèse de doctorat sera préparée au sein de l'[Institut Clément Ader \(ICA\)](#) dans le groupe Modélisation des Systèmes et Microsystèmes Mécaniques (MS2M) en lien avec l'axe COmportement dynamique des Matériaux Et strucTures (COMET). Le(la) candidat(e), rattaché(e) à l'[ISAE-SUPAERO](#), sera inscrit(e) à l'Ecole Doctorale [MEGEP](#).

## 4 Candidature

### Profil recherché :

Grande école d'ingénieur ou master en mécanique/vibrations/électronique, bonnes connaissances en dynamique et dynamique non-linéaire des structures. Des compétences en contrôle et systèmes actifs ainsi qu'un goût pour l'expérimentation sont souhaitées.

### Démarrage :

Démarrage prévisionnel au 1<sup>er</sup> trimestre de l'année scolaire 2025-2026 pour une durée de 36 mois.

## Pour postuler :

Envoyer votre CV et une lettre de motivation à l'adresse suivante à l'équipe encadrante :

[guilhem.michon@isae-superaero.fr](mailto:guilhem.michon@isae-superaero.fr) et [louis.mesny@isae-superaero.fr](mailto:louis.mesny@isae-superaero.fr)

N'hésitez à prendre contact pour plus de renseignements.

## Références

- [1] Louis Mesny, Compréhension et optimisation du pompage énergétique multi- physique dans les absorbeurs de vibrations non-linéaire hybride, 2024.
- [2] Mesny, L., Alcorta, R., Chesné, S., & Baguet, S. (2024, June). Real-time tuning of a Hybrid Nonlinear Energy Sink : simulation and experiment. In European Nonlinear Dynamics Conference.
- [3] Emmanuel Gourdon. Contrôle passif de vibrations par pompage énergétique, 2006.
- [4] Bastien Cadiou, Cyrille Stephan, Adrien Renoult, and Guilhem Michon. Damping adjustment of a nonlinear vibration absorber using an electro-magnetomechanical coupling. *Journal of Sound and Vibration*, 518 :116508, 2022
- [5] Giuseppe Habib, Giuseppe I Cirillo, and Gaetan Kerschen. Isolated resonances and nonlinear damping. *Nonlinear Dynamics*, 93 :979–994, 2018.7
- [6] Etienne Gourc, Pierre-Olivier Mattei, Renaud Cote, and Matteo Capaldo. Increasing dynamic range of NES by using geometric nonlinear damping. working paper or preprint, March 2024.
- [7] Rony Philip, B Santhosh, Bipin Balaram, and Jan Awrejcewicz. Vibration control in fluid conveying pipes using nes with nonlinear damping. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 194 :110250, 2023.
- [8] Collette, C., & Chesné, S. (2016). Robust hybrid mass damper. *Journal of sound and vibration*, 375, 19-27.