

Ecole Doctorale
Energie Matériaux Sciences de la Terre et de l'Univers



Proposition de contrat doctoral

Contrôle passif des vibrations des systèmes mécaniques à l'aide d'absorbeurs dynamiques non linéaires avec prise en compte des incertitudes

Mots-clés : Contrôle passif, absorbeurs non linéaires, vibrations, systèmes dynamiques, incertitudes, méthodes asymptotiques, chaos polynomial.

Contexte général. Les exigences économiques étant de plus en plus sévères et les problèmes de bruit devenant un enjeu de santé publique croissant, les industriels sont dans la nécessité de concevoir des systèmes mécaniques de plus en plus performants et respectant un certain niveau de confort acoustique.

En mécanique ou en acoustique, le contrôle de vibrations est un champ de recherche très actif. De nos jours, trois grands types de technologie sont majoritairement utilisés dans l'industrie : le contrôle passif par dissipation, le contrôle passif à l'aide d'absorbeurs linéaires accordés et le contrôle actif, chacune de ses techniques possédant ses avantages et ses inconvénients. Depuis une quinzaine d'années, l'utilisation d'absorbeurs non linéaires, typiquement un système masse-ressort-amortisseur à raideur purement non linéaire, a montré son efficacité comme solution alternative de contrôle passif des vibrations en conciliant les avantages des technologies existantes. Les travaux concernant le comportement de tels dispositifs sont essentiellement des études théoriques et numériques sur des systèmes principalement académiques à faible nombre de degrés de liberté avec quelques études expérimentales en laboratoire (l'ouvrage [1] donne un aperçu assez complet des travaux réalisés sur le sujet). Cependant, les études concernant les applications industrielles restent marginales. La conception de tels dispositifs en vue d'applications industrielles constitue donc un enjeu de recherche majeur.

Problématique. La conception de systèmes mécaniques à raideur purement non linéaire (ou dont la raideur linéaire est négligeable par rapport à la raideur non linéaire) est déjà en soit un challenge. De plus, que ce soit sur le système à protéger ou sur l'absorbeur lui-même, les non

linéarités engendrent très souvent une grande sensibilité du comportement dynamique du système aux paramètres. L'originalité de ce travail réside donc dans l'étude de l'efficacité d'absorbeurs non linéaires à réduire les vibrations de systèmes mécaniques industriels tout en prenant en compte les incertitudes paramétriques, à la fois du système dont on souhaite limiter les vibrations mais également de l'absorbeur lui-même.

Objectif. L'objectif de la thèse est d'être capable de concevoir un absorbeur non linéaire qui soit robuste, autrement dit qui garde ses performances tout le long de son cycle de vie malgré les incertitudes auxquelles lui et le système à protéger peuvent être confrontés. La prise en compte des incertitudes s'effectuera entre autres à l'aide de méthodes de pointe basées sur la théorie du chaos polynomial. En effet, la méthode classique de Monte-Carlo qui permet de tenir compte des incertitudes peut vite devenir prohibitive en temps de calculs lorsqu'il s'agit d'étudier des systèmes à grand nombre de degrés de liberté. Cette recherche s'inscrit dans une démarche à long terme (fin de thèse ou thèses ultérieures) de conception optimale et robuste orientée vers des applications industrielles.

Travail à réaliser. Le travail de recherche s'orientera vers des applications de systèmes frottants (par exemple des systèmes de freinage [2-3]), en s'appuyant sur les méthodes et l'expertise développées par des chercheurs du laboratoire dans le cadre de travaux antérieurs (cf. réf. [4-6]) qui portent (1) sur l'analyse du comportement de systèmes mécaniques soumis à des instabilités dynamiques dues à des coalescences de modes couplés ou non à des absorbeurs non linéaires et (2) sur la mise en place de

méthodes non intrusives basées sur la théorie du chaos polynomial, développées pour étudier de façon robuste le comportement dynamique de systèmes frottants.

Le candidat(e) retenu(e) devra (1) se familiariser avec les concepts théoriques nécessaires à l'étude de systèmes non linéaires et/ou incertains (méthodes asymptotique, analyse multi-échelles, théorie du chaos polynomial...) et avec la mise en œuvre numérique de ces concepts. (2) Effectuer/compléter une recherche bibliographique sur l'état de l'art de la recherche sur les absorbeurs non linéaires, le chaos polynomial et sur les éventuels travaux abordant simultanément ces deux aspects. (3) Développer des méthodes analytiques/numériques permettant l'étude de systèmes incertains couplés à des absorbeurs non linéaires.

Le point (3) sera le cœur du travail du doctorant qui développera ses méthodes sur des systèmes à faible nombre de degrés de liberté tout en gardant à l'esprit que ces méthodes devront pouvoir s'appliquer à des systèmes industriels.

Valorisations. Ces travaux ont un intérêt à la fois scientifique et technologique. D'un point de vue scientifique, ils permettront d'associer l'analyse de comportement particulier des absorbeurs non linéaires à celle des systèmes incertains. L'expertise respective du directeur et du co-encadrant de thèse dans ces domaines laisse envisager une valorisation relativement rapide des résultats de la thèse. D'un point de vue technologique, ils permettront de proposer aux industriels un moyen de contrôle passif de vibrations de systèmes mécaniques et permettront à plus long terme de leur fournir des outils de conception robuste.

Profil attendu du candidat

Diplôme requis : niveau master en mécanique (recherche, pro ou ingénieur) avec obligatoirement un stage de fin d'étude en recherche.

Profil attendu : analytique et numérique (programmation Matlab et Mathematica).

Informations supplémentaires

Rémunération :

1400 € net avec possibilité de complément en donnant des vacances (ou mission complémentaire) à partir de la 2ème année de thèse (sous conditions).

Lieux de travail et laboratoire de rattachement :

Le doctorant effectuera sa recherche au sein du Laboratoire de Mécanique et de Rhéologie (LMR EA 2640) sur le site de l'INSA Centre Val de Loire (campus de Blois).

Documents requis pour candidater :

- CV avec descriptif du projet recherche de master
- Lettre de motivation

Ces documents sont à envoyer par mail aux adresses ci-dessous.

Contacts

Directeur de thèse : Sébastien Berger

✉ sebastien.berger@insa-cvl.fr

Co-encadrant de thèse : Baptiste Bergeot

✉ baptiste.bergeot@insa-cvl.fr

Références

- [1] Vakatis A.F., Gendelman O.V., Bergman, L.A. McFarland, D.M. Kerschen G., Lee Y.S., Nonlinear Targeted Energy Transfer in Mechanical and Structural Systems. Solid Mechanics and its applications. Vol. 156, G.M.L. Gladwell Editor, Springer, <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9130-8>.
- [2] Hultén J, Friction Phenomena Related to Drum Brake Squeal Instabilities, ASME Design Engineering Technical Conferences, Sacramento, California, 1997, ASME Paper DETC97/VIB-4161.
- [3] Sinou J.J. & Jézéquel, L., 2007. Mode coupling instability in friction-induced vibrations and its dependency on system parameters including damping. European Journal of Mechanics, A/Solids, 26(1), pp.106–122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.euromechsol.2006.03.002>.
- [4] Nechak L., Berger S., Aubry E, Non-Intrusive Generalized Polynomial Chaos for the Robust Stability Analysis of Uncertain Nonlinear Dynamic Friction, Journal of Sound and Vibration, 2013, Vol. 332, Issue 5, pp. 1204-1215, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2012.09.04>.
- [5] Nechak L., Berger S., Aubry E., Wiener-Askey and Wiener-Haar expansions for the analysis and prediction of limit cycle oscillations in uncertain nonlinear dynamic friction systems, ASME Journal of Computational and Nonlinear Dynamics, 1 april 2014, Volume 9, Issue 2, 12 pages, <http://dx.doi.org/10.1115/1.4024851>.
- [6] Trinh M.H., Berger S., Aubry E., Stability analysis of a clutch system with multi-element, Mechanics & Industry, 2016, <http://dx.doi.org/10.1051/meca/2015061>.
- [7] Bergeot B., Bellizzi S., Cochelin B., Analysis of steady-state response regimes of a helicopter ground resonance model including a non-linear energy sink attachment, International Journal of Non-Linear Mechanics, 2016, Volume 78, pp. 72-89