

Sujet de thèse

Contrôle de vibration semi-actif pour transmission électrique automobile

Aspects pratiques

Laboratoire et établissement d'inscription :

Arts et Métiers (8 bd. Louis XIV 59000 Lille)

Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (LISPEN)

Laboratoire d'Électrotechnique et l'Électronique de Puissance (L2EP)

Financement : Convention CIFRE

Encadrement : Olivier THOMAS / Christophe GIRAUD-AUDINE.

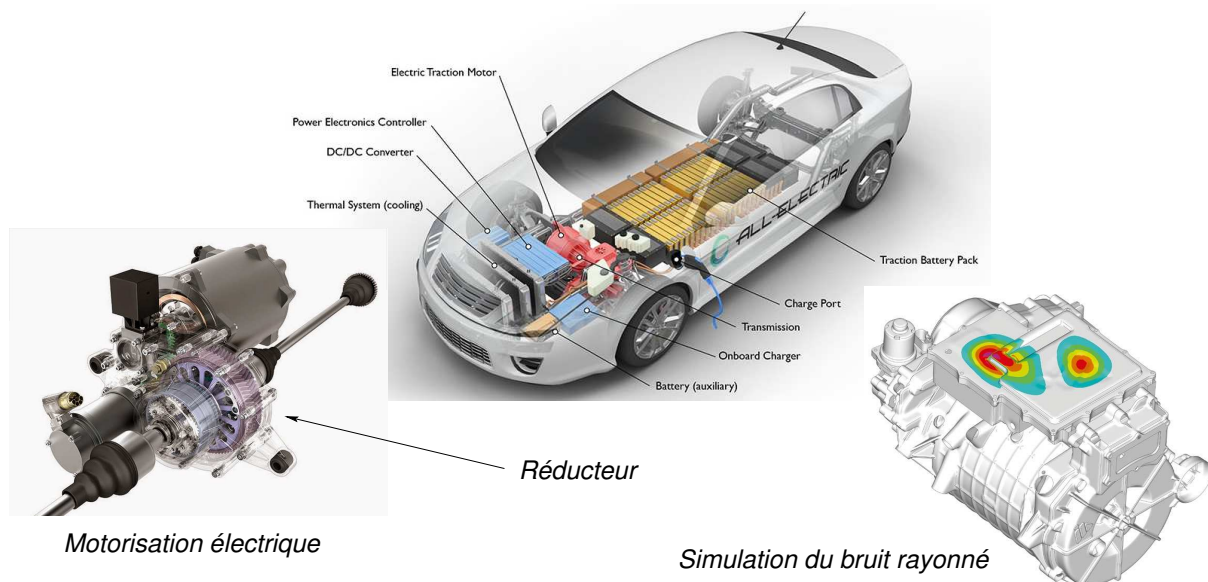
Dates : Trois ans, dès que possible

Contact : olivier.thomas@ensam.eu, christophe.giraud-audine@ensam.eu

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

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

Description du sujet



Dans les chaînes de traction électrique automobiles, le bruit d'engrènement des pignons de la boîte de vitesse, dit bruit de sirènement, constitue un inconvénient majeur pour le confort du conducteur et de ses passagers. Les solutions employées habituellement tels que filtre mécanique coupe-haut ou les batteurs accordés ne sont plus adaptées en raison de la disparition de l'embrayage dans les motorisation / transmissions électriques et parce que le sirènement est typiquement à haute fréquence, hors de portée des dispositifs mécaniques. Dans cette thèse, on se propose d'étudier **plusieurs solutions pour réduire les bruits et vibrations** dans la

chaîne de transmission, en utilisant des dispositifs **électromagnétique** ou **piézoélectrique**, qui permettent de coupler les vibrations mécaniques à un circuit électronique, dont le rôle est de s'opposer aux vibrations et ainsi les réduire.

Cette thèse s'inscrit dans la continuité de premiers travaux [1] du laboratoire qui ont validé l'équivalence du batteur à masse accordée mécanique et d'un système électromécanique couplé à une structure mécanique par un actionneur électromagnétique. De plus, un dispositif électronique original a été proposé pour régler la fréquence de résonance du circuit électrique [2]. Ces solutions résultent en un absorbeur qui a les avantages d'être (1) dépourvu d'instabilités, à l'opposée de certains dispositifs de contrôle actif, et (2) adaptatif, de sorte qu'il est ajustable à la fréquence de rotation du moteur.

Le principal enjeu de cette thèse est de généraliser ce principe pour contrôler les vibrations de torsion d'une chaîne de transmission automobile et ainsi réduire significativement les bruits de sirènement. Cela introduit plusieurs difficultés qu'il est nécessaire de lever. D'une part, les transducteurs commercialement disponibles ne respectent pas les conditions optimales d'absorption des vibrations. D'autre part, le suivi automatique de fréquence doit être suffisamment robuste pour envisager son utilisation en conditions réelles.

Pour atteindre ces objectifs, cette thèse sera donc axée sur :

1. la modélisation de la chaîne de transmission couplée au circuit électronique en envisageant plusieurs familles de transducteurs : (1) une machine à courant continu ; (2) une machine synchrone et (3) un actionneur piézoélectrique ;
2. la comparaison de ces différentes solutions et l'adaptation à des architectures automobiles actuels ;
3. l'amélioration de l'électronique pour le cas d'un transducteur rotatif. Les objectifs identifiés sont sur ce point : (1) la validation du principe d'un circuit résonant adaptatif en utilisation électronique par modulation de largeur d'impulsion, (2) la réalisation du suivi de fréquence grâce à un verrouillage du circuit sur la fréquence de rotation par la commande, (3) la possibilité de compenser la résistance électrique du transducteur par cette même électronique et (4) l'étude de la possibilité d'une auto-alimentation de ce circuit de commande, tirant partie du transducteur ;
4. l'évaluation des performances atteignables en terme de réduction de vibration de torsion sur un banc expérimental en développement au laboratoire.

Durant cette thèse, le doctorant sera amené à :

- apprendre à maîtriser les vibrations des structures et des systèmes couplés électromécaniques, en vue de **dimensionner** et **optimiser** un système industriel. Cette maîtrise sera mise en œuvre à travers des calculs analytiques et numériques, notamment par l'écriture de codes de calculs dédiés ;
- à être en contact avec un environnement **industriel** fort ;
- à confronter des calculs et des **essais**, mis en place au laboratoire ou chez le partenaire industriel.

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, génie électrique. Il doit avoir le goût pour l'analyse et le calcul de systèmes mécaniques, notamment en vibrations. Une connaissance du logiciel Matlab sera nécessaire. Enfin, le goût pour la mise en place d'essais expérimentaux sera aussi apprécié.

Encadrement

L'encadrement sera effectué par Olivier THOMAS (LISPEN) et Christophe GIRAUD-AUDINE (L2EP), au campus de Lille des Arts et Métiers. O. Thomas possède une solide expertise en conception, calcul et mesure de systèmes non linéaires électromécaniques vibrants [3]. Précisément, ce sujet de thèse s'inscrit dans la continuité d'une thèse récente sur la réduction de vibrations par shunts électromagnétiques [4] et dans les spécialités du laboratoire : la modélisation des structures intelligentes [5, 6, 7] et la réduction de vibrations par dispositifs semi-actifs [8, 9, 1, 2]. Au L2EP, C. Giraud-Audine est expert en électronique de puissance, contrôle de vibrations, électronique numérique et analogique et commande modale de transducteurs piézoélectriques [10, 11, 12].

Bibliographie

- [1] M. Auleley, O. Thomas, C. Giraud-Audine, and H. Mahé. Enhancement of a dynamic vibration absorber by means of an electromagnetic shunt. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 32(3) :331–354, 2020.
- [2] 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.
- [3] O. Thomas. *Dynamique linéaire et non linéaire de structures élastiques et piézoélectriques*. Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, École Normale Supérieure de Cachan, November 2011. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00718727>.
- [4] M. Auleley. *Conception et calcul d'amortisseurs vibratoires semi-actifs pour groupe motopropulseur automobile*. PhD thesis, Hesam Universités / Arts et métiers, 2020.
- [5] O. Thomas, J.-F. Deü, and J. Ducarne. Vibration of an elastic structure with shunted piezoelectric patches : efficient finite-element formulation and electromechanical coupling coefficients. *International Journal of Numerical Methods in Engineering*, 80(2) :235–268, 2009.
- [6] J. Ducarne, O. Thomas, and J.-F. Deü. Placement and dimension optimization of shunted piezoelectric patches for vibration reduction. *Journal of Sound and Vibration*, 331(14) :3286–3303, 2012.
- [7] D. Saya, D. Dezest, A. J. Welsh, F. Mathieu, O. Thomas, T. Leïchlé, S. Trolier-McKinstry, and L. Nicu. Piezoelectric nanoelectromechanical systems integrating microcontact printed lead zirconate titanate films. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 30 :035004, 2020.
- [8] M. Berardengo, O. Thomas, C. Giraud-Audine, and S. Manzoni. Improved resistive shunt by means of negative capacitance : new circuit, performances and multi-mode control. *Smart Materials and Structures*, 25(7) :075033, 2016.
- [9] M. Berardengo, O. Thomas, C. Giraud-Audine, and S. Manzoni. Improved shunt damping with two negative capacitances : an efficient alternative to resonant shunt. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 28(16) :2222–2238, 2017.
- [10] Anis Kaci, Christophe Giraud-Audine, Frédéric Giraud, Michel Amberg, and Betty Lemaire-Semail. Closed loop control of vibration field transient : Application to wave focusing. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 167, 2022.
- [11] Anis Kaci, Christophe Giraud-Audine, Frederic Giraud, Michel Amberg, and Betty Lemaire-Semail. LQR based MIMO-PID controller for the vector control of an underdamped harmonic oscillator. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 134, December 2019.
- [12] Frédéric Giraud and Christophe Giraud-Audine. *Piezoelectric actuators : vector control method : basic, modeling and mechatronic design of ultrasonic devices*. Butterworth-Heinemann, Kidlington, Oxford, United Kingdom ; Cambridge, MA, United States, 2019.