

Conception Optimale de Récupérateur d'Énergie Vibratoire

Dans le cadre d'un ambitieux projet européen (*Fast-Smart, FAST and Nano-Enabled SMART Materials, Structures and Systems for Energy Harvesting*, Grant Agreement number 862289), impliquant 5 partenaires académiques et 8 partenaires industriels, **le sujet de thèse proposé vise à concevoir de manière optimale un récupérateur d'énergie vibratoire pour la valorisation de l'énergie vibratoire ambiante.**

La mise en œuvre de capteurs communicants dans des applications industrielles permet d'obtenir des gains de productivité, de fiabilité et de performance énergétique. Les technologies de mesure et de communication sans fil sont disponibles tandis que l'autonomie énergétique demeure un des verrous majeurs au déploiement de réseaux de capteurs.

Le contexte scientifique de cette thèse est le développement de **dispositifs de récupération de l'énergie vibratoire ambiante, utilisés comme source d'énergie pour l'alimentation de capteurs autonomes communicants en alternative aux piles électrochimiques, polluantes et coûteuses à remplacer.** La puissance délivrée doit être de l'ordre de quelques centaines de μW à quelques mW .

Les dispositifs actuels utilisent généralement une résonance mécanique linéaire, ce qui limite la plage de fréquences des vibrations ambiantes pouvant être exploitée à quelques Hz de part et d'autre de la fréquence de résonance. Ceci est un obstacle majeur à l'utilisation de tels dispositifs dans des environnements réels, où l'énergie vibratoire ambiante est souvent répartie sur une large bande de fréquence.

L'approche que nous avons adoptée au laboratoire SYMME repose sur **l'utilisation de structures mécaniques non-linéaires combinées à des transducteurs piézoélectriques.** Les dispositifs réalisés ces dernières années dans ce cadre présentent la particularité de convertir de l'énergie sur une plus large bande de fréquence. Des concepts nouveaux seront développés dans le cadre de ce projet de thèse. Ils conduiront à la réalisation de prototype de générateurs mettant en œuvre des oscillateurs mécaniques au comportement vibratoire original permettant une exploitation optimale du gisement vibratoire.

Le-la doctorant-e, de formation physique appliquée, mécanique ou mathématiques appliquées, aura de solides compétences en méthodes numériques et modélisation multiphysique. Il-elle saura travailler dans un contexte international, en interaction avec des industriels, au sein d'une équipe pluridisciplinaire incluant d'autres doctorants-es.

Le programme de recherche est le suivant :

- i. Modélisation des récupérateurs d'énergie vibratoire à comportement non-linéaire et validation expérimentale sur la base des dispositifs disponibles au laboratoire ;
- ii. Optimisation à haut niveau d'abstraction : recherche de potentiels élastiques théoriques optimaux (sans contrainte de conception) permettant un gain de puissance spécifique ;
- iii. Recherche de solutions de conception exploitant ce ou ces potentiels optimaux et intégrant un système d'extraction d'énergie dédié, réalisation de prototypes ;
- iv. Caractérisation des prototypes en laboratoire, corrélation modèles-essais, puis tests en conditions réelles.

Le projet impliquera la construction de modèles numériques associés à des méthodes d'optimisation performantes reposant sur des métamodèles. Les systèmes de récupération d'énergie vibratoire développés se démarqueront des solutions de l'état de l'art (oscillateurs linéaires ou de Duffing) par leur conception mécanique originale optimisant leur potentiel élastique. Ils auront des qualités supérieures à l'existant (largeur de bande, positionnement des orbites). Ils pourront également exploiter un gisement vibratoire multidirectionnel grâce à plusieurs degrés de libertés.

Profils recherchés : Master ou diplôme d'ingénieur en mécanique, mécatronique, électrodynamique, physique appliquée, math appliqué.

Mots clefs : Récupération d'énergie, Vibrations ambiantes, Conversion électromécanique, Capteurs autonomes communicants, Optimisation, Modélisation des phénomènes non-linéaire, programmation.

Localisation : laboratoire SYMME, Université Savoie Mont Blanc (USMB), 7 chemin de Bellevue 74 940 Annecy.

L'Université Savoie Mont Blanc (USMB) est un établissement de 15 000 étudiants ouvert sur l'Europe et le monde. Les recherches sont menées par des laboratoires labellisés et reconnus, en partenariats étroits avec de grands organismes (CNRS, CEA, INRA), des organisations internationales (CERN) ou d'autres structures (INES, "Institut de la Montagne") à la pointe de l'innovation.

Le SYMME ("Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique") est l'un de ces laboratoires. Il a été créé en 2006 pour renforcer la position stratégique de l'université dans le domaine de la mécatronique. Il emploie environ 80 chercheurs, personnel administratif et étudiants.

Nos recherches dans le domaine des microsources d'énergie concernent notamment le développement de structures électromécaniques innovantes aux échelles centimétrique et millimétrique, capables de convertir les vibrations mécaniques ambiantes en énergie électrique sur une large bande de fréquence. Ces travaux recouvrent les aspects mécaniques et électroniques dans une approche multiphysique globale et cohérente. Plus particulièrement, nos activités de recherche portent sur les transducteurs piézoélectriques, électromagnétiques et électrostatiques pour la conversion d'énergie, sur des oscillateurs mécaniques linéaires et non linéaires pour élargir la bande de fréquence des générateurs, et sur des interfaces électriques pour le conditionnement de l'énergie et le suivi de fréquences. Nos travaux ont fait l'objet de nombreuses communications dans des journaux et des conférences de référence dans le domaine et sont reconnus par la communauté scientifique.

Pour postuler, veuillez envoyer :

- un curriculum vitae complet
- une lettre de motivation indiquant clairement comment le profil et les compétences du candidat correspondent aux exigences du poste (2 pages maximum)
- les noms et coordonnées de 2 ou 3 personnes de référence (avec les adresses électroniques incluses)
- les relevés de notes de vos deux dernières années universitaires
- par courrier électronique à Fabien Formosa (fabien.formosa@univ-smb.fr)
- en CC à Ludovic Charleux (ludovic.charleux@univ-smb.fr) et à Adrien Badel (adrien.badel@univ-smb.fr)
- en indiquant exactement " PhD Application – VE2" dans l'objet

Optimal Vibration Energy Harvester Design

In the framework of an ambitious European project (Fast-Smart, FAST and Nano-Enabled SMART Materials, Structures and Systems for Energy Harvesting, Grant Agreement number 862289), involving 5 academic partners and 8 industrial partners, **The proposed thesis topic aims at designing in an optimal way a vibration energy harvester for the valorization of ambient vibration energy.**

The use of wireless sensors in industrial applications allows gains in productivity, reliability, and energy performance. Wireless measurement and communication technologies are available, while energy autonomy remains one of the major issues in the deployment of wireless sensor networks.

The scientific context of this thesis is the development of **devices able to harvest ambient vibration energy, used as energy sources for powering autonomous wireless sensors, as an alternative to electrochemical batteries, which are polluting and expensive to replace.** The power delivered must be of the order of a few hundred μW to a few mW.

Current devices generally use linear mechanical resonance, which limits the range of ambient vibration frequencies that can be exploited to a few Hz on either side of the resonant frequency. This is a major obstacle to the use of such devices in real environments, where the ambient vibration energy is often spread over a wide frequency range.

The approach we have adopted at the SYMME laboratory is based on the use of nonlinear mechanical structures combined with piezoelectric transducers. The devices realized in recent years in this context have the particularity of converting energy over a wide frequency band. New concepts will be developed within the framework of this thesis project. They will lead to the realization of prototype generators using mechanical oscillators with original vibration behavior allowing an optimal exploitation of the vibration ambient energy.

The PhD student, with a background in applied physics, mechanics, or applied mathematics, will have strong skills in numerical methods and multiphysic modelling. He/she will be able to work in an international context, interacting with industrial partners, within a multidisciplinary team including other PhD students.

The research program is as follows:

- i. Modelling of vibratory energy harvesters with nonlinear behavior and experimental validation using the devices available in the laboratory;
- ii. Optimization at a high level of abstraction: search for optimal theoretical elastic potentials (without design constraints) allowing to maximize the power density;
- iii. Search for design solutions exploiting this (or these) optimal potential(s) and integrating a dedicated energy extraction system, realization of prototypes;
- iv. Characterization of the realized prototypes in a laboratory environment, comparison between models and experiments, and then testing in real-world conditions.

The project will involve the construction of numerical models associated with high-performance optimization methods based on metamodels. The vibration energy harvesting devices developed will differ from state-of-the-art solutions (linear or Duffing oscillators) by their original mechanical design that optimizes their elastic potential. They will have properties superior to the existing ones (bandwidth, orbit positioning). They will also be able to exploit a multidirectional vibration field thanks to several mechanical degrees of freedom.

Profiles sought: Master's degree or engineering degree in mechanics, mechatronics, electrodynamics, applied physics, applied mathematics.

Keywords: Energy harvesting, Ambient vibrations, Electromechanical conversion, Wireless autonomous sensors, Optimization, Modeling of nonlinear phenomena, Programming.

Location: SYMME laboratory, Université Savoie Mont Blanc (USMB), 7 chemin de Bellevue 74 940 Annecy.

The “Savoie Mont Blanc” University (USMB) is a 15 000 students establishment opened to Europe and the world. The research is carried out by labelled and distinguished laboratories, actors of close partnerships with large organisations (CNRS, CEA, INRA), international organisations (CERN) or other structures (INES, “Institut de la Montagne”) at the forefront of innovation.

SYMME (“Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique”) is one of these laboratories. It was created in 2006 to reinforce the strategic position of the university in the mechatronics field. It employs around 80 researchers, administrative staff and students.

Our research in energy harvesting focuses on the development and a better understanding of advanced centimeter and millimeter scale electromechanical structures able to convert mechanical ambient vibrations into electrical energy at low frequency and on a large frequency band. These works encompass the mechanical as well as the electronic parts in a global multiphysics coherent approach. More particularly, our research activities include piezoelectric, electromagnetic and electrostatic transducers for energy conversion, linear and nonlinear mechanical oscillators to widen the generators’ frequency bandwidth, and electrical interfaces for power conditioning and frequency tuning.

Our work has been the subject of numerous papers in leading journals and conferences in the field and is recognized by the scientific community.

To apply, please send:

- a full curriculum vitae
- a motivation letter clearly indicating how the applicant’s profile and skills fit the requirements of the job position (max. 2 pages)
- the names and contact details of 2 or 3 referees (with email addresses included)
- the transcripts from your last two academic years
- via email to prof. Fabien Formosa (fabien.formosa@univ-smb.fr)
- with CC to dr. Ludovic Charleux (ludovic.charleux@univ-smb.fr) and to prof. Adrien Badel (adrien.badel@univ-smb.fr)
- indicating exactly “PhD Application – VEH2” in the subject line