

Dispositif de Récupération d'Énergie Vibratoire Large Bande

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 améliorer la modularité, la robustesse et les performances de générateurs piézoélectriques bistables 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.

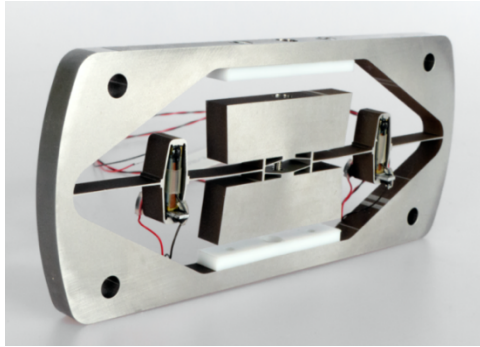
L'approche que nous avons adopté au laboratoire SYMME repose sur **l'utilisation de structures mécaniques bistables (non-linéaires) combinées à des transducteurs piézoélectriques.** Les dispositifs réalisés ces dernières années dans ce cadre, notamment en collaboration avec l'entreprise Cedrat Technologies, partenaire du projet Fast-Smart, présentent la particularité de convertir de l'énergie sur une large bande de fréquence. Des concepts pour encore améliorer les performances de ces dispositifs ont d'ores et déjà été imaginés et seront étudiés dans le cadre du projet de thèse proposé.

Le-la doctorant-e, de formation physique appliquée, électromécanique, mécanique ou mécatronique, aura de solides compétences en électrodynamique et en 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. Prise en main des différents générateurs précédemment réalisés au laboratoire SYMME, des équipements de caractérisation à disposition, étude de l'état de l'art et des différentes technologies utilisées ;
- ii. Analyse du gisement vibratoire dans les domaines applicatifs envisagés dans le cadre du projet Fast-Smart (environnement ferroviaire notamment) à partir des données fournies par des partenaires industriels du projet Fast-Smart ;
- iii. Modélisation, simulation et conception de générateurs piézoélectriques bistables ;
- iv. Tests des générateurs réalisés en partenariat avec Cedrat Technologies, en laboratoire puis en conditions réelles ;
- v. Réalisation d'un démonstrateur de capteur autonome communicant incluant le générateur développé.

Les dispositifs réalisés se démarqueront de l'état de l'art par la mise en œuvre de plusieurs innovations, notamment une architecture modulaire permettant une meilleure adaptation aux variations du gisement vibratoire ambiant et l'exploitation de modes de vibrations particuliers qui peuvent être observés sur des oscillateurs mécaniques non-linéaires (orbites sous-harmoniques) et qui permettent potentiellement d'augmenter encore plus largement la bande passante.



Générateur piézoélectrique bistable développé au laboratoire SYMME, en partenariat avec Cedrat Technologies (93x40x5mm³)

Mots clefs : Récupération d'énergie, Vibrations ambiantes, Système bistable, Conversion électromécanique, comportements non-linéaires, Capteurs autonomes communicants, applications industrielles.

Profil recherché : Master ou diplôme d'ingénieur en électromécanique, mécanique, mécatronique, électrodynamique, physique appliquée.

Localisation : laboratoire SYMME, Université Savoie Mont Blanc (USMB), 7 chemin de Bellevue 74940 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 Adrien Badel (adrien.badel@univ-smb.fr)
- en CC à Thomas Huguet (thomas.huguet@toulouse-inp.fr)
- en indiquant exactement " PhD Application – VEH1" dans l'objet

Broadband Vibratory Energy Harvesting Device

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 improving the modularity, robustness and performance of bistable piezoelectric generators 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.

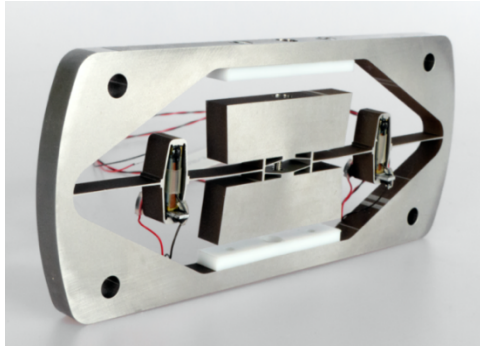
The approach we have adopted at the SYMME laboratory focuses on **bistable (nonlinear) mechanical structures combined with piezoelectric transducers.** The devices we realized in recent years in collaboration with Cedrat Technologies, an industrial partner in the Fast-Smart project, are able to convert energy over a wide frequency band. Concepts to further improve the performance of these devices have already been devised and will be studied in the framework of the proposed thesis project.

The PhD student, with a background in applied physics, electromechanics, mechanics, or mechatronics, will have strong skills in electrodynamics and multiphysics 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. Handling of the various generators previously produced in the SYMME laboratory, the characterization equipment available, study of the state of the art and the different technologies used;
- ii. Analysis of the vibration ambient energy available in the application environments targeted within the framework of the Fast-Smart project (railway environment in particular), based on data provided by the industrial partners of the Fast-Smart project;
- iii. Modelling, simulation and design of bistable piezoelectric generators;
- iv. Tests of the generators realized in partnership with Cedrat Technologies, in a laboratory environment and then in real conditions;
- v. Realization of a wireless autonomous sensor demonstrator including the developed generator.

The devices produced will stand out from the state of the art through the implementation of several innovations, in particular a modular architecture allowing better adaptation to variations in the ambient vibration environment and the exploitation of particular vibration modes that can be observed on nonlinear mechanical oscillators (subharmonic orbits) and which potentially allow an even greater increase in the overall bandwidth.



Bistable piezoelectric generator developed at the SYMME laboratory, in partnership with Cedrat Technologies (93x40x5mm³)

Keywords: Energy harvesting, Ambient vibration, Bistable system, Electromechanical conversion, Nonlinear behavior, Communicating autonomous sensors, Industrial applications.

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

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. Adrien Badel (adrien.badel@univ-smb.fr)
- with CC to dr. Thomas Huguet (thomas.huguet@toulouse-inp.fr)
- indicating exactly "PhD Application – VEH1" in the subject line