



## **PROPOSITION DE THESE :** **Conception, modélisation, fabrication et caractérisation d'un micro-moteur Stirling pour la récupération et la conversion d'énergie.**

### **Unité de recherche/Etablissement :**

[Institut FEMTO-ST](#), 15 B avenue des Montboucons, 25030 BESANCON cedex (Université de Bourgogne Franche-Comté, Ecole doctorale Sciences Pour l'Ingénieur et Microtechniques)

### **Mots clés :**

Micro-moteur, Stirling, Microfabrication, Récupération d'énergie.

### **Encadrement de la thèse & contacts:**

- Directeur : Michel DE LABACHELERIE (Directeur de Recherche CNRS), [labachel@femto-st.fr](mailto:labachel@femto-st.fr)
- Co-directrice : Magali BARTHES (Maître de conférences), [magali.barthes@femto-st.fr](mailto:magali.barthes@femto-st.fr)
- Encadrante : Sylvie BEGOT (Maître de conférences), [sylvie.begot@univ-fcomte.fr](mailto:sylvie.begot@univ-fcomte.fr)

### **Financement :**

Durée de 3 ans, co-financement [Labex ACTION](#)/ Région

### **Conditions scientifiques et matérielles :**

Accompagnement et environnement de la thèse par un projet Région et un projet Labex ACTION. Pour la partie réalisation en salle blanche, l'institut Femto-st bénéficie d'une centrale de Microtechnologie ([MIMENTO](#)) qui fait partie du réseau [RENATECH](#) des grandes centrales technologiques. Les départements MN2S et ENERGIE sont équipés de bancs et de matériels de caractérisation. Collaborations/interactions avec d'autres instituts de recherche.

### **Début de la thèse:**

au 01/10/2018 (possibilité de démarrage avant ou après)

### **Date limite de candidature et pièces à fournir :**

08/06/201. Lors de la soumission de candidature par email, les candidats doivent fournir une lettre de motivation précisant les intérêts de recherche et d'enseignement (la partie enseignement n'étant pas obligatoire), un curriculum vitae complet, la copie des notes obtenues en Master, des certificats/copies des diplômes obtenus, une attestation de stage de master ou ingénieur avec si possible une lettre de recommandation et les coordonnées des encadrants du stage.

### **Profil et compétences recherchées :**

- Niveau Master II ou Ingénieur
- Bonnes connaissances en mécanique, fluide, thermodynamique
- Bases en microfabrication
- Des connaissances en simulation numérique (COMSOL) seraient un plus
- Bon niveau d'anglais exigé
- Le candidat doit savoir faire preuve d'esprit d'initiative et d'autonomie

### **Contexte :**

Le projet concerne le développement d'un micro-moteur Stirling en vue de valoriser les énergies perdues (récupération d'une énergie thermique perdue et conversion en énergie électrique, et vice



versa). Il s'agit d'un projet collaboratif entre les départements [MN2S](#) (groupe [MOEMS](#)) et [ENERGIE](#) (équipe [THERMIE](#)) de l'institut FEMTO-ST et qui constitue la suite d'un travail engagé avec des partenaires académiques (Université de Savoie et Université de Sherbrooke-Canada) concernant le développement d'un moteur Stirling miniaturisé pour la récupération d'énergie. Le moteur Stirling reposant sur un cycle réversible de compression et détente isotherme d'un gaz (air), il permet de convertir une énergie thermique en énergie mécanique (engendrée par le mouvement des membranes), ou au contraire, en imposant un mouvement aux membranes, de produire une énergie thermique (froid). Cela en fait un élément pertinent dans de nombreux domaines, et notamment pour la valorisation d'énergie thermique à bas niveau de température. S'il existe des démonstrateurs fonctionnels à l'échelle macro (à Femto-st : [1-2]) ou mésoscopique, rien n'existe à l'échelle microscopique : les travaux internationaux sur une machine Stirling miniature étant uniquement théoriques ou numériques [3-5]. Or la miniaturisation d'un tel système énergétique est d'un fort intérêt puisque déployable dans de nombreux domaines, ce qui en fait un système pertinent pour de multiples applications (par exemple, pour des systèmes de refroidissement embarqués pour lesquels les contraintes d'encombrement sont très fortes).

### **Présentation détaillée du sujet :**

Cette thèse vise la réalisation d'une machine Stirling miniature au moyen de technologies de salle blanche (disponibles au sein de l'institut Femto-st). Dans le cadre des projets précédents, certains éléments constitutifs d'une micro-machine Stirling ont déjà été développés (membranes hybrides, micro-régénérateurs) [6-9]. Afin de réaliser une machine complète, il sera d'abord nécessaire d'étudier les comportements thermiques et fluidiques aux micro-échelles en réalisant des micro-bancs de test. A ces échelles, il n'existe pas encore de résultats. Donc les résultats obtenus permettront d'optimiser la conception de la machine à réaliser. L'utilisation d'outils d'usinage 3D novateurs (FEMTOprint) récemment disponibles dans la centrale [MIMENTO](#) de FEMTO-ST permettra de réaliser des géométries innovantes ultra-miniatures. Le second volet consistera à caractériser sur le plan thermique et fluidique les performances de la machine. L'accent sera mis sur la récupération et la conversion d'énergie (thermique/électrique).

Les résultats attendus de ce travail seront potentiellement très novateurs, d'autant plus qu'à ce jour, aucun démonstrateur fonctionnel à ces échelles n'existe : l'obtenir constituerait une première mondiale.

### **Objectifs de valorisation :**

Les résultats escomptés étant totalement originaux, ils doivent être valorisés, ce qui se fera au travers de communications orales (présentations des résultats lors de conférences nationales ou internationales), au travers de publications dans des journaux internationaux à comité de lecture et par le dépôt de brevets.

### **Références :**

- [1] S. Bégot *et al.*, Stability analysis of free piston Stirling engines, The European Physical Journal Applied Physics, 2013.
- [2] S. Djetel-Gothe *et al.*, A Stirling engine for automotive applications, IEEE VPPC, Belfort, France, 2017.
- [3] N. Nakajima *et al.*, Study on microengines: miniaturizing Stirling engines for actuators, Sensors and Actuators, 1989.
- [4] D. Guo *et al.*, Modeling System Dynamics in a MEMS-Based Stirling Cooler, COMSOL conference, Boston, USA, 2011.
- [5] L-L. Lemaire, Miniaturized Stirling Engines for Waste Heat Recovery, PhD thesis, McGill University, Canada, 2012.
- [6] R. Chutani *et al.*, The design, fabrication and characterization of fluidic membranes for micro-engines, Journal of Micromechanics and Microengine, 2016.
- [7] A. Diallo *et al.*, Hybrid Fluidic Membrane demonstration for a MEMS based Stirling engine, NAMIS School, Tokyo, Japan, 2016.
- [8] E. Dellali *et al.*, Fabrication and CFD modeling of a Stirling engine microregenerator, The International Stirling Engine Conference (ISEC), Newcastle – UK, 24-26 August 2016.
- [9] A. Diallo *et al.*, Study of dynamic response of silicone elastomer microfabricated hybrid membranes versus temperatures and aging time, PowerMEMS 2017, Nakazawa, Japan, 2017.