

**PUBLICATION OFFRE DE THESE**



**TITRE :**

**Etude théorique et expérimentale d'échangeurs-régénérateurs de chaleur en écoulement alterné. Application à l'optimisation des régénérateurs de machines thermiques originales basées sur l'effet magnéto-calorique.**

**Mots-clés : Echangeurs, Energétique, Machines thermiques, Magnéto-calorique, Régénérateurs, Expérimentation, Optimisation, Simulation.**

**Présentation de l'établissement recruteur\* :**

Le doctorant sera recruté à l'Université Bourgogne Franche-Comté (UBFC - <http://www.ubfc.fr/>), communauté d'universités et d'établissements d'environ 56 000 étudiants. Il effectuera ses travaux de recherche au sein du département ENERGIE de l'Institut FEMTO-ST (à Belfort).

L'institut FEMTO-ST (Franche-Comté Électronique Mécanique Thermique et Optique - Sciences et Technologies) est une Unité Mixte de Recherche associée au CNRS (UMR 6174) et rattachée simultanément à l'Université de Franche-Comté (UFC), l'École Nationale Supérieure de Mécanique et de Microtechniques (ENSMM), et l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM). FEMTO-ST a été créé le premier janvier 2004 par la fusion de 5 laboratoires de Franche-Comté actifs dans les domaines de la mécanique, de l'optique et des télécommunications, de l'électronique, du temps-fréquence, de l'énergétique et de la fluïdique. En 2008, de nouvelles thématiques et donc de nouvelles équipes intègrent l'institut. Elles viennent compléter ou renforcer le panel déjà riche de FEMTO-ST dans les domaines de l'automatique et de la micro-robotique, des matériaux et surfaces et de l'énergie. En 2012, l'institut élargit encore ses compétences et s'enrichit d'un nouveau département de recherche "Informatique des Systèmes Complexes". Au sein du CNRS, l'institut FEMTO-ST est rattaché à l'institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS). Il regroupe des compétences variées et complémentaires, et cultive la pluridisciplinarité, le souci de l'excellence scientifique et de l'innovation. L'effectif total de FEMTO-ST dépasse aujourd'hui 700 personnes dont près de 250 doctorants qui reçoivent ainsi une formation de haut niveau par la recherche.

FEMTO-ST est structuré autour de 7 départements de recherche :

1. Automatique et Systèmes Micromécatroniques (AS2M)
2. ÉNERGIE
3. Informatique des Systèmes Complexes (DISC)
4. Mécanique Appliquée
5. Micro Nano Sciences et Systèmes (MN2S)
6. Optique
7. Temps-Fréquence.

Le **département ENERGIE** focalise ses activités de recherche sur la conversion et la gestion de l'énergie. Il apporte ainsi une contribution scientifique majeure et complémentaire aux recherches menées au sein des six autres départements de FEMTO-ST à travers une approche énergétique systémique visant la production d'énergie efficiente, compétitive et respectueuse de l'environnement). Le doctorant sera rattaché au département ENERGIE de FEMTO-ST.

Plus de renseignements sur [www.femto-st.fr](http://www.femto-st.fr)

**Description du sujet de thèse :**

Les machines thermodynamiques actuelles (pompes à chaleur, réfrigérateurs, etc.) exploitent un cycle de compression/détente de fluides frigorigènes dont le pouvoir de réchauffement par effet de serre les condamne à être remplacés très prochainement. Dans certains matériaux, une variation de température peut être provoquée en appliquant un champ magnétique extérieur. Une voie prometteuse explorée par notre laboratoire consiste à exploiter cet effet magnéto-calorique pour concevoir des machines thermiques.

La maîtrise et la maximisation des échanges thermo-fluidiques en lien avec la conception optimale des échangeurs (choix des matériaux magnéto-caloriques, structure géométrique, dimensionnement) constituent actuellement le verrou majeur, à la fois scientifique et technologique, pour la conception et la commercialisation de ces machines et dispositifs.

Cette thèse accompagne les recherches développées au département ENERGIE depuis plusieurs années autour de la production de froid et de chaleur à haut rendement grâce aux propriétés magnéto-caloriques à température ambiante de certains matériaux. Elle est portée par le *Pôle transverse Dispositifs magnéto-caloriques*, réunissant les compétences fondamentalement complémentaires des équipes *Thermie* (écoulements alternés, transferts thermiques, métrologie thermique) et *Sharpac* (commande des circuits magnétiques, modélisation des matériaux magnétiques).

Les travaux s'appuieront sur la modélisation et la commande optimale du banc de tests magnéto-caloriques du laboratoire et viseront trois objectifs complémentaires :

- caractériser expérimentalement les échanges thermiques internes entre les matériaux magnéto-caloriques et le fluide de transfert en écoulement alterné dans toutes les gammes de fréquence (1 Hz – 20 Hz) permettant de déterminer les conditions optimales d'échange solide-fluide : les compétences du département ENERGIE en métrologie fine seront mises en œuvre pour explorer les échelles locales au sein des échangeurs régénérateurs utilisés (micro-capteurs thermiques, vélocimétrie laser, thermographie, thermo-anémométrie, etc.). La mise en place de nouveaux dispositifs de métrologie thermique par *méthode flash sous champ magnétique*, actuellement en cours, devrait contribuer à ces objectifs ;
- modéliser l'ensemble {échangeur régénérateur, écoulement alterné} par une approche multi-physique combinant les modèles thermodynamiques et quantiques des matériaux, la résolution analytique et numérique des équations électromagnétiques, fluidiques et thermiques, les réseaux de réluctance, les simulations numériques par codes Fluent, Flux, en vue de l'optimisation du cycle des cœurs de machines magnéto-caloriques ;
- optimiser les échangeurs régénérateurs : choix de leur structure (plaques parallèles planes et micro-structurées), choix des matériaux (métaux, alliages, composites), paramètres du cycle (fréquence, pentes des rampes de magnétisation-démagnétisation, déphasage champ magnétique/écoulement).

Les grandes tâches à mener durant la thèse sont les suivantes :

1. travaux bibliographiques et appropriation des modèles et des dispositifs expérimentaux de l'équipe,
2. conception de la cellule de mesures thermiques par méthode flash
3. réalisation de la cellule et tests
4. modélisation multi-physique des régénérateurs
5. optimisation structurelle et physique de régénérateurs basée sur leur modèle multi-physique

- 6. fabrication et test des régénérateurs
- 7. diffusion des résultats.

**Particularité :**

L'étudiant sera amené à collaborer avec l'ensemble des membres du Pôle Dispositifs Magnéto-caloriques et avec les personnels d'une start-up qui vient de s'implanter dans notre laboratoire à la suite d'une thèse consacrée au développement d'une pompe à chaleur magnéto-calorique.

**Profil du candidat :**

Nous recherchons avant tout une personne de nature curieuse vis-à-vis des phénomènes physiques, motivée par la richesse d'un projet de recherche pluridisciplinaire, avec des objectifs écologiques d'applications industrielles très concrètes.

Le candidat devra être titulaire d'un Master ou d'un diplôme équivalent (diplôme d'ingénieur par exemple) obtenu en France ou à l'étranger. Ce Master sera dans l'un des domaines suivants : énergie ou génie électrique, énergétique, génie thermique, transfert de chaleur, mécanique des fluides, fluidique.

Les compétences transverses entre ces domaines sont recherchées, particulièrement en transferts thermiques, mécanique des fluides et magnétisme. Une bonne connaissance du code Fluent et de la programmation Python est recherchée.

Une bonne maîtrise du Français est demandée.

Une bonne connaissance des outils de simulation électromagnétique (Flux2D, Flux3D) est souhaitable mais pas obligatoire.

**Dates clés :**

- 10 juin 2017, transmission de la liste ordonnée de candidats retenus.
- 21 juin 2017, retour de l'école doctorale

**Dossier de candidature :**

- CV du candidat
- lettre de motivation du candidat
- Pour les candidats ayant suivis un cursus licence-master :
  - résultats de licence et master 1 avec classement et taille de la promotion
  - résultats obtenus en master 2 avec classement et taille de la promotion ou si le diplôme est en cours les résultats de la partie théorique avec classement
- Pour les candidats ayant suivi un cursus hors master, donner les notes et classements des différentes années de formations et de l'année en cours.

Davantage d'information sur :

<http://ed-spim.univ-fcomte.fr/pages/fr/menu3559/offres-de-theses/concours-contrats-doctoraux-16672.html>

**Rémunération de base :** Allocation de recherche du ministère de l'éducation nationale (1 758 euros brut / mois)

**Contact\* :**

Pour candidater, consultez l'offre sur le site de l'ABG :

<http://www.intelligence.fr/Page/Offer/ShowOffer.aspx?OfferId=72359>

**Encadrement de la thèse :**

- Yannick BAILLY\*, Professeur à l'Université de Franche-Comté, directeur de thèse
- Philippe Nika, Professeur à l'Université de Franche-Comté, co-directeur de thèse
- Thierry de Larochelambert, Professeur de Chaire Supérieure de Physique-Chimie, associé à l'Institut FEMTO-ST.
- Stefan Giurgea, Maître de Conférences à l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard