

Livret de stages

Équipe Énergie - Laboratoire SYMME

Stages de recherche en mécatronique pour l'énergie

Récupération, conversion et transmission d'énergie

2026–2027

Ce livret rassemble des sujets de stage proposés par l'équipe Énergie du laboratoire SYMME de l'Université Savoie Mont Blanc. Les sujets peuvent mêler mécanique, électronique, énergie, électromagnétisme, science des matériaux et physique appliquée, autour de systèmes énergétiques de faible puissance (du μW à la dizaine de W).

Les sujets sont classés par domaine technique (électricité/électronique, mécanique/vibrations, simulation numérique/mathématiques appliquées), application (récupération d'énergie, transmission d'énergie sans fil, conversion d'énergie) et niveau d'études (M1, M2/école d'ingénieurs). Pour chaque sujet, un contact est indiqué pour obtenir plus d'informations et discuter de la faisabilité du stage.

Table des matières

Étudier et travailler à Annecy	2
Le SYMME et l'équipe Énergie	2
Électronique, électricité et instrumentation	3
Conversion de puissance DC/DC avec des circuits résonants de type LLC	4
Conversion de puissance DC/DC piézoélectrique	5
Transmission de puissance sans fil avec des oscillateurs électromagnétiques	6
Mécanique, vibrations et mécatronique	7
Conception d'un récepteur électromécanique non linéaire pour le transfert d'énergie sans fil . .	8
Conception de structures piézoélectriques pour l'atténuation vibratoire	9
Conception de structures auxétiques en vibration	10
Simulation numérique, modélisation et théories	11
Simulation de réseaux de résonateurs pour l'IA physique frugale	12
Dynamiques collectives et flux d'énergie dans un réseau d'oscillateurs couplés	13
Tableau résumé des sujets de stage	14

Étudier et travailler à Annecy



Photo d'Annecy



Campus et cadre de travail

L'Université Savoie Mont Blanc est implantée sur trois campus : Annecy, Le Bourget-du-Lac et Jacob-Bellecombette. Elle accueille environ 15 000 étudiantes et étudiants sur l'ensemble de ses sites, dans un environnement alpin entre lacs et montagnes.

Le site d'Annecy rassemble notamment l'IUT d'Annecy, l'IAE Savoie Mont Blanc et une partie de Polytech Annecy-Chambéry. Ce campus regroupe aussi plusieurs laboratoires en physique et sciences de l'ingénieur, dont le laboratoire SYMME, qui se trouve à la Maison de la Mécatronique.

Le laboratoire SYMME

Le laboratoire **SYMME**, pour « SYstèmes et Matériaux pour la MÉcatronique », est une unité de recherche de l'Université Savoie Mont Blanc. Il a été créé pour développer des recherches pluridisciplinaires en mécatronique, au croisement de la mécanique, des matériaux, de l'instrumentation, de l'informatique et du génie électrique.

Le laboratoire est localisé sur deux sites, Annecy-le-Vieux et Le Bourget-du-Lac, et compte environ 80 membres.



Photo du laboratoire SYMME

Le thème Énergie dans le SYMME

Le thème **Récupération, conversion et transmission d'énergie** est l'un des cinq thèmes de recherche du SYMME. Il regroupe une quinzaine de membres : enseignants-chercheurs, postdoctorants, doctorants et stagiaires. Nos travaux portent sur l'exploration, la conception et l'optimisation de systèmes de conversion d'énergie de petite puissance, typiquement du μW à la dizaine de W. L'originalité de nos travaux vient principalement de nos compétences multiphysiques (mécanique, électronique, magnétisme, science des matériaux) et de notre approche combinant théorie, simulations numériques intensives (supercalculateurs) et expérimentations massives avec des bancs de tests automatisés.

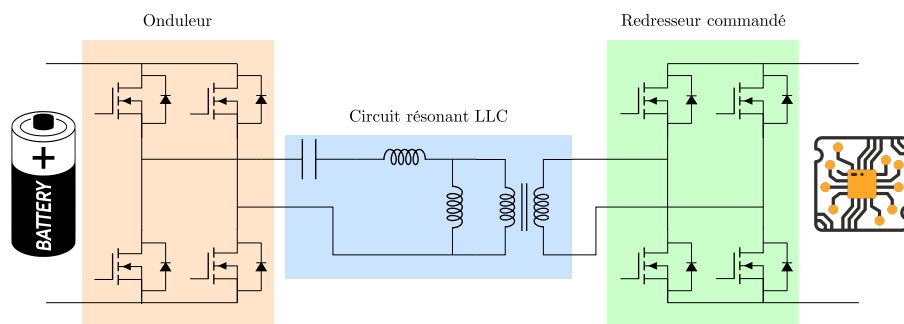
Électronique, électricité et instrumentation

Conversion de puissance DC/DC avec des circuits résonants de type LLC

Domaine technique	Électronique de puissance, compatibilité électromagnétique
Application	Conversion d'énergie
Domaines d'études	Électronique, génie électrique, contrôle-commande
Niveau d'études	☒ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

La conversion de puissance DC/DC permet d'adapter l'énergie provenant d'une source (généralement une batterie) à la charge à alimenter. En effet, la tension de sortie fournie par la source ne correspond pas nécessairement au besoin de la charge pour une alimentation directe. C'est pourquoi, les convertisseurs de puissance DC/DC font partie intégrante d'une majorité de systèmes électroniques. Parmi les différentes topologies existantes, les convertisseurs résonants de type LLC se distinguent par un rendement élevé, une forte densité de puissance et un faible niveau d'émissions électromagnétiques. Toutefois, bien que réduites, les émissions électromagnétiques restent présentes ce qui pourrait conduire une personne malveillante à procéder à une rétro-ingénierie de la charge alimentée, ou à une attaque matérielle (injection de fautes ou destruction par surtension) au niveau du système alimenté par le convertisseur DC/DC.



Sujet du stage

Le stage combinera la simulation numérique, la conception et la validation d'un convertisseur résonant de type LLC. La première partie du stage sera consacrée à la simulation numérique du convertisseur. Elle visera ainsi à dimensionner les différents composants et à caractériser le convertisseur en étudiant notamment l'impact de la fréquence de commutation sur sa tension de sortie et son rendement. La seconde partie du stage portera sur la conception et la réalisation du convertisseur afin de d'étudier et de quantifier les émissions électromagnétiques produites par ce dernier, en l'intégrant à un banc de caractérisation CEM en cours de développement au laboratoire. Selon l'avancement, une extension de l'étude portant sur la possibilité de rendre les émissions électromagnétiques de ce type de convertisseurs difficilement analysables par un potentiel attaquant pourra être envisagée, soit en modifiant la loi de commande du convertisseur, soit en ajoutant des non-linéarités dans les composants constituant le circuit résonant.

Outils mis en jeu

LTSpice, KiCad, matériel expérimental.

Contact et remarques pratiques

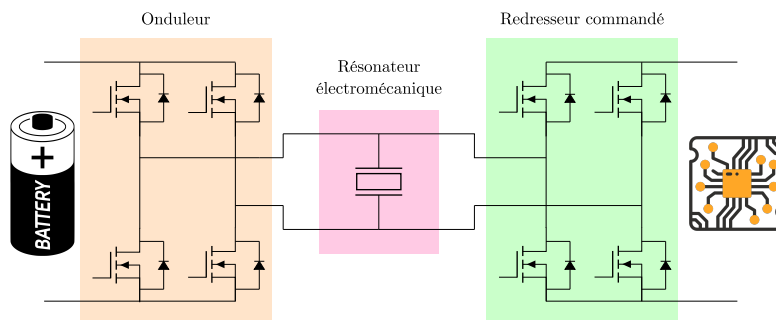
Contact : Quentin DEMOURON (quentin.demouren@univ-smb.fr). Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, de M1 et, le cas échéant, de M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

Conversion de puissance DC/DC piézoélectrique

Domaine technique	Électronique de puissance, électromécanique, piézoélectricité
Application	Conversion d'énergie
Domaines d'études	Électronique, génie électrique, contrôle-commande
Niveau d'études	☐ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

La conversion de puissance DC/DC permet d'adapter l'énergie provenant d'une source (généralement une batterie) à la charge à alimenter. En effet, la tension de sortie fournie par la source ne correspond pas nécessairement au besoin de la charge pour une alimentation directe. C'est pourquoi, les convertisseurs de puissance DC/DC font partie intégrante d'une majorité de systèmes électroniques. Cependant, les convertisseurs DC/DC actuels reposent sur l'intégration de composants magnétiques encombrants et présentant de fortes émissions électromagnétiques. En remplacement des composants magnétiques, des topologies de convertisseurs reposant sur le stockage d'énergie sous forme mécanique, à l'aide de matériaux piézoélectriques, ont été proposées dans la littérature scientifique. Toutefois, ces topologies sont encore peu matures et trop jeunes pour être industrialisées. Elles représentent en revanche, une stratégie intéressante pour la réduction des émissions électromagnétiques dans un but de sécurisation des convertisseurs de puissance et des systèmes alimentés par ces derniers quant à de potentielles attaques matérielles.



Sujet du stage

Le stage combinera la simulation numérique, la conception et la validation d'un convertisseur DC/DC piézoélectrique. La première partie du stage sera consacrée à la simulation numérique du convertisseur. Elle visera ainsi à dimensionner les différents composants et à caractériser le convertisseur en étudiant notamment son comportement sous différentes conditions de tensions d'entrée et de sortie. La seconde partie du stage portera sur la conception et la réalisation du convertisseur, potentiellement basée sur une nouvelle structure innovante. Enfin, la caractérisation expérimentale du convertisseur permettra d'une part de valider son comportement et d'autre part d'étudier et de quantifier les émissions électromagnétiques produites par ce dernier, en l'intégrant à un banc de caractérisation CEM en cours de développement au laboratoire. Selon l'avancement, une extension de l'étude portant sur différentes topologies de convertisseurs DC/DC piézoélectriques pourra être envisagée.

Outils mis en jeu

LTSpice, KiCad, matériel expérimental.

Contact et remarques pratiques

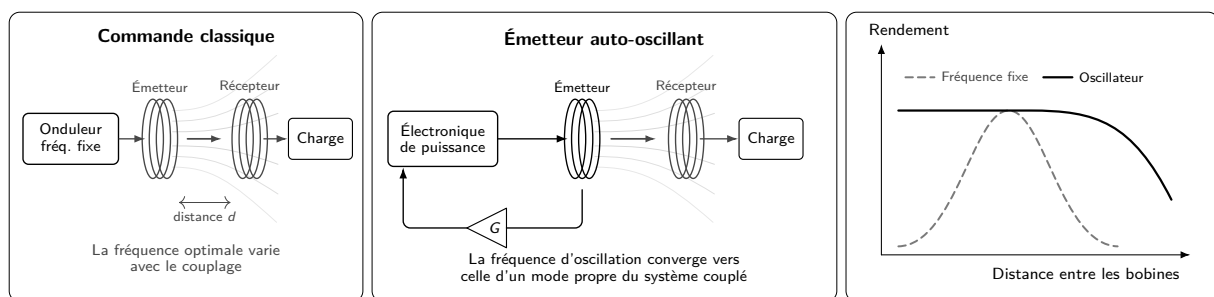
Contact : Quentin DEMOURON (quentin.demouron@univ-smb.fr). Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, de M1 et, le cas échéant, de M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

Transmission de puissance sans fil avec des oscillateurs électromagnétiques

Domaine technique	Électronique de puissance, électromagnétisme, électronique
Application	Transmission de puissance sans fil
Domaines d'études	Physique appliquée, électronique, génie électrique, contrôle-commande
Niveau d'études	☒ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

La transmission de puissance sans fil permet d'alimenter des dispositifs sans connexion électrique directe. Elle présente un intérêt particulier pour des capteurs placés dans des milieux contraints ou difficilement accessibles, par exemple pour l'alimentation de capteurs biomédicaux implantés et de pacemakers. Une approche courante repose sur le couplage inductif entre deux bobines : la bobine émettrice génère un champ magnétique variable qui induit une tension dans la bobine réceptrice. Les performances restent toutefois sensibles à la distance, au désalignement et à la charge. Une manière de rendre la transmission d'énergie plus robuste consiste à transformer l'émetteur en oscillateur à l'aide d'une boucle de rétroaction et d'une électronique de puissance. Plutôt que d'imposer une fréquence fixe, la fréquence converge automatiquement vers la fréquence naturelle du couple émetteur-récepteur et s'adapte lorsque la distance ou l'alignement varie.



Sujet du stage

Le stage associera l'analyse théorique et la réalisation expérimentale d'un système de transmission inductive auto-oscillant. Une première partie sera consacrée à la modélisation du système et de sa boucle de rétroaction. Elle visera à caractériser l'établissement des oscillations, la fréquence sélectionnée et le rendement, puis à quantifier l'influence du couplage, des pertes et de la charge. Une seconde partie portera sur la conception et la réalisation de l'électronique de puissance et de la boucle de rétroaction, puis sur leur intégration aux bobines déjà développées au laboratoire. Les essais permettront de confronter les résultats expérimentaux aux prédictions du modèle et d'évaluer la robustesse du système lorsque la distance ou l'alignement varie. Selon l'avancement, l'étude pourra être étendue à des architectures multi-bobines ou à l'exploration de rebouclages entre le récepteur et l'émetteur.

Outils mis en jeu

LTspice, KiCad / EasyEDA, MATLAB, Simulink, matériel expérimental.

Références

S. Assaworrorarit, X. Yu et S. Fan, "Robust wireless power transfer using a nonlinear parity-time-symmetric circuit", *Nature*, vol. 546, p. 387–390 (2017).

Contact et remarques pratiques

Contact : Adrien MOREL (adrien.morel@univ-smb.fr). Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, de M1 et, le cas échéant, de M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

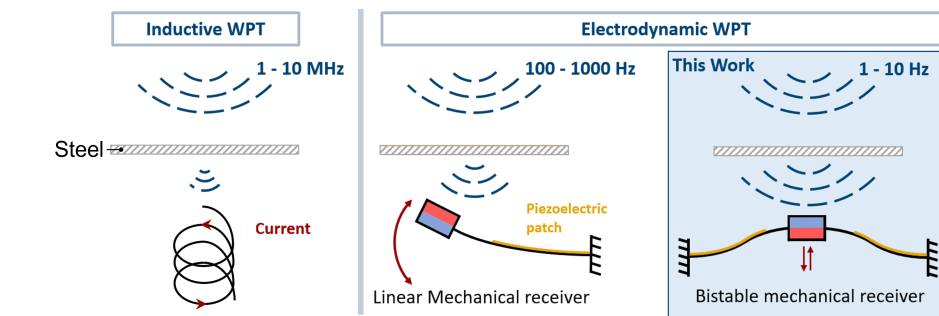
Mécanique, vibrations et mécatronique

Conception d'un récepteur électromécanique non linéaire pour le transfert d'énergie sans fil

Domaine technique	Conception mécanique, multiphysiques, dynamique non linéaire
Application	Transmission de puissance sans fil, biomédical
Domaines d'études	Génie mécanique, mécatronique, physique appliquée
Niveau d'études	☐ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

La transmission d'énergie sans fil permet d'alimenter des dispositifs sans connexion électrique directe. Elle présente un intérêt particulier pour des capteurs placés dans des environnements contraints ou difficilement accessibles, comme les capteurs biomédicaux implantés ou les pacemakers. Les systèmes traditionnels reposent généralement sur l'utilisation d'un champ magnétique à haute fréquence. Cependant, ces champs sont absorbés par les milieux conducteurs (métaux, tissus biologiques, etc.), ce qui diminue le rendement et provoque un échauffement du milieu. Il est donc nécessaire de réduire la fréquence du champ magnétique utilisé. Pour cela, nous avons proposé de remplacer le récepteur traditionnel, constitué d'une bobine, par un résonateur électromécanique non linéaire capable de convertir l'énergie d'un champ magnétique à basse fréquence en énergie électrique.



Sujet du stage

Le stage a pour objectif la réalisation expérimentale d'un système de transmission d'énergie sans fil. Dans un premier temps, un prototype du récepteur sera conçu et réalisé à partir de dimensions déterminées par des simulations numériques. Un banc d'essais sera ensuite mis en place afin de caractériser le dispositif et de comparer les résultats aux modèles analytiques et numériques. Ces essais permettront d'évaluer le comportement et les performances du récepteur en fonction de la fréquence et de l'amplitude du champ magnétique appliqué. Enfin, des essais à travers des matériaux conducteurs ou des tissus biologiques permettront d'étudier leur influence sur le comportement du système et ses performances de transmission d'énergie.

Outils mis en jeu

Python/MATLAB, SOLIDWORKS, matériel expérimental.

Références

L.-S. Macke et al., "Bistable Electromechanical Receiver for Ultra-Low Frequency Wireless Power Transfer", *PowerMEMS 2024*, p. 131-134 (2024).

Contact et remarques pratiques

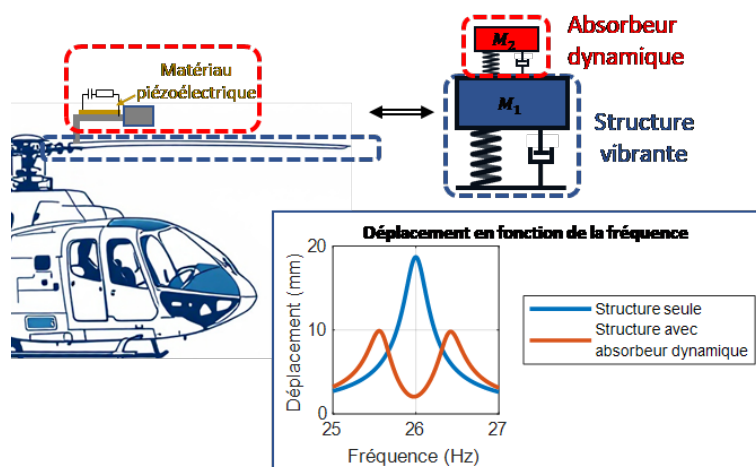
Contact : Léo-Scott MACKÉ (leo-scott.macke@univ-smb.fr). Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, de M1 et, le cas échéant, de M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

Conception de structures piézoélectriques pour l'atténuation vibratoire

Domaine technique	Conception mécanique, piézoélectricité
Application	Atténuation vibratoire
Domaines d'études	Génie mécanique, mécatronique, physique appliquée
Niveau d'études	☒ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

Le développement de structures légères dans les secteurs aéronautique et automobile a introduit des défis techniques liés à la gestion des vibrations et du bruit. Les absorbeurs dynamiques classiques, bien qu'efficaces, présentent une sensibilité aux variations de fréquence, ce qui limite leur performance dans des environnements réels. Le projet FAPARVA est un projet de recherche exploratoire qui étudie l'utilisation de matériaux piézoélectriques pour concevoir des absorbeurs dynamiques adaptatifs. Ce stage offre l'opportunité de contribuer à une recherche appliquée, combinant modélisation théorique, simulation numérique et validation expérimentale.



Sujet du stage

Le ou la stagiaire pourra être amené(e) à : 1. Modéliser des absorbeurs piézoélectriques en intégrant les aspects multiphysiques à l'aide d'outils numériques ; 2. Réaliser des campagnes de mesures vibratoires sur les prototypes développés. Selon l'avancement du stage, une présentation lors d'une conférence scientifique est envisagée.

Outils mis en jeu

COMSOL Multiphysics, Python/MATLAB, SOLIDWORKS, matériel expérimental.

Références

D. Gibus et al., "Frequency tuning capability of self-powered piezoelectric tuned mass dampers", *ISMA Leuven 2026* (2026).

Contact et remarques pratiques

Contact : David GIBUS (david.gibus@univ-smb.fr). Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, de M1 et, le cas échéant, de M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

Conception de structures auxétiques en vibration

Domaine technique	Conception mécanique, piézoélectricité
Application	Récupération d'énergie
Domaines d'études	Génie mécanique, mécatronique, physique appliquée
Niveau d'études	☒ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

Les structures auxétiques sont des structures conçues pour avoir un coefficient de Poisson négatif. Le projet se focalise sur l'exploitation de celles-ci pour de la récupération d'énergie vibratoire. Suite à de premiers résultats obtenus par le laboratoire, nous envisageons d'explorer une nouvelle solution : l'utilisation de boosters auxétiques qui viendraient se fixer sur des éléments piézoélectriques.

Sujet du stage

Une étude utilisant des simulations par éléments finis (COMSOL) doit être réalisée afin de connaître les possibilités de dimensionnement. Des prototypes seront à fabriquer et à tester à partir des résultats de simulations.

Outils mis en jeu

COMSOL Multiphysics, SOLIDWORKS, matériel expérimental.

Références

G. Forges, D. Gibus, A. Morel, A. Badel et H. Debéda, "Electromechanical Coupling Coefficient : New Approach to Study Auxetic Piezoelectric Harvesters", *2024 IEEE 23rd International Conference on Micro and Nanotechnology for Power Generation and Energy Conversion Applications* (2024).

Contact et remarques pratiques

Contact : David GIBUS (david.gibus@univ-smb.fr). Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, de M1 et, le cas échéant, de M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

**Simulation numérique, modélisation et
théories**

Simulation de réseaux de résonateurs pour l'IA physique frugale

Domaine technique	Calcul scientifique, résonateurs électromécaniques, reservoir computing
Application	Récupération d'énergie et IA physique
Domaines d'études	Mathématiques appliquées, informatique, sciences de l'ingénieur
Niveau d'études	☐ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

Les capteurs déployés dans les infrastructures, les machines ou les véhicules doivent mesurer, interpréter puis transmettre des signaux variables dans le temps, par exemple des vibrations. Leur autonomie reste limitée par l'énergie consommée pour le calcul et l'envoi d'information, notamment lorsqu'ils sont alimentés par batteries. Une voie explorée au laboratoire SYMME consiste à récupérer l'énergie des vibrations ambiantes à l'aide de résonateurs électromécaniques afin d'alimenter ces capteurs sans batterie. Les travaux récents sur le *reservoir computing* suggèrent qu'un système physique dynamique peut aussi participer au traitement de l'information. Un signal met en mouvement un réseau de résonateurs, dont la réponse collective le transforme naturellement avant qu'une lecture mathématique simple ne l'exploite. Le réseau peut ainsi assurer un prétraitement analogique frugal, capable de conserver une trace du passé récent ou de faciliter des tâches élémentaires de reconnaissance. Le stage s'inscrit dans le projet RATT (*Resonator Arrays That Think*), qui vise à préparer un démonstrateur d'IA physique fondé sur des réseaux de résonateurs électromécaniques.

Sujet du stage

Le ou la stagiaire développera un simulateur numérique de réseaux de résonateurs électromécaniques (poutres encastré-libre recouvertes de matériaux piézoélectriques). Une non-linéarité réglable sera introduite par interaction magnétique, par exemple entre une masse aimantée fixée sur la poutre et des aimants externes positionnables. Le travail commencera par la simulation de modèles de référence : un résonateur isolé, un réseau non couplé et un réseau couplé, afin de quantifier l'apport du couplage entre résonateurs. Le simulateur permettra ensuite d'explorer des réseaux de quelques éléments à une vingtaine, en faisant varier couplage, pertes, dispersion entre résonateurs et non-linéarités. Les configurations seront évaluées à l'aide de métriques simples : durée de mémoire d'une excitation passée, capacité à distinguer deux signaux proches, taux de réussite sur une tâche élémentaire de classification et gain par rapport aux références. Le résultat attendu est une cartographie des niveaux de couplages à partir desquels le réseau devient utile au traitement du signal, ainsi qu'une sélection de configurations réalistes pour guider la fabrication ultérieure d'un démonstrateur.

Outils mis en jeu

Python, JAX.

Références

- M. Yan et al., « Emerging Opportunities and Challenges for the Future of Reservoir Computing », *Nature Communications*, 2024.
- J. C. Coulombe, M. C. A. York et J. Sylvestre, « Computing with Networks of Nonlinear Mechanical Oscillators », *PLOS ONE*, 2017.
- G. Dion, S. Mejaouri et J. Sylvestre, « Reservoir Computing with a Single Delay-Coupled Non-linear Mechanical Oscillator », *Journal of Applied Physics*, 2018.

Contact et remarques pratiques

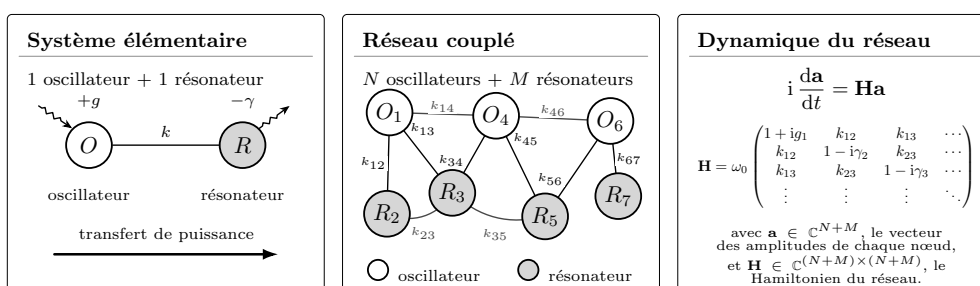
Contact : Ludovic Charleux (ludovic.charleux@univ-smb.fr). Une première expérience en Python scientifique est souhaitée ; la connaissance préalable de JAX ou du *reservoir computing* n'est pas indispensable. Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, M1 et, si disponible, M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

Dynamiques collectives et flux d'énergie dans un réseau d'oscillateurs couplés

Domaine technique	Systèmes dynamiques, modélisation, théorie des modes couplés
Application	Transmission de puissance sans fil
Domaines d'études	Mathématiques appliquées, physique, sciences de l'ingénieur
Niveau d'études	☒ M1 ☒ M2/Ingénieur

Contexte

La majorité des systèmes de transmission de puissance sans fil reposent sur le couplage entre deux résonateurs électromagnétiques. Afin de rendre ces systèmes auto-adaptatifs, des architectures ont été proposées dans lesquelles l'émetteur résonant est remplacé par un oscillateur électromagnétique. Sa fréquence peut alors s'ajuster spontanément aux propriétés du système couplé lorsque, par exemple, la distance entre l'émetteur et le récepteur varie. Si le cas d'un oscillateur couplé à un résonateur est relativement bien compris dans la littérature scientifique, de nombreuses questions restent ouvertes lorsque plusieurs oscillateurs interagissent avec plusieurs résonateurs. De nouveaux modes collectifs, mécanismes de synchronisation et chemins de transfert d'énergie peuvent alors émerger.



Sujet du stage

L'objectif du stage sera de développer une description théorique de réseaux multioscillateurs/multirésonateurs à partir de la théorie des modes couplés. On cherchera à comprendre comment le nombre d'oscillateurs et de résonateurs, la topologie du réseau, les couplages, le gain et les pertes influencent les fréquences propres, la stabilité des solutions et la distribution de la puissance entre les différents éléments du système. L'étude pourra notamment mettre en évidence des phénomènes tels que la coalescence de modes ou l'apparition de points exceptionnels. Le stage comportera une forte composante de modélisation analytique et d'analyse spectrale, complétée par des simulations numériques. Il s'adresse à un étudiant de M1 ou M2 en physique, mathématiques ou ingénierie ayant un goût prononcé pour la théorie. Aucune connaissance préalable en transmission de puissance sans fil n'est requise.

Outils mis en jeu

Python/MATLAB, calcul symbolique et numérique, serveurs de calcul si nécessaire.

Références

X. Hao, K. Yin, J. Zou, R. Wang, Y. Huang, X. Ma et T. Dong, "Frequency-Stable Robust Wireless Power Transfer Based on High-Order Pseudo-Hermitian Physics", *Physical Review Letters*, vol. 130, no 7, art. 077202 (2023). [arXiv:2208.00633](https://arxiv.org/abs/2208.00633).

Contact et remarques pratiques

Contact : Adrien MOREL (adrien.morel@univ-smb.fr). Pour un mail de candidature, le dossier devra comprendre un CV, les relevés de notes de L3, de M1 et, le cas échéant, de M2, ainsi que quelques lignes présentant votre motivation pour ce stage.

Tableau résumé des sujets de stage

Sujet	Domaine technique	Application	Niveau	Page
Conversion de puissance DC/DC avec des circuits résonants de type LLC	Électronique de puissance, compatibilité électromagnétique	Conversion d'énergie	M1, M2/Ingénieur	4
Conversion de puissance DC/DC piézoélectrique	Électronique de puissance, électromécanique, piézo-électricité	Conversion d'énergie	M2/Ingénieur	5
Transmission de puissance sans fil avec des oscillateurs électromagnétiques	Électronique de puissance, électromagnétisme, électronique	Transmission de puissance sans fil	M1, M2/Ingénieur	6
Conception d'un récepteur électromécanique non linéaire pour le transfert d'énergie sans fil	Conception mécanique, multiphysiques, dynamique non linéaire	Transmission de puissance sans fil, biomédical	M2/Ingénieur	8
Conception de structures piézo-électriques pour l'atténuation vibratoire	Conception mécanique, piézoélectricité	Atténuation vibratoire	M1, M2/Ingénieur	9
Conception de structures auxé- tiques en vibration	Conception mécanique, piézoélectricité	Récupération d'énergie	M1, M2/Ingénieur	10
Simulation de réseaux de résonateurs pour l'IA physique frugale	Calcul scientifique, résonateurs électromécaniques, reservoir computing	Récupération d'énergie et IA physique	M2/Ingénieur	12
Dynamiques collectives et flux d'énergie dans un réseau d'oscillateurs couplés	Systèmes dynamiques, modélisation, théorie des modes couplés	Transmission de puissance sans fil	M1, M2/Ingénieur	13