

Cartographie des régimes sonores d'un modèle d'instrument à cordes frottées

La production de sons et vibrations par friction est observée dans des systèmes nombreux et variés : chez certains insectes comme les grillons et criquets, dans les véhicules (bruits de freinage) ou encore dans des instruments de musique comme le violon. Ces systèmes ont pour point commun d'être des systèmes dynamiques auto-oscillants, capables de produire de nombreux régimes sonores et/ou vibratoires, dont l'existence et les propriétés acoustiques (amplitude, fréquence, contenu spectral) dépendent, souvent de façon très sensible, des paramètres de conception et de contrôle. En pratique, cette dynamique riche et cette sensibilité aux variations de paramètres se matérialise par exemple par le long apprentissage nécessaire pour maîtriser la production du son du violon. Du point de vue physique, cette diversité des régimes sonores et/ou vibratoires repose sur des mécanismes non linéaires complexes, dont des subtilités importantes demeurent mal comprises et mal modélisées. Ainsi, prédire et contrôler le comportement des systèmes frottants auto-oscillants demeurent aujourd'hui des tâches complexes.

Ce stage vise à caractériser le comportement d'un modèle physique de corde frottée en fonction des principaux paramètres de contrôle (vitesse de l'archet, force de l'appui de l'archet sur la corde). Des méthodes classiques de simulations temporelles seront utilisées, ainsi que des méthodes d'analyse de bifurcation. Ces dernières permettent de suivre l'évolution des différentes solutions périodiques (en particulier celles qui correspondent aux régimes sonores recherchés) en fonction d'un ou de plusieurs paramètres d'intérêt (par exemple la vitesse de l'archet) et d'en détecter les bifurcations, associées à des changements brutaux de régimes. On accède ainsi à des diagrammes de bifurcation, véritables cartographies de la dynamique dans l'espace des paramètres.

Un modèle simple de corde frottée sera considéré dans un premier temps. L'influence de différents éléments souvent ignorés dans la littérature sera par la suite caractérisée, contribuant ainsi à faire progresser la modélisation de ces instruments. On s'intéressera notamment à différentes lois de friction et à une modélisation plus réaliste de l'archet. Les résultats obtenus pourront être comparés à des observations expérimentales réalisées actuellement au LAUM.

Profil recherché:

Etudiant de niveau master 2 ou équivalent dans une des spécialité suivantes : acoustique, mécanique, modélisation et simulation physique, dynamique non linéaire.

Encadrement : Soizic Terrien (Chargée de recherche CNRS, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans), Frédéric Ablitzer (Maître de Conférence Le Mans Université, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans).

Collaborations envisagées avec Lucie Domino (Chargée de recherche CNRS, IUSTI, Marseille) et Florence Bertails-Descoubes (Directrice de recherche, INRIA Grenoble)

Lieu du stage : Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans.

Contact : soizic.terrien@univ-lemans.fr / frederic.ablitzer@univ-lemans.fr

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet FRICTIONAL financé par l'Agence Nationale de la Recherche.

Cartography of the sound regimes of a model of bowed string instrument

Friction induced sound and vibrations are observed across numerous and varied systems: in certain insects like crickets, in vehicles (such as brake noise), and in musical instruments like the violin. All these systems are self-oscillating dynamical systems, which produce a variety of sound and/or vibration regimes. The existence and acoustic properties (such as amplitude, frequency, and spectral content) of these regimes depend, often sensitively, on both design and control parameters. In practice, the complex dynamics and sensitivity to parameter variations are illustrated by the long learning process required to master the sound production of a violin. From a physical point of view, this diversity in sound and/or vibration regimes arises from complex nonlinear mechanisms, many of which remain poorly understood and modeled. As a consequence, predicting and controlling the behavior of self-oscillating, friction-driven systems remains a complex task.

This internship aims to characterise the nonlinear dynamics of a physical model of a bowed string instrument as a function of key control parameters (bowing speed, bow pressure on the string). Classical time-domain simulations will be used, as well as advanced numerical methods for bifurcation analysis. The latter allow to follow the evolution of different periodic solutions (especially those that correspond to desired sound regimes) with respect to one or more parameters of interest (such as bowing speed) and to detect bifurcations associated with abrupt changes in regimes. This gives access to bifurcation diagrams which provide a global knowledge of the dynamics with respect to parameters.

Initially, a simple bowed string model will be considered. Subsequently, the influence of various elements often overlooked in the literature will be characterized, contributing to improve the state-of-the-art model of these instruments. In particular, the influence of different friction laws and of a more realistic modeling of the bow will be explored. The obtained results may be compared with experimental observations on a test-bench currently being designed at LAUM.

Desired Profile: Master's level student or equivalent in one of the following fields: acoustics, mechanics, physical modeling and simulation, nonlinear dynamics.

Supervisors: Soizic Terrien (CNRS Research Scientist, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans), Frédéric Ablitzer (Lecturer, Le Mans Université, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans).

Planned collaborations with Lucie Domino (CNRS Research Scientist, IUSTI, Marseille) and Florence Bertails-Descoubes (INRIA Research Director, Grenoble).

Internship location: Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans.

Contact: soizic.terrien@univ-lemans.fr / frederic.ablitzer@univ-lemans.fr

This internship is part of the FRICTIONAL project, funded by the French National Research Agency.