

Sonorisation d'instruments de musique par modélisation acoustique, applications artistiques

Contexte

De l'amplificateur pour guitare électrique aux microphones « à modélisation », de nombreux systèmes utilisés dans le monde de l'audio musical font désormais appel à la modélisation physique pour offrir aux utilisateurs des sonorités variées, souvent en référence à des marques ou modèles anciens. Ces démarches se sont, jusqu'à présent, surtout centrées sur les matériels électroniques, incluant grâce à des processeurs de signaux, des modèles de composants anciens, tels les triodes à vide et autres composants, cherchant à retrouver des sonorités d'amplificateurs ou d'effets audio devenus légendaires. Cette même démarche appliquée non plus aux composants électroniques mais aux systèmes vibratoires que constituent les instruments de musique doit permettre d'accéder, par la modélisation, à des variations de la sonorité des instruments. Une des applications particulièrement prometteuses concerne le renforcement sonore et la sonorisation d'instruments, en offrant la possibilité de contrôler le son diffusé d'une manière qui se rapproche de l'effet de modifications de la facture ou du réglage de l'instrument.

Du point de vue du comportement vibratoire et acoustique, la connaissance du fonctionnement physique des instruments de musique dits « acoustique » a grandement progressé dans les dernières décennies. Cette connaissance permet aujourd'hui, pour les éléments en fonctionnement linéaire, une description et une simulation susceptibles de rendre compte de paramètres de facture et de réglage des instruments.

Une approche hybride consiste alors à substituer (en partie) à la réponse linéaire de l'instrument un modèle dont les paramètres peuvent être ajustés à loisir. Ce modèle reçoit alors des signaux issus de capteurs disposés sur l'instrument, qui recueillent les signaux d'excitation, intégrant donc la partie intrinsèquement non-linéaire associée à la mise en oscillation de l'instrument par le jeu de l'instrumentiste. Si l'instrumentiste garde intégralement les repères de jeu qu'il possède sur l'instrument, le son diffusé est alors susceptible de laisser entendre un instrument à la facture différente.

Cette démarche est un processus d'augmentation instrumentale par l'extension du potentiel sonore qu'il vise. Elle comporte des aspects artistiques qui seront à caractériser en termes d'expressivité de l'interprétation, d'écoute causale redéfinie par des identités instrumentales en mutation, de renouvellement des pratiques et de la création dans des contextes de musiques mixtes collectives ou solistes. Tant sur le plan des esthétiques sonores de l'approche compositionnelle et de la diffusion — qui sont dans ce projet intimement liés — que sur celui des lutheries, ce projet place la notion d'*hybridation* comme moteur d'une recherche nécessairement pluridisciplinaire.

Ce projet est le fruit d'une collaboration entre l'Institut d'Alembert, l'IReMus et le CNSMDP, notamment au travers de ses partenaires, professionnels et industriels de la sonorisation.

Objectif scientifique

Dans ce contexte, l'objectif central du projet doctoral est d'agrèger les divers éléments qui permettent un renforcement électroacoustique du son d'un instrument, intégrant la possibilité d'ajuster les qualités sonore d'une manière qui fasse sens du point de vue de la facture instrumentale ; la question du « sens » se définissant notamment par les applications artistiques de l'instrument.

Cet objectif peut se décomposer en plusieurs éléments, dont :

- l'identification des propriétés de rayonnement des instruments étudiés ainsi que celles des sources habituellement utilisées pour le renforcement sonore,
- L'analyse des caractéristiques vibratoires d'une gamme d'instruments de même types ou bien de différents réglages d'un même instrument, afin d'identifier les variations des paramètres associées à différentes factures et réglages,
- La réduction progressive du nombre de capteurs qui permette, *in fine*, par une captation ponctuelle associée à une modélisation adéquate, de reconstruire globalement le comportement vibratoire de l'instrument,
- L'intégration des divers éléments étudiés sous la forme d'un modèle simplifié susceptible d'être traduit en un algorithme compatible avec les outils existants de traitement temps-réel du signal,
- L'évaluation de l'intégration et l'usage de ces nouveaux outils dans un environnement de création par essence modulaire et multimodal (sur les plans techniques et technologique).

Approche scientifique

Une étape fondamentale du projet sera l'analyse des contextes d'usage et d'application, qui mette en lumière, dans une sphère musicale clairement délimitée, les repères et les attentes des instrumentistes et des professionnels du renforcement sonore. Dans ce sens, les échanges avec les instrumentistes et les experts des métiers du son seront nécessaires, dans un premier cercle interne au CNSMDP puis éventuellement au-delà. Le projet se centrera sur des instruments « acoustiques » à cordes pincées ou frottées, d'usage fréquent dans les musiques amplifiées, tels que la contrebasse ou la guitare.

L'analyse, la modélisation et la simulation du comportement vibratoire et acoustique des instruments constituera une étape importante du travail. Elle pourra se faire à partir d'un travail de collecte de données sur les instruments du parc instrumental du CNSMDP, et éventuellement avec l'appui de luthiers en charge du réglage de ces instruments.

Enfin, le travail en proximité des professionnels du renforcement sonore musical garantira à la fois la pertinence et le transfert des savoir-faire. Les partenaires industriels pourront apporter l'expertise permettant l'implémentation sur des processeurs temps-réel.

Adéquation à l'institut

Le projet s'intègre dans l'axe-programme « instruments de musique d'hier au service de ceux de demain » de l'institut Collegium Musicae par plusieurs aspects. Tout en associant une approche musicologique et une approche acoustique, il développe d'une part l'étude de paramètres de facture et de réglage d'instruments à cordes, d'autre part la réflexion autour des instruments de demain, entre instruments hybrides et instruments augmentés.

Les collaborations autour de ce projet permettront de renforcer les liens entre le Collegium Musicae et le CNSMDP, favorisant les échanges et le transfert des pratiques de la recherche. Le projet participera ainsi à la structuration d'une communauté de recherche autour des métiers du son, s'inscrivant ainsi dans les politiques de développement, tant de l'ASU que du CNSMDP.

Rôle de chaque encadrant et compétences scientifiques

Direction principale de la thèse

Benoît FABRE, professeur d'acoustique à l'Institut d'Alembert, UMR 7190, Ecole doctorale 391, SMAER, fait preuve d'une bonne expérience dans l'analyse et la modélisation du fonctionnement des instruments de musique. Il a de plus une expertise dans l'étude des systèmes électro-acoustiques.

Co-encadrement

Benoît NAVARRET, maître de conférences en musicologie à l'IReMus, UMR 8223, Ecole doctorale 433 Concepts et Langages, est spécialisé dans l'étude des musiques amplifiées, de l'organologie et des environnements de création, des *sound studies*, avec une spécialisation sur les pratiques en guitares (électrique et acoustique).

Collaboration

Nicolas POITRENAUD, professeur au CNSMDP et actif au sein du consortium Yamaha/Nexo est un professionnel réputé dans le domaine du renforcement sonore et de la sonorisation.

Publications des encadrants en lien avec le projet

Paté A., Navarret B., Dumoulin R., Le Carrou J.-L., Fabre B. and Doutaut V. : *About the electric guitar: a cross-disciplinary context for an acoustical study*, Acoustics 2012. HAL Id: hal-00810875 <https://hal.science/hal-00810875>

Paté A., Le Carrou J.-L. and Fabre B. : *Modal parameter variability in industrial electric guitar making: Manufacturing process, wood variability, and lutherie decisions*. Applied Acoustics, 2015, 96, pp.118-131. (10.1016/j.apacoust.2015.03.023) hal-01148234v1

Chaigne A., Kergomard J., avec la collaboration de Boutillon X., Dalmont J.-P., Fabre B., Gilbert J. et Touzé C. : *Acoustique des instruments de musique*, Belin, 2013.

Navarret, B. : *La Stratocaster 1954, Naissance d'une étoile*, Musée de la musique, Philharmonie de Paris, 2019.

Navarret B., Battier M., Bruguière Ph. et Gonin Ph. (Dir.) : *Quand la guitare [s']électrise !*, Série MusiqueS & sciences (Collegium Musicae), Coll. Musiques, Sorbonne Université Presses, 2022.

Lähdeoja O., Navarret B., Quintans S., Sèdes A. : "The electric guitar: an augmented instrument and a tool for musical composition", in *Journal of Interdisciplinary Music Studies*, volume 4, issue 2, autumn 2010.