

Contrôle d'un système dynamique non linéaire musical : la trompette

1/ Sujet de thèse :

Les instruments de musique de la famille des cuivres, dont la trompette fait partie, sont des systèmes dynamiques non linéaires autonomes dont les paramètres sont contrôlés en cours de jeu par le musicien. L'analyse du diagramme de bifurcation des modèles de la production du son par ces instruments (appelés modèles physiques dans la suite) montre qu'il existe de nombreux régimes périodiques stables (correspondant à des notes), parfois même pour des valeurs identiques des paramètres de contrôle (masque du musicien, pression dans la bouche). Le lien entre les paramètres de contrôle et les caractéristiques des sons produits est ainsi très complexe, même pour des modèles physiques simplifiés et dans le cadre d'une analyse quasi-statique [1]. Comment alors aborder cette question du lien entre contrôle du musicien et sons produits avec l'instrument réel, dans un contexte de variation dynamique des paramètres, et où la diversité des musiciens et de leur maîtrise technique introduit une complexité supplémentaire autour du contrôle ?

Le Laboratoire de Mécanique et Acoustique a conçu une trompette instrumentée [2] qui permet de mesurer l'évolution de plusieurs paramètres ajustés en cours de jeu par les trompettistes (pression dans la bouche, effort d'appui, débit, etc). Cet instrument permettra d'aborder pendant cette thèse la problématique du lien entre contrôle exercé par un musicien et caractéristiques des sons produits selon plusieurs angles :

+ **Question** : comment caractériser la probable diversité des stratégies de contrôle des trompettistes en fonction de leur maîtrise technique (débutant, amateur, professionnel) et de leur style de jeu (jazz, classique, ethnique ...) ?

Piste de recherche : constitution d'une base de données des paramètres de contrôle pour plusieurs trompettistes. Déterminer l'étendue de l'espace de paramètres couvert (valeurs typiques et valeurs limites) en fonction du niveau de maîtrise technique ? Ce genre d'information n'existe pas encore dans la littérature : c'est un manque pour l'utilisation de modèles physiques.

+ **Questions** : comment analyser les différentes évolutions temporelles des paramètres ? Comment à partir de différentes réalisations d'une même tâche par différents interprètes analyser les points communs et les différences en termes de trajectoires de contrôle ?

Piste de recherche : utiliser les outils d'analyse de données multidimensionnelles (analyse en composantes principales, analyse factorielle, classification) afin de produire une décomposition hiérarchique des gestes en contributions successives [3] (1^{ère} composante correspondant à un geste de base, 2^{nde} composante donnant un raffinement du geste de base, etc). Que nous apprennent les composantes principales successives en terme de contribution à l'établissement du geste expert ?

+ **Questions** : quelle est la répétabilité du geste expert ? Et pour le débutant, l'amateur ? Quelles sont les conséquences sur les régimes d'oscillations produits, leur justesse, leur périodicité ou leur quasi-périodicité, leur contenu spectral ?

Piste de recherche : aborder la notion de paramètres de contrôle incertains ainsi que la propagation des incertitudes par le modèle physique de production du son [4]; quantifier expérimentalement les incertitudes (distributions de variables aléatoires, densités de probabilités associées) des différents paramètres selon le niveau de maîtrise technique.

+ Questions : peut-on objectiver la notion de "souplesse", primordiale par exemple dans le jeu d'Ibrahim Maalouf et pierre angulaire de sa pratique de concertiste et de son discours pédagogique ?

Piste de recherche : travailler avec Ibrahim Maalouf en mesurant avec la trompette instrumentée le résultat de consignes spécifiques, choisies avec lui et réalisées par des interprètes également sélectionnés par lui.

En plus des études académiques ci-dessus, le doctorant participera à la conception d'outils pédagogiques pour le musicien. Par exemple : peut-on, en fusionnant les informations des différents capteurs embarqués sur l'instrument, et en tirant parti des conclusions issues de l'analyse des bases de données ci-dessus, proposer au trompettiste amateur un indicateur de souplesse en temps réel ? Des évaluations d'un tel outil en conservatoire seront réalisées.

Bibliographie :

[1] F. Silva, J. Kergomard, C. Vergez, Oscillation Thresholds for « Striking Outwards » Reeds Coupled to a Resonator, International Symposium on Musical Acoustics, Madrid 2007.

[2] L. Velut, C. Vergez, J. Gilbert, Simultaneous and in vivo measurements of control parameters used in trumpet performance, ViennaTalk on musical acoustics, Vienne, 2015

[3] M. Tits, J. Tillmanne, N. D'Alessandro, M. Wanderley, Feature Extraction and Expertise Analysis of Pianists' Motion-Captured Finger Gestures, International Computer Music Conference (ICMC '15), North Texas (Denton, TX), 2015.

[4] M. Lemaire, Mécanique et Incertain, ISTE Editions, 2014.

2/ Encadrement :

Directeur de thèse :

Christophe Vergez, Directeur de recherche CNRS,
Laboratoire de Mécanique et Acoustique, LMA - UPR 7051
vergez@lma.cnrs-mrs.fr

Co-directeur de thèse :

Jean-François Petiot, Professeur des Universités,
Ecole Centrale de Nantes - IRCCyN - UMR CNRS 6597
Jean-Francois.Petiot@irccyn.ec-nantes.fr

3/ Lieu de la thèse

Laboratoire de Mécanique et Acoustique
4 impasse Nikola Tesla, CS 40006, F-13453 Marseille Cedex 13 - France

4/ Compétences requises

Goût pour le travail expérimental a minima, une expérience dans ce domaine sera appréciée. Formation initiale en acoustique, traitement de signal et analyse de données. La pratique de la trompette ou du trombone est un plus mais n'est pas un prérequis.