



Institut Jean le Rond d'Alembert
Équipe Lutheries–Acoustique–Musique
Université Pierre et Marie Curie

Analyse modale opérationnelle appliquée à des harpes africaines pouvant inclure des non-linéarités dans leur comportement dynamique.

Le projet Kundi - diversité et évolution des harpes d'Afrique centrale, dans lequel s'insère ce stage vise à étudier les processus évolutifs des instruments de musique de population de tradition orale en se basant sur une démarche interdisciplinaire mêlant ethnomusicologie, iconographie, linguistique et acoustique. En particulier, Les harpes d'Afrique centrale que l'on rencontre de nos jours et qui sont présentes sous des formes historiques dans les collections muséales, témoignent de la grande diversité de leurs caractéristiques morphologiques et acoustiques, de leurs répertoires et de leurs appellations. Malgré cette diversité, il est possible de reconnaître certaines ressemblances fondées par exemple sur la forme de la caisse de résonance ou la représentation symbolique. D'un point de vue acoustique, cette diversité entraînera sûrement des différences sonores qu'il faudra, dans le cadre de ce projet, quantifier. Lors d'une étude récente [1], nous avons pu mettre en évidence que la constitution et les réglages de l'instrument par le facteur entraînait un comportement non-linéaire ne permettant pas d'utiliser les méthodes classiques de dynamique des structures pour identifier les caractéristiques vibro-acoustiques des instruments pour les comparer. Dans le cadre de ce stage, nous nous orientons vers d'autres méthodes, telles que l'analyse modale opérationnelle [2], dont le principe est d'utiliser le système d'excitation propre à la harpe, c'est à dire les cordes. Jouer une corde permet d'exciter différents modes de vibration suivant la position de la corde, ce qui permet l'identification des propriétés modales: fréquences propres, facteurs d'amortissement modaux et coefficients d'amplitude modale. Dans le cadre du projet Kundi, les outils d'analyse doivent être utilisables par des chercheurs non spécialistes en dynamique des structures ou en traitement du signal et en pouvant être utilisés directement sur le terrain. Les paramètres de réglages des algorithmes doivent donc être réduits au minimum [3, 4] et l'ensemble doit pouvoir être piloté depuis un ordinateur portable ou un smartphone par l'intermédiaire d'une application web. Si le temps le permet, une modélisation complète d'un instrument simplifié pourra être entreprise et confrontée aux résultats expérimentaux. Cette modélisation permettra de faire une étude paramétrique sur les éléments constitutifs de l'instrument.

Les objectifs de ce stage sont donc multiples et font appel à des connaissances et/ou à une forte motivation dans le domaine expérimental ainsi qu'en programmation orientée objet en langage python. Le stage s'articulera autour des trois points suivants:

- 1. Appliquer un algorithme d'analyse modale opérationnelle sur différentes harpes africaines afin de caractériser leur comportement dynamique.*
- 2. Développer une interface graphique apportant une plus grande convivialité à l'utilisateur du programme. L'ensemble des outils sera développé en langage Python (interface graphique et application web).*
- 3. Étendre les possibilités de l'algorithme d'analyse modale opérationnelle dans le domaine non linéaire afin de prendre en compte et de caractériser les vibrations de la peau tendue sur la harpe.*
- 4. Si le temps le permet, un modèle éléments finis de la caisse munie de peau sera entrepris*

Bibliographie

- [1] D. Bedoya, *Acoustique des harpes d'Afrique centrale*, Stage de Master 1 de l'Université Pierre et Marie Curie, 2017.
- [2] B. Chomette et J-L. Le Carrou. *Operational modal analysis applied to the concert harp. Mechanical systems and signal processing*, 56-57, pp. 81-91 (2015).
- [3] Lau J, Lanslots J, Peeters B, et al. *Automatic modal analysis: Reality or myth?* In: *Proceedings of IMAC 25, Orlando, FL, USA, 2007*.
- [4] Mohanty P, Reynolds P and Pavic A. *Automated interpretation of stability plots for analysis of a non-stationary structure*. In: *Proceedings of IMAC 25, Orlando, FL, USA. 2007*.

Public visé

M1 ou M2 Acoustique et vibrations ou Traitement du signal ayant une sensibilité pour la musique et pour la programmation d'interface

Compétences attendues

- *Compétences théoriques et expérimentales : Vibrations, acoustique, traitement du signal*
- *Compétences informatiques : Matlab, programmation en langage Python (une expérience en programmation orientée objet sera fort appréciée)*

Outils utilisés

Matlab et Python

Durée du stage

3 à 5 mois

Lieu du stage

Équipe Lutheries-Acoustique-Musique de l'Institut Jean le Rond d'Alembert
Sorbonne Université – Campus Pierre et Marie Curie

Encadrement

Jean-Loïc Le Carrou, Maître de Conférences HDR UPMC (jean-loic.le_carrou@upmc.fr) - Baptiste Chomette, Maître de Conférences UPMC (baptiste.chomette@upmc.fr)