

JL Le Carrou<sup>1</sup>, D Chadeaux<sup>2</sup> et C Pothrat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Équipe Lutheries-Acoustique-Musique, Institut Jean Le Rond d'Alembert, UMR CNRS 7190, Sorbonne Université

<sup>2</sup> Université Sorbonne Paris Nord, Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak, IBHGC, UR 4494, F-93000, Bobigny, France, Arts et Métiers Institute of Technology, F-75013, Paris

<sup>3</sup>Département STAPS, Université Sorbonne Paris Nord, Bobigny, France

### **Prévention des fatigues musculaires en agissant sur les éléments de lutherie : cas du cordage de la harpe de concert**

Chez le musicien, la répétition de mouvements rapides et répétitifs ainsi que les forces nécessaires pour mettre l'instrument en vibration peuvent causer des pathologies du système neuro-musculo-squelettique. Dans le cas des instruments à cordes pincées, l'effort développé par l'instrumentiste pour mettre les cordes en vibration est directement lié à leur tension et donc à leurs propriétés mécaniques. Le choix du cordage doit donc prendre en considération non seulement la sonorité et le toucher de l'instrument, mais aussi les conséquences musculo-squelettiques pour le musicien. La harpe de concert en est un parfait exemple : avec près de deux tonnes de tension, l'instrumentiste développe un effort en bout de doigt de près de 3 kg pour pincer une corde [1, 2], entraînant, de fait des douleurs pour 74% des harpistes sondés [3]. L'objectif du projet de recherche est de fournir une meilleure compréhension de la manière dont les propriétés des cordes affectent l'acoustique de l'instrument et la biomécanique de la performance instrumentale. Pour cela, neuf harpistes d'expertises variées ont participé à trois expériences. Ils ont joué des séquences musicales définies sur une harpe de concert équipée. Pour chacune des expériences, un cordage différent était monté sur la harpe (Nylon, Nylgut et Fluocarbone) [4]. Dans le même temps, des mesures acoustiques, vibratoires et électromyographiques ont été réalisées. Ces dernières permettent d'estimer l'activation musculaire requise lors de la performance musicale. En combinant ces données à l'amplitude de vibration de la table d'harmonie, nous avons pu comparer, pour des séquences d'arpèges, l'activation des muscles fléchisseurs et extenseurs des doigts et du poignet pour tous les harpistes. Sur le graphique 1 est représenté l'activité de ces muscles du membre supérieur gauche normalisé par la vibration de la table d'harmonie produite pour trois nuances différentes et les trois matériaux étudiés [5]. On peut remarquer que, globalement, l'activité des muscles extenseurs augmente inversement à la dynamique de jeu. Ceci est probablement lié au besoin de l'instrumentiste de contrôler plus précisément son geste en augmentant la stabilisation des articulations, notamment par le biais d'une co-activation musculaire. Concernant l'influence du cordage, on peut remarquer qu'il affecte grandement les muscles fléchisseurs des doigts, l'activation musculaire développée étant d'autant plus importante que la corde est souple. Ce résultat semble indiquer que l'instrumentiste requière un plus grand contrôle lorsque la corde est peu tendue pour, probablement, lui définir l'intention musicale souhaitée.

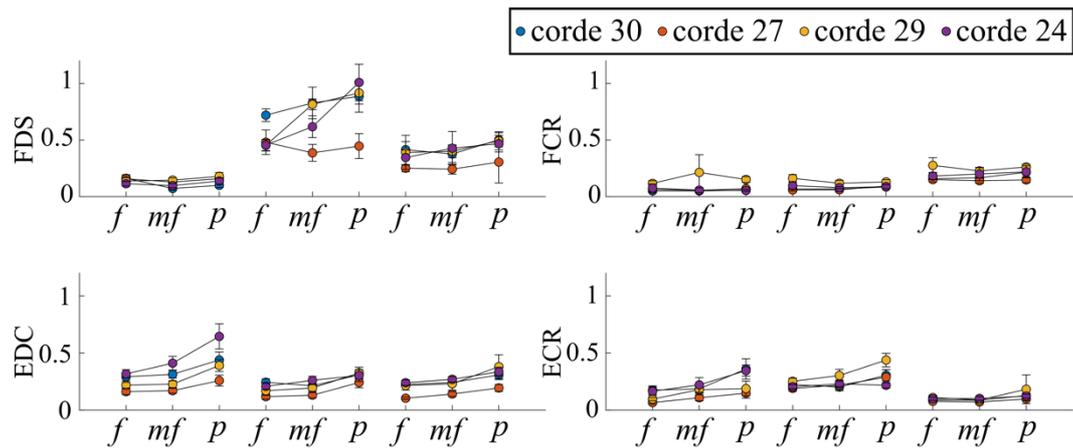


Figure 1: Activation musculaire divisée par l'amplitude de vibration pendant le pincement de 4 notes en fonction de trois nuances et trois cordages. L'activation musculaire est mesurée pour 4 muscles : les fléchisseurs des doigts (FDS) et du poignet (FCR) et les extenseurs des doigts (EDC) et du poignet (ECR). Les données sont moyennées sur l'ensemble des harpistes et les barres d'erreur indiquent un intervalle de confiance à 95% [5].

Ces recherches permettront d'élaborer, à terme, des réflexions sur la pédagogie et sur la facture instrumentale de l'instrument. Ce projet s'est développé dans le cadre de l'Institut Collegium Musicæ de Sorbonne Université, institut pluridisciplinaire fédérant praticiens et chercheurs, réunis autour de la musique comme objet multiple. Le Collegium impulse des projets qui conjuguent une approche transversale de la musique par la synergie créée entre recherche, création musicale, formation, patrimoine et diffusion.

#### Bibliographie

- [1] D. Chadeaux, J-L. Le Carrou, B. Fabre et L. Daudet. Experimentally based description of harp plucking. *Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), pp. 844-855 (2012).
- [2] D. Chadeaux, J-L. Le Carrou et B. Fabre. A model of harp plucking. *Journal of the Acoustical Society of America*, 133(4), pp. 2444-2455 (2013).
- [3] R. Martin. Tension/Détente de la posture du harpiste en Europe occidentale. *Médecine des arts*, 74, 10-16, 2013.
- [4] J-L. Le Carrou, M. Pamies-Vila et D. Chadeaux. Etude du jeu du harpiste. *Congrès Français d'Acoustique*, Le Mans (2016).
- [5] D. Chadeaux, C. Pothrat et J-L. Le Carrou, Stringing and dynamics effects on forearm muscular activity during harp playing, 45eme Congrès de la Société de Biomécanique, Metz (2020).