

PROGRAMME INTITUTS ET INITIATIVES
Appel à projet – campagne 2021
Proposition de projet de recherche doctoral (PRD)
CM - Collegium Musicae

Intitulé du projet de recherche doctoral (PRD): **Qualité de l'archet: de la mécanique à la perception**

Directeur.rice de thèse porteur.euse du projet (titulaire d'une HDR) :

NOM : **Le Carrou** **Prénom :** **Jean-Loïc**

Titre : Maître de Conférences des Universités ou

e-mail : jean-loic.le_carrou@sorbonne-universite.fr

Adresse professionnelle : Campus Pierre et Marie Curie, 44-54/514
(site, adresse, bât., bureau)

Unité de Recherche :

Intitulé : Institut d'Alembert - équipe LAM

Code (ex. UMR xxxx) : UMR7190

École Doctorale de rattachement de l'équipe (future école doctorale du.de la doctorant.e) : **ED391-SMAER**

Doctorant.e.s actuellement encadré.e.s par la.e directeur.rice de thèse (préciser le nombre de doctorant.e.s, leur année de 1^{er} inscription et la quotité d'encadrement) : 1 thèse commencée en 2019 et encadrée à 30%, 2 thèses commencées en 2020, encadrées respectivement à 20 et 50%.

Co-encadrant.e :

NOM : **Fritz** **Prénom :** **Claudia**

Titre : Chargé de Recherche ou HDR

e-mail : claudia.fritz@sorbonne-universite.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : Institut d'Alembert - équipe LAM

Code (ex. UMR xxxx) : UMR 7190

École Doctorale de rattachement : **ED391-SMAER**
Ou si ED non Alliance SU :

Doctorant.e.s actuellement encadré.e.s par la.e co-directeur.rice de thèse (préciser le nombre de



Co-encadrant.e :

NOM : **Ablitzer** Prénom : **Frédéric**
Titre : Maître de Conférences des Universités ou HDR

e-mail : frederic.ablitzer@univ-lemans.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : LAUM, Le Mans
Code (ex. UMR xxxx) : UMR 6613

Choisissez un élément :

École Doctorale de rattachement : Ou si ED non Alliance SU : **ED 602**

Doctorant.e.s actuellement encadré.e.s par la.e co-directeur.rice de thèse (préciser le nombre de doctorant.e.s, leur année de 1^e inscription et la quotité d'encadrement) : 2 thèses commencées en 2018 et encadrées à 30% + 1 thèse commencée en 2020 et encadrée à 60%.

Cotutelle internationale : Non Oui, précisez Pays et Université :

Selon vous, ce projet est-il susceptible d'intéresser une autre Initiative ou un autre Institut ?

Non Oui, précisez Choisissez l'institut ou l'initiative :

Description du projet de recherche doctoral (*en français ou en anglais*) :

Ce texte sera diffusé en ligne : il ne doit pas excéder 3 pages et est écrit en interligne simple.

Détailler le contexte, l'objectif scientifique, la justification de l'approche scientifique ainsi que l'adéquation à l'initiative/l'Institut.

Le cas échéant, préciser le rôle de chaque encadrant ainsi que les compétences scientifiques apportées. Indiquer les publications/productions des encadrants en lien avec le projet. Préciser le profil d'étudiant(e) recherché.

Alors que l'archet, élément essentiel à la production sonore des instruments à cordes frottées, semblait avoir été délaissé par les scientifiques dans l'étude des instruments à cordes frottées jusque dans les années 2000, une série d'articles publiés depuis a permis d'avancer dans la compréhension de l'influence des paramètres de fabrication et de réglage d'un archet sur son comportement mécanique [1,2,3]. De nombreuses études se sont également intéressées à expliciter le lien entre les principaux paramètres de contrôle de l'archet (vitesse, position, force, angle) et le déclenchement ou maintien de l'instabilité vibratoire induite par le contact frottant avec la corde, et par conséquent l'influence de ces paramètres de contrôle sur les attaques et le contenu spectral des notes jouées [4,5,6,7]. D'autres enfin ont exploré l'influence du comportement mécanique de l'archet sur la vibration de la corde frottée [8,9].

Du point de vue du musicien, les qualités de jeu d'un archet se divisent a priori en deux catégories : celles relatives à la jouabilité (aptitude de l'archet à faciliter l'exécution des gestes techniques et à être contrôlé ce qui peut inclure des aspects de confort et d'ergonomie) et celles relatives à la sonorité (influence de l'archet sur le son de l'instrument). Cependant, hormis trois études préliminaires et succinctes [10,11,12], aucune étude approfondie ne s'est intéressée au ressenti des musiciens ni au lien entre ce ressenti et les qualités mécaniques des archets.

L'objectif de cette thèse est donc d'établir des liens entre des descriptions mécaniques des archets et leurs qualités telles qu'évaluées par les musiciens. Le travail envisagé peut se décomposer en trois parties.

Des tests de jeu en aveugle (tests psychoacoustiques accompagnés d'analyses linguistiques) de comparaisons d'archets devront être mis en place à l'instar des divers tests qui ont été faits sur les violons [13,14] ou sur d'autres instruments [15] afin de mieux comprendre comment les musiciens évaluent les qualités d'un archet, à savoir quels sont leurs critères d'évaluation et quels vocabulaires ils utilisent, s'ils sont d'accord entre eux,... Les archets utilisés seront caractérisés mécaniquement (module d'élasticité du bois, tension de la mèche, force critique de flambement de la baguette...) grâce au banc de mesure qui a été développé dans le cadre du projet Plateforme d'Aide à la Fabrication Instrumentale [16]. Ceci permettra de formuler des hypothèses sur le lien entre propriétés mécaniques et qualités de jeu et de sonorité.

Par ailleurs, il sera fondamental de mieux comprendre l'interaction du musicien avec son instrument



via l'archet et en particulier étudier finement ce qu'il se passe lorsque des musiciens jouent un même instrument avec différents archets. Des expériences seront ainsi mises en place pour mettre en relation la perception du musicien, les propriétés mécaniques des archets, les modifications de gestes de contrôle (force, vitesse, position, angle) et les modifications de réponse acoustique de l'instrument (spectre, durée des transitoires d'attaque, niveau sonore, ...). Pour cela, nous utiliserons un dispositif [17] qui consiste à obtenir les paramètres de contrôle par de la capture de mouvement optique (grâce à une dizaine de caméras dans l'infrarouge et des marqueurs réfléchissants disposés sur l'archet et l'instrument) - ce qui donne accès à la vitesse et à la position mais nécessite des calibrages très fins pour obtenir la force d'appui de l'archet sur la corde, dont la méthode inverse permettant de l'estimer pourra être améliorée et éprouvée dans le cadre de cette thèse. En complément, des cellules piezoélectriques placées judicieusement sur le chevalet de deux violoncelles permettent de capter, de manière synchrone avec les mesures gestuelles, la vibration des cordes, ce qui permet d'obtenir des informations comme les transitoires d'attaque qui sont difficiles à obtenir avec une simple prise de son. Par ailleurs, un dispositif d'électromyographie (EMG) placé sur la bras pourra aussi être utilisé afin de mesurer les activations musculaires des instrumentistes suivant les archets, à l'instar de ce qui a été fait par exemple sur la harpe [18]. Ceci permettra d'aborder la qualité des archets d'un point de vue confort et ergonomie en plus des aspects techniques de jeu et qualité sonore.

Un troisième volet consistera à aborder le problème du point de vue de la modélisation, en prenant en compte les caractéristiques dynamiques d'un archet dans un modèle physique de corde frottée. L'archet pourra par exemple être représenté par un système mécanique à quelques degrés de liberté, ou encore au moyen d'un modèle modal dont les paramètres seront identifiés à partir de fonctions de transfert mesurées, en prenant en compte les contraintes et amortissements apportés par l'instrumentiste. Dans ce modèle, les degrés de liberté correspondant au contrôle du musicien (geste) pourront être pilotés avec des données cinématiques issues de la capture de mouvement.

Différentes applications de ces travaux sont déjà envisagées et s'articulent suivant trois volets.

Lutherie. Le développement, en collaboration avec des archetiers (Nelly Poidevin, Jean Grunberger), du banc de mesure cité plus haut a abouti à un outil d'aide à la facture permettant la caractérisation mécanique d'archets en atelier. Cependant, les possibilités de prototypage virtuel offertes par les modèles numériques développés dans ce contexte [2] n'ont pas été exploitées, en raison d'une compréhension encore trop partielle des liens entre les caractéristiques mécaniques prédites par ces modèles et les qualités de jeu perçues par les musiciens. La meilleure compréhension de ces liens que vise la thèse permettra d'utiliser l'outil pour valider des choix de conception ou de réglage vis-à-vis de qualités de jeu attendues.

Musicologie. Cette étude apportera des informations pour mieux comprendre l'évolution de la tenue d'archet et de la posture avec l'évolution des archets, et s'il faut vraiment revenir à des postures/tenues de l'archet "d'époque" pour jouer de manière historiquement informée. La question en jeu sur ce point particulier est jusqu'où faut-il aller dans l'interprétation HIP ? Pourquoi la posture n'est-elle jamais prise en compte et cela a-t-il un sens de le faire, pour qui prétend expérimenter un jeu historiquement informé ? En fonction des résultats obtenus, il pourrait s'agir d'un vrai bouleversement dans l'appréhension du jeu HIP qui ignore jusqu'à présent cette question, en France comme à l'étranger. Jean-Pierre Bartoli (Professeur, IREMUS) et Cécile Kubik (violoniste et musicologue, chercheuse associée au LEGS) ont d'ores et déjà accepté d'apporter leur contribution sur ce volet.

Organologie et patrimoine. Une étude préliminaire menée sur un corpus de 16 archets de la collection du musée de la Musique à Paris a révélé une grande variabilité des caractéristiques mécaniques [19]. L'analyse seule de ces données n'a cependant pas permis de tirer des conclusions claires sur les conséquences en termes de qualités de jeu (jouabilité, sonorité) et sur les conséquences possibles pour le jeu à diverses époques ainsi que pour les évolutions des archets. Le



travail de modélisation réalisé dans cette thèse pourrait permettre de simuler l'effet de plusieurs archets de la collection sur le son d'un instrument donné et faire ainsi "rejouer" virtuellement des archets d'exception, en alimentant les modèles avec des données gestuelles et les caractéristiques mécaniques des archets. C'est Stéphane Vaiedelich qui sera notre interlocuteur privilégié pour ce volet.

Bibliographie

- [1] Ablitzer, F., Dalmont, J.-P., Dauchez, N. (2012) "Static model of a violin bow: Influence of camber and hair tension on mechanical behavior". *JASA* 131, 773–782.
- [2] Ablitzer, F., Dauchez, N. & Dalmont, J.-P. (2012) "A Predictive Model for the Adjustment of Violin Bows". *AAA* 98, 640–650.
- [3] Gough, C. (2011) "The violin bow: Taper, camber and flexibility". *JASA* 130 4105–4116.
- [4] Guettler, K. (2002) "On the creation of the Helmholtz motion in the bowed string" *AAA* 88, 970-985.
- [5] Woodhouse J. & Galluzzo P. M. (2004), "The bowed string as we know it today," *AAA* 90(4), 579–589.
- [6] Schoonderwaldt, E. (2009) "The violinist's sound palette: spectral centroid, pitch flattening and anomalous low frequencies". *AAA* 95(5), 901-914.
- [7] Guettler K. (2010), "Bows, strings, and bowing," in *Science of String Instruments*, edited by T. D. Rossing, Springer, New York, Chap. 16, pp. 279–299.
- [8] Gough, C. (2012) "Violin bow vibrations". *JASA* 131(5), 4152-4163.
- [9] Guettler K. & Askenfelt A. (1995) "Relation between bow resonances and the spectrum of a bowed string". *Proc. ISMA, Dourdan, France*.
- [10] Askenfelt A. & Guettler K. (1999), "Quality aspects of violin bows", *JASA* 105.
- [11] Askenfelt A. & Guettler K. (2001) "Bows and timbre — myth or reality?" *Proc. ISMA, Perugia, It.*
- [12] Ablitzer, F. (2011) "Influence des paramètres mécaniques et géométriques sur le comportement statique de l'archet de violon en situation de jeu". Thèse de doctorat, Université du Mans.
- [13] Saitis, C., Giordano, B. L., Fritz, C., & Scavone, G. P. (2012) "Perceptual evaluation of violins: A quantitative analysis of preference judgments by experienced players," *JASA* 132, 4002–4012.
- [14] Fritz C., Curtin J., Poitevineau J., Borsarello H., Wollman I., Tao F.-C. & Ghasarossian T. (2014) "Soloists evaluations of six Old Italian and six new violins". *PNAS* 111 (20) 7224-7229.
- [15] Paté A., Le Carrou J.-L., Navarret B., Dubois D. & Fabre B. (2015). "Influence of the Electric Guitar's Fingerboard Wood on Guitarists' Perception". *AAA* 101, 347-359.
- [16] Ablitzer, F., Dalmont, J.P. & Dauchez, N. (2012) "Characterization and modelling tools for bow making." *Acoustics 2012, Nantes, France*.
- [17] Wofford, T. (2018) "Study of the interaction between the musician and the instrument. Application to the playability of the cello". PhD dissertation, SU.
- [18] Chadeaux D., Pothrat C. & Le Carrou J.-L. (2020) "Stringing and dynamics effects on forearm muscular activity during harp playing", 45eme Congrès de la Société de Biomécanique, Metz.
- [19] Ablitzer, F. & Poidevin, N. (à paraître) *Analyse mécanique de l'archet de violon: vers un outil d'aide à la facture*. In *Le violon en France du XIXe siècle à nos jours*, ed. C. Fritz et S. Moraly. Collection Instrumentarium. Paris, Collegium Musicae.

Note: JASA= J. Acoust. Soc. Am. / AAA= Acta Acustica united with Acustica

Profil Recherché

Candidat avec un bagage solide en mécanique et acoustique ayant un intérêt fort pour la musique et la perception. Être un instrumentiste à cordes frottées serait un atout indéniable.

**Merci d'enregistrer votre fichier au format PDF et de le nommer :
«ACRONYME de l'initiative/institut – AAP 2021 – NOM Porteur.euse Projet »**

***Fichier envoyer simultanément par e-mail à l'ED de rattachement et au programme :
cd_instituts_et_initiatives@listes.upmc.fr avant le 20 février.***