

Titre du doctorat

Pratiques du technicien piano : Analyse, compréhension et modélisation.

Laboratoires

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes, LS2N (UMR CNRS 6004)
– Ecole Centrale de Nantes, 1 rue de la Noë, BP92101, 44321 NANTES
Cedex 3

Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans, LAUM (UMR CNRS 6613),
Av. olivier Messiaen, 72085 Le Mans.

Encadrants

Directeur de thèse : Jean-François PETIOT (Professeur, Ecole Centrale de Nantes, LS2N (UMR CNRS 6004))

Co-encadrant : Romain VIALA (ITEMM, LAUM (UMR CNRS 6613))

Collaboration avec l'ITEMM (Institut Technologique Européen des Métiers de la Musique, Le Mans).

Résumé

L'histoire de la facture du piano a connu un foisonnement d'inventions et d'expérimentations, associées à l'expertise de ses spécialistes (techniciens/accordeurs manufactures). Sa complexité fait de lui un des rares instruments que le musicien ne peut pas accorder ni régler lui-même. C'est pourquoi cette pratique fait l'objet du métier du technicien/accordeur piano, qui doit prendre en charge les réglages et ajustements en fonction du dialogue avec le musicien. Celui-ci rencontre souvent une difficulté à verbaliser ses souhaits car le vocabulaire est pauvre pour parler des sons et des ressentis. Le technicien traite et retranscrit alors les souhaits du musicien en termes d'ajustements mécaniques de l'instrument afin d'obtenir un résultat sonore qui lui semble adapté à ce qui est demandé. Néanmoins, un grand nombre de ces pratiques demeure le fruit d'expériences empiriques. Les facteurs et techniciens de piano continuent à s'appuyer largement sur leur perception auditive subjective, leur expérience du métier et leur compréhension des attentes du musicien pour accomplir leur travail.

L'objectif de ce travail de thèse est de formaliser la relation entre les gestes du technicien et le résultat sonore, tel que perçu par le musicien. Il aborde à la fois des considérations acoustiques et mécaniques (par les réglages sur le piano), des considérations psychoacoustiques, liées aux perceptions du musicien et du technicien, ainsi que des éléments sémantiques relatifs à la description de percepts.

Le travail s'effectuera en collaboration avec l'ITEMM (Institut Technologique Européen des Métiers de la Musique) et s'appuiera sur l'expertise de formateurs techniciens piano de l'ITEMM.

Keywords: acoustique et vibrations, conception centrée utilisateur, psychacoustique, caractérisation sémantique

Description

L'étude de l'interaction entre l'homme et son instrument, dans le domaine de la recherche en acoustique musicale, a été abordée de multiples manières dans le cas du geste du musicien [1] [2]. Dans le cas du piano, la prise en considération d'un technicien au contact de l'instrument n'est que très récente [3]. C'est dans cette optique que se situe ce projet, à savoir la mise en lumière des phénomènes physiques qui apparaissent lors de l'intervention d'un technicien, allant du geste qu'il effectue jusqu'à la perception du son produit par le piano en aval, en passant par les phénomènes vibratoires et acoustiques qui composent sa dynamique en fonction du résultat sonore.

Cette thèse a pour objectif premier d'observer, d'analyser et de quantifier ces pratiques, en mettant un accent particulier sur l'accordage, une pratique complexe de par les multiples paramètres mécaniques et auditifs qu'elle met en jeu. En effet en raison de la rigidité et de l'épaisseur de ses cordes, le piano produit des sons inharmoniques : les partiels d'une note se situent légèrement au-dessus des multiples de la fréquence fondamentale. Le technicien va chercher à faire en sorte que les fréquences partielles proches de deux notes (lorsqu'on joue un intervalle) soient aussi proches que possible afin d'éviter que des battements gênants soient perçus par l'oreille. Ce phénomène auditif est d'autant plus important à prendre en compte lorsque l'on considère les notes médiums et les aiguës. De plus, dans ces plages, chaque note est constituée de trois cordes (chœur) qui doivent être ajustées pour sonner ensemble et produire des unissons, mais un travail autour de ces unissons, en décalant légèrement les trois fondamentales est également effectué, en fonction des souhaits des musiciens.

Si l'on considère en plus de cela la demande des musiciens - exigeante et qui peut manquer de précision - et le fait que la musique moderne est principalement basée sur un tempérament égal, l'accordeur doit réaliser un compromis perceptif en fonction d'objectifs souvent contradictoires. La compréhension des phénomènes perceptifs qui constituent cette pratique a donc fait récemment l'objet d'études psychoacoustiques [4]. Les recherches sur le sujet ont souvent mené à des algorithmes d'accordages [5], avec des résultats prometteurs mais pas toujours satisfaisants sur l'ensemble de la gamme de fréquences du piano.

L'accordage du piano

Cette étude portera donc plus précisément sur le geste de la main du technicien lors de la rotation de la clé d'accordage pour tendre ou détendre les cordes individuellement et ainsi faire varier légèrement la fréquence fondamentale de celles-ci. Ce geste sera mis en relation avec des expériences qui mettent en avant les sensations auditives mobilisées que sont principalement la dissonance sensorielle [6] et l'intensité des fluctuations entre deux partiels de fréquences proche quand les notes sont jouées simultanément [7], ainsi qu'avec la réponse mécanique du piano par le déplacement de la cheville et la dynamique vibratoire et acoustique des cordes.

L'harmonisation du piano

Le cas de l'harmonisation du piano fera l'objet d'une seconde partie. Elle consiste pour le facteur à ajuster les propriétés de densité du feutre du marteau, en le ponçant ou piquant, pour obtenir un son satisfaisant [8] [9]. C'est une opération délicate, car elle est irréversible et peut causer des dégâts importants sur les têtes de marteaux qui peuvent nécessiter d'être changées. Là encore, le critère auditif est de mise, complété par le toucher du feutre. La plupart des études expérimentales du comportement du feutre du marteau de piano sur la corde menées jusqu'à ce jour ont consisté à mesurer la compression du feutre et la force à laquelle il est soumis lors d'un impact résultant du lancer de marteau sur une

surface le plus souvent rigide et immobile [10]. Ces mesures restent des mesures d'impact libre dans des conditions qui ne sont pas celles du piano puisque le marteau heurte une surface immobile et avec une forte inertie. Les études réalisées étaient destinées à la conception de modèles fiables quant au comportement réel du choc [11]. Cette thèse approfondira les relations qui existent entre le piquage du feutre et le son résultant, comme cela a déjà été proposé expérimentalement par le passé [12].

Réglage du clavier

La participation d'accordeurs spécialistes et en apprentissage à l'ITEMM permettra l'organisation d'expériences portant plus spécifiquement sur la question du réglage du clavier. En effet pour satisfaire les souhaits du musicien en terme de ressenti au niveau du toucher du clavier, l'accordeur va utiliser différentes techniques :

- Le poids des touches : la méthode pour régler le poids des touches est celle du plombage qui consiste à placer une certaine quantité de plombs dans la touche. L'équilibrage du toucher dépend de la combinaison du poids du marteau, de la profondeur d'enfoncement et de la masse du plombage.
- L'enfoncement : on règle à la fois la hauteur de la touche au niveau et sa hauteur en enlevant ou rajouter des mouches en feutre.
- Le jeu latéral : Les mortaises sont des petits carrés de feutre qui sont collés sur les parois d'une fente aménagée au centre de la touche. Leur épaisseur détermine ainsi le jeu latéral des touches du piano. On peut augmenter ce jeu à l'aide d'une pince à mortaises.
- L'espacement : cet espacement se règle, pour chaque touche, par une torsion latérale des pointes d'enfoncement et de balancier à 3 niveaux. Au centre, à l'avant et à l'arrière de la touche.

En s'appuyant sur des études perceptives sur la qualité du toucher dans les sonorités du piano [13], il s'agira ici en particulier d'étudier les relations qui existent entre le souhait du pianiste, son ressenti au toucher du clavier et les réglages nécessaires pour arriver au résultat escompté. Enfin, des problèmes plus spécifiques, tels que les conditions aux limites des cordes, la répartition des charges au niveau du chevalet et de la table pourront être abordés.

Contributions Attendues

Les contributions escomptées de cette thèse englobent une compréhension plus précise des phénomènes physiques à l'œuvre entre les réglages et actions du technicien sur l'instrument, le résultat sonore obtenu et la demande des musiciens. Un second objectif consistera à développer des modèles prédictifs, offrant aux techniciens des outils pratiques pour anticiper de manière non-invasive le comportement du piano suite à leurs interventions, et d'établir des diagnostics en se basant sur des observables quantifiées. Cette recherche pourrait également favoriser une approche plus scientifique et objective dans le domaine de la facture de piano, encourageant ainsi l'innovation [14]. Elle offre l'opportunité d'apporter une contribution significative à la profession des techniciens de piano, à l'apprentissage de celle-ci et à l'industrie du piano dans son ensemble.

Bibliographie

- [1] Delphine Chadefaux, Jean-Loïc Le Carrou, Benoit Fabre, and Laurent Daudet. Experimentally based description of harp plucking. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131 :844–55, 01 2012.
- [2] Nicolas Rasamimanana. Geste instrumental du violoniste en situation de jeu : analyse et modélisation. Theses, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, March 2008.
- [3] Alicia Deseille, Romain Viala, and Jérémy Cabaret. Étude du geste de l'accordeur de piano : instrumentation et analyse des types de geste. Conference : Journée Innovation et Piano, Octobre 2022.
- [4] Sneha Shah and Vesa Välimäki. Automatic tuning of high piano tones. *Applied Sciences*, 10 :1983, 03 2020.
- [5] Haye Hinrichsen. Entropy-based tuning of musical instruments. *Revisa Brasileira de Ensino de Fisica*. Vol. 34, N°2, 2301 (2012)
- [6] Nicholas Giordano. Explaining the railsback stretch in terms of the inharmonicity of piano tones and sensory dissonance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138 :2359–2366, 10 2015.
- [7] André Menrath. Towards libre piano tuning software based on psychoacoustic features. University of Music and Performing Arts Graz, June 2021. Toningenieur-Projekt für das Masterstudium Elektrotechnik- Toningenieur.
- [8] M. Robichon. L'harmonisation de piano à queue, Module BMA. ITEM, 2022.
- [9] Walter Pfeiffer. *Le Marteau du Piano*. coédition ITEM et AFARP, 2002. Livre 150 pages, format 16×24cm, monochrome, broché souple. Traduction : Marc Valdeyron. Édition originale en 1968.
- [10] H. Suzuki and I. Nakamura. Acoustics of pianos. *Applied Acoustics*, 114 :1095–1107, 1990.
- [11] X. Boutillon. Model for piano hammers: Experimental determination and digital simulation. *J. Acoust. Soc. Amer.*, 83(2) :746–754, 1988.
- [12] Malena Fouillou, Romain Viala, and Jérémy Cabaret. Caractérisation des effets de l'harmonisation sur la corde, étude de l'impact. Conference : Journée Innovation et Piano Octobre 2022.
- [13] Werner Goebel, Roberto Bresin, and Ichiro Fujinaga. Perception of touch quality in piano tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136 :2839, 11 2014.
- [14] Sonja Petersen. Craftsmen-turned-scientists? the circulation of explicit and working knowledge in musical-instrument making, 1880–1960. *Osiris*, 28(1) :212–231, January 2013. Accessed : 18-09-2023 09 :30 +00 :00.

Short CV of the supervisors

A) Jean-François PETIOT (Professeur, Ecole Centrale de Nantes, LS2N (UMR CNRS 6004))

Research themes

Design science; user-centered design; musical acoustics

Publications (extract)

Jean-François PETIOT. A genetic approach for the interactive design of sounds: Application to electric vehicles. In *Non Food Sensory Practices*. Edited by Anne-Marie Pensé-Lhéritier, Irène Bacle, Julien Delarue. ELSEVIER, Woodhead publishing series in Food Science, Technology and Nutrition, 2021.

Félix Gontier, Vincent LOSTANLEN, Mathieu LAGRANGE, Nicolas FORTIN, Catherine LAVANDIER, and Jean-François PETIOT, "Polyphonic training set synthesis improves self-supervised urban sound classification", *The Journal of the Acoustical Society of America* 149, 4309-4326 (2021) <https://doi.org/10.1121/10.0005277>.

Tournemenne R., Petiot J.-F., Talgorn B., Gilbert J., Kokkolaras M. Sound simulation-based design optimization of brass wind instruments. *J. Acoust. Soc. Am.* 145(6), June 2019. DOI: 10.1121/1.5111346.

Aurélien Moyon, Emilie Poirson & Jean-François Petiot (2019) Development of an acceptance model for occupational exoskeletons and application for a passive upper limb device, *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 2019, 7 (3-4), pp 291-301. DOI: 10.1080/24725838.2019.1662516. Lafay, G., Rossignol, M., Misdariis, N., Lagrange M., Petiot J.-F. Investigating the perception of soundscapes through acoustic scene simulation. *Behavior Research Methods*, 2019, 51(2), 532-555. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1138-0>.

Gloaguen, Jean-Rémy ; Can, Arnaud ; Lagrange, Mathieu ; Petiot, Jean-François. Road traffic sound level estimation from realistic urban sound mixtures by Non-negative Matrix Factorization. *Applied Acoustics*, 143, (2019), 229-238, doi: 10.1016/j.apacoust.2018.08.018

B) Romain VIALA (ITEMM, chercheur associé, LAUM (UMR CNRS 6613))

Research themes

Acoustics of musical instruments, Materials for musical instruments, Uncertainty quantification in structural mechanics, material characterisation.

Publications (extract)

R. VIALA, V. PLACET, E. FOLTÊTE, S. COGAN, *Model-based ranking of the influence of geometrical, material and climatic parameters on the eigenmodes and bridge admittance of the violin: predominance of violin makers geometrical choices*, *Applied acoustics*, under review.

R. VIALA, J. CABARET, M. SEDIGHI-GILANI, V. PLACET, S. COGAN, *Effect of indented growth rings on spruce wood mechanical properties and subsequent violin dynamics*, *Holzforschung*, 2023,

V. ALMANZA, R. VIALA, et al., *Physics-based simulations for assessing the playability of heritage musical instruments: Impact of the soundboard assembly process on its low frequency behaviour*, Applied acoustics 214, 109672, 2023.

R. VIALA, V. PLACET, S. COGAN, *Model-based evidence of the dominance of the guitar brace design over material and climatic variability for dynamic behaviors* Applied acoustics, 172, 2022.

R. VIALA, M. PEREZ, V. PLACET, A. MANJON, E. FOLTETE, S. COGAN, *Towards model-based approaches for the study of musical instruments, part I: validation of the model of a Spanish guitar soundboard and characterization features proposal*, Applied acoustics, 172, 2021.

R. VIALA, V. PLACET, S. COGAN, *Non-destructive identification of multiple elastic and damping properties of spruce tonewood at once for the improvement of its grading*, Journal of Cultural Heritage, 42, 108-116, 2020.

R. VIALA, V. PLACET, S. COGAN, *Identification of the anisotropic elastic and damping properties of complex shape composite parts using an inverse method based on finite element model updating and 3D velocity fields measurements (FEMU-3DVF): Application to bio-based composite violin soundboard*, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 106, 91–103, 2018.