

L'expressivité du clavicorde : mécanique, vibroacoustique, perception, performance.

Directeur de thèse :

Christophe d'Alessandro (IJLRDA, équipe « Lutherie Acoustique Musique) Codirecteur de thèse :
Clément Canonne (STMS, équipe « Analyse des Pratiques Musicales »)

Résumé du sujet :

A cause du contact direct de la touche et de la corde, le clavicorde est souvent considéré comme le plus expressif

des instruments à clavier, d'une haute valeur pédagogique, malgré son relativement faible niveau sonore. L'objet de cette thèse est l'étude de l'expressivité de l'instrument, c'est à dire des possibilités de nuancer le son au service de la musique par les moyens mécaniques de l'instrument et le jeu de l'instrumentiste. Pour cela il faut considérer d'une part les aspects mécaniques (impact corde/tangent), vibroacoustiques (rôle des cordes, de la table d'harmonie, de la structure), acoustiques (dynamique, spectre, rayonnement de l'instrument). L'étude du fonctionnement et du rayonnement de l'instrument sera développée notamment par la modélisation mécanique et l'analyse des chemins de transfert. L'autre versant de l'étude concerne le jeu musical sous les aspects sensorimoteurs et perceptifs. Une approche robotique sera utilisée pour simuler la boucle de perception-action dans le geste de contrôle du musicien. Les résultats seront confrontés aux sources organologiques (instruments historiques), musicologiques (répertoire, traités didactiques) et à la pratique musicale. L'expérimentation portera sur la mesure vibroacoustique et acoustique ainsi que sur l'analyse du jeu de musiciens.

Sujet développé

Contexte

Le clavicorde est le plus doux et sans doute le plus expressif des instruments à clavier. Il se répand dès le XIV^{ème} siècle, contemporain de l'orgue gothique, et sans doute avant les instruments de la famille des clavecins (clavicymbalum, clavictherium). Le clavicorde évolue considérablement, jusqu'au début du XIX^{ème} siècle, cédant alors sa place d'instrument domestique privilégié au piano, avant de renaître quelques décennies plus tard dans un premier mouvement de retour à la « musique ancienne ».

La mécanique du clavicorde est très simple, puisque la corde est contrôlée directement par le doigt au moyen d'un clavier à balancier, par la médiation du tangent. La simplicité de ce mécanisme exige une rigueur extrême dans la facture et dans le jeu de l'instrument, en offrant un contrôle très subtil du son produit.

En dépit de ses qualités musicales, le clavicorde a fait l'objet de peu d'études mécaniques et acoustiques systématiques. C'est pourtant un objet d'étude particulièrement intéressant, pour son rôle musical, mais aussi pour l'étude des propriétés du clavier comme interface musicale. La simplicité du mécanisme permet un contrôle très subtil par l'interprète, offrant à celui-ci des ressources expressives spécifiques. L'étude du jeu musical au clavicorde est donc un aspect important de ce projet de thèse, d'une part, en exploitant les sources musicologiques et organologiques, d'autre part, en questionnant la pratique d'interprètes actuels. Notre équipe de recherche mène un projet au long cours sur l'étude scientifique du clavicorde, dans lequel s'insère le présent projet doctoral.

Objectifs

L'objet de cette thèse est l'étude de l'expressivité de l'instrument, c'est à dire des possibilités de nuancer le son dans le jeu musical, en utilisant les moyens offerts par la mécanique de l'instrument. Pour cela il faut étudier en détail le fonctionnement de l'instrument, en particulier la mécanique de l'impact entre corde et tangent. Ensuite les aspects vibroacoustiques (corde, table d'harmonie, chevalet, structure) sont étudiés afin de caractériser et de modéliser le son rayonné de l'instrument. Les aspects mécaniques et acoustiques doivent être mis en rapport avec le geste de contrôle du musicien et la perception de l'effet produit. Le contrôle direct de la corde par le doigt implique un mode de jeu particulier : il faut contrôler à la fois la vitesse et le déplacement de la touche (c'est le « paradoxe » du clavicorde). Dans ce cadre, la boucle de perception-action dans le jeu du clavicorde semble particulièrement importante. Comprendre l'interaction musicien-instrument est donc un des objectifs de la thèse. L'hypothèse que les modes de jeu historiquement attestés de cet instrument visent en particulier à optimiser le contrôle en minimisant le paradoxe du clavicorde sera testée à partir d'entretiens et d'observations avec des interprètes de clavicorde. De même, les conséquences expressives du contrôle gestuel que demande l'instrument seront abordées par le biais d'expériences avec des musiciens, dans la lignée des études en musicologie empirique et psychologie de la musique sur l'expressivité de la performance musicale (Fabian et al., 2014). Ces expériences permettront de mettre en évidence les stratégies expressives spécifiques déployées par les clavicordistes, en particulier par rapport aux autres instruments à clavier et à cordes qui ont déjà fait pu faire l'objet de premières études (voir par exemple Gingras et al., 2016 sur le clavecin).

Méthodologie

Le sujet est interdisciplinaire, portant sur la mécanique et l'acoustique, mais aussi sur la musicologie de l'interprétation. Le travail comprend une partie expérimentale en mécanique et acoustique, une partie de modélisation et simulation, une partie d'analyse du mouvement de jeu, et une partie d'analyse de l'interprétation.

Pour la partie expérimentale, les mesures vibratoires et acoustiques, l'instrument sera équipé de capteurs (microphones, accéléromètres, vibromètres, capteur de déplacement laser, fourches optiques). Les mesures donneront une image du comportement vibratoire et des propriétés acoustiques d'un instrument, ou d'un ensemble d'instruments.

Les comportements des différentes parties, puis de l'instrument entier seront modélisés. Les simulations numériques seront comparées aux données expérimentales pour validation.

L'étude du rayonnement par les moyens classique (antenne de microphones en chambre anéchoïque) sera étendue par l'analyse des chemins de transfert. Il s'agit, à l'aide d'un réseau de capteurs vibratoires et sonores, d'identifier les principales sources vibratoires contributives dans le son rayonné, tel qu'il parvient aux auditeurs.

Pour l'étude du geste de contrôle, le jeu de musiciens sera étudié à l'aide du clavicorde équipé de capteurs. Grâce à un robot spécialement développé pour actionner une touche de clavier, les hypothèses sur la conséquence acoustique des gestes de contrôle pourront être testées systématiquement, ainsi que le rôle de la boucle de perception-action dans le jeu du clavicorde. Des expériences perceptives contrôlées seront également organisées à partir des stimuli ainsi produits, en contrôlant pour les éventuels effets liés à la perception multimodale du jeu instrumental.

Enfin, la participation de musiciens spécialistes de l'instrument permettra l'organisation d'expériences portant plus spécifiquement sur la question des stratégies expressives des interprètes. Il s'agira en particulier d'étudier la manière dont le contrôle dynamique accru conféré par le clavicorde interagit avec les stratégies plus spécifiquement temporelles mobilisées sur d'autres instruments à clavier (Kroll 2004).

Résultats attendus

Cette thèse marquera un progrès notable dans l'étude de cet instrument, qui connaît par ailleurs un regain d'intérêt dans le monde musical. Les résultats attendus portent sur :

- les questions ouvertes sur l'acoustique du clavicorde : mécanique de l'excitation de la corde par impact, effet des paramètres de facture, rayonnement, qualités acoustiques des différents modèles d'instruments.
- l'étude de l'interface clavier et de son expressivité, en particulier dans le cas de la liaison corde- doigt que le clavicorde impose, avec une boucle perception-action plus courte que pour d'autres instruments à clavier.
- l'analyse de la pratique d'interprétation au clavicorde (en comparaison avec d'autres instruments, comme l'orgue, le clavecin, le piano-forte).

Prérequis

Ce sujet demande des connaissances générales en acoustique et en musicologie. Le travail impliquera de la modélisation et de l'expérimentation. Des connaissances sur les instruments à clavier et la facture instrumentale, en musique et musicologie seraient un avantage, elles seront acquises sinon au cours du doctorat.

Références :

1. B.Brauchli, *The Clavicord*, (Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1998).
2. S.Thaiwtes and N.H. Fletcher 'Some notes on the clavichord', *J. Acoust. Soc. Am.* 69, 1476-1483 (1981).
3. V. Välimäki, M. Laurson, and C. Erkut, "Commuted waveguide Synthesis of the Clavichord", *Comp. Mus. J.* 27, 71-82 (2003).
4. C. d'Alessandro, B. F.G. Katz, "Tonal quality of the clavichord: the effect of sympathetic strings", proceedings of . International Symposium on Musical Acoustics, ISMA 2004, Nara, Japon, 1-P1-7, 2004, 4 pages.
5. C. d'Alessandro "On the dynamics of the clavichord: From tangent motion to sound" *J. Acoust. Soc. Am.*, 128(4), 2010, p. 2173-2181
6. J.L. Le Carrou, F. Gautier, R. Badeau. Sympathetic string modes in the concert harp. *Acta Acustica united with Acustica*, Hirzel Verlag, 2009, 95 (4), p.744-752.
7. A. Paté, J.L. Le Carrou, A. Givois, and A. Roy, « Influence of plectrum shape and jack velocity on the sound of the harpsichord: An experimental study. », *J Acoust Soc Am.*, 141(3):1523-1534., 2017
8. Jin Jack Tana, Antoine Chaigne, Antonio Acri Operational transfer path analysis of a piano, *Applied Acoustics* 140 (2018) 39-47
9. Jean-Théo Jiolat, Jean-Loïc Le Carrou, and Christophe d'Alessandro, "Whistling in the clavichord", *The Journal of the Acoustical Society of America* 153, 338-347 (2023) <https://doi.org/10.1121/10.0016825>
10. Jean-Théo Jiolat, Christophe d'Alessandro, Jean-Loïc Le Carrou, José Antunes « Towards a physical model of the clavichord », *J. Acoust Soc. Am.*, *The Journal of the Acoustical Society of America* 150 (4), 2350-2363 (2021); doi: 10.1121/10.0006438
11. Christophe d'Alessandro, « Le paradoxe du clavicorde et la technique de Bach au clavier », *Revue musicale OICRM*, vol. 6, no 1, 2019, p. 87-112.
12. La sympathie dans les cordophones à clavier : réverbération et résonance, de l'organologie à l'esthétique (à paraître, presses universitaires de Lyon).
13. Gingras, B., Pearce, M. T., Goodchild, M., Dean, R.T Wiggins, G. & McAdams, S. (2016). Linking melodic expectation to expressive performance timing and perceived musical tension. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(4), 594.

14. Fabian, D., Timmers, R., & Schubert, E. (Eds.). (2014). *Expressiveness in music performance: Empirical approaches across styles and cultures*. Oxford University Presse, USA.
15. Kroll, M. (2004). *Playing the harpsichord expressively: a practical and historical guide*. Scarecrow Press.