



SORBONNE  
UNIVERSITÉ



ISEN  
ALL IS DIGITAL!



## Étude de dispositifs de médiation vibrotactiles



Ce sujet de thèse s'inscrit dans le cadre du projet de recherche STACCATO (Médiation vibrotactile pour la pratique musicale partagée). Financé par l'ANR, le programme est coordonné par l'équipe LAM de l'Institut Jean le Rond d'Alembert et regroupe quatre autres partenaires : l'IREMus (Sorbonne Université), l'IEMN (ISEN Lille), le CRPMS (Université de Paris) et le laboratoire PRAXILING (Université Paul Valéry Montpellier 3).

### Contexte général :

La perception spécifiquement vibrotactile relève de la modalité sensorielle du toucher qui est omniprésente dans notre expérience du monde, puisqu'elle permet de nous orienter, d'identifier et de (re)connaître notre environnement. La modalité tactile a ceci de particulier qu'elle utilise des récepteurs distribués sur tout le corps, permet la perception sans intentionnalité et favorise une expérience personnelle et intime.

Avec le développement rapide d'interfaces contrôlables via les outils du numérique, l'expérience vibrotactile devient un objet de recherche prometteur pour son utilité dans les domaines de l'augmentation et de la suppléance perceptive. Les progrès techniques récents ont permis un renouvellement de l'offre de dispositifs pour les personnes en situation de handicap (des prothèses électroniques en implants par exemple).

Plus particulièrement, les recherches sur la perception des vibrations, connaissent depuis les dix dernières années un intérêt croissant dans le domaine de l'expérience musicale (voir par exemple les conférences NIME, HAID, TEI ainsi que [Genevois 2009]). Par ailleurs, des dispositifs de médiation culturelle innovants ont été testés lors d'expériences musicales afin de transposer des perceptions relevant du domaine de l'audible au domaine du vibrotactile [Criton 2014, Genevois 2015]. Le développement de ces dispositifs techniques ouvre de nouvelles possibilités d'accès, de partage et de sensibilisation intégrant des publics pluriels, avec différentes conditions perceptives (sourds, normo-entendants, aveugles, voyants, *etc.*).

Le projet Staccato se concentre donc sur l'utilisation des signaux vibrotactiles 1) comme retour sensoriel pour le contrôle de l'instrument de musique traditionnel ou électro-acoustique, et 2) comme vecteur d'information pour la communication interpersonnelle, dans le contexte du jeu musical collectif. L'originalité du projet réside en ce qu'il vise à combiner une approche technologique (acoustique, ingénierie) et une approche psychologique de l'expérience sensorielle (psychologie, linguistique). Également, un accent est mis sur l'aspect sémiotique des signaux vibrotactiles utilisés.

### Objectifs scientifiques :

Il s'agira dans ce travail de thèse d'étudier l'usage de la modalité vibrotactile en tant que modalité sensorielle permettant un meilleur contrôle instrumental et comme modalité de communication dans un contexte d'activité musicale, individuelle et collective. Cela suppose dans un premier temps de mieux comprendre le fonctionnement des dispositifs de restitution vibrotactile, peu documentés jusqu'à présent, pour ensuite étudier les possibilités qu'ils offrent en réception et en contrôle.

Le travail visera premièrement une meilleure compréhension physique des dispositifs vibrotactiles, en étudiant les technologies existantes telles que les actionneurs piézoélectriques, à masse excentrique, de type aimant/bobine, *etc.* ainsi que les dispositifs disponibles dans le commerce comme les *Subpac*,

*Buttkicker, Basslet, Bassme, etc.* Contrairement aux hauts-parleurs, ce sont des dispositifs dont les caractéristiques électromécaniques et acoustiques ont été jusque là fort peu étudiées et qui sont rarement communiquées par les constructeurs. Or la caractérisation d'un point de vue mécanique et vibratoire des dispositifs est primordiale pour notre projet. Deux verrous de recherche expérimentale se présentent à ce stade : 1) identifier les caractéristiques et grandeurs associées pertinentes à mesurer pour un vibreur, 2) élaborer un protocole de mesure qui inclut le vibreur et la diversité des corps mis en vibration (zones du corps humain, objets, plaques, sols, *etc.*).



Est attendue la mise au point d'un protocole de mesure robuste. Les expériences seront réalisées avec plusieurs types de dispositifs car la sensibilité des parties du corps sollicitées peut être différente selon les dispositifs vibrotactiles utilisés (poignet, dos, siège, *etc.*). Les dispositifs du commerce présentant des limitations identifiées, nous proposerons, avec des partenaires industriels déjà identifiés, des améliorations techniques en relation avec les usages visés. L'étude ne sera donc pas que théorique, notre intention étant d'évoluer d'un prototype à un dispositif commercialisable.

Une fois précisément caractérisés, les vibreurs seront utilisés pour l'étude de la modalité vibrotactile comme retour sensoriel pour la perception de l'événement sonore et le contrôle gestuel d'interfaces instrumentales.

Des expériences comprenant des tests de discrimination perceptive avec tâche motrice seront réalisées individuellement puis collectivement, avec et sans dispositif vibrotactile, auprès de musiciens professionnels et amateurs, de personnes valides ou en situation de handicap perceptif (auditif et visuel).

La méthodologie s'appuiera sur la réalisation d'observations filmées, d'enregistrements chirographiques (données gestuelles générées par la manipulation de l'interface), de questionnaires et d'entretiens enregistrés (approche en psychologie clinique et psycholinguistique) pour étudier l'expérience subjective et les gestes corporels des participants en lien avec la caractérisation des signaux. Si cette tâche sera coordonnée par les partenaires psychologues du projet, le doctorant sera bien placé à l'interface entre les aspects techniques (assurer le bon fonctionnement et le calibrage des dispositifs) et perceptifs (utilisation *in situ* des dispositifs, relation avec les participants, adaptation des dispositifs à l'usage).



Également, le doctorant aura à construire un système de signes vibrotactiles [Brewster 2004, Van Erp 2002] pour la communication de consignes entre des personnes participant à un jeu collectif (signaux de synchronisation, de changement de partie, indications d'interprétation, *etc.*) et pour le retour sensoriel (*feedback*) pour le contrôle expressif de logiciels de synthèse sonore (donner l'information au musicien de la bonne exécution du geste musical). Le verrou scientifique est ici au carrefour entre sémiologie et traitement du signal : le doctorant devra lier de manière perceptivement convaincante les attributs du signal (enveloppe temporelle, enveloppe spectrale, forme d'onde, *etc.*) et les significations qu'on souhaite véhiculer.

L'élaboration des signaux sera nécessairement itérative (allers-retours entre phases de développement et phases de test) et devra s'adapter aux contraintes logicielles, matérielles et perceptives. Une réflexion sur les zones du corps (main, bras, dos, *etc.*) à stimuler sera à mener, en prenant en compte la sensibilité physiologique des différentes zones d'une part et l'action et les mouvements effectués par les sujets d'autre part.

Pour évaluer la pertinence perceptive et sémiotique de ces signes, des tests individuels en laboratoire seront réalisés dans un premier temps. Ensuite, afin d'éprouver la « résistance » de ces signes vibrotactiles

(invariance dans la perception et la reconnaissance) à des conditions environnementales complexes, des tests collectifs en contexte, en situation de concert (où notamment les signes visuels et auditifs sont dégradés voire inutilisables), seront effectués. La validité écologique [Dubois 2020] des signes retenus en fonction des tests individuels pourra être ainsi évaluée.



Si le sujet de thèse est ancré dans l'acoustique musicale, notamment en vibroacoustique, il prend tout son sens en tant que partie d'un programme pluridisciplinaire et nécessite en conséquence des interactions tout au long de la thèse avec des psychologues, des musicologues et des linguistes. Concrètement, le doctorant sera impliqué dans la plupart des tâches du programme STACCATO telles qu'elles ont été définies dans le document de soumission à l'ANR.



#### Profil recherché :

Le candidat sera titulaire d'un M2 d'université ou d'un diplôme d'ingénieur, dans les domaines suivants : acoustique et vibrations, capteurs, électronique, traitement du signal, robotique, objets connectés.

Un intérêt pour les nouvelles technologies et pour l'expérimentation et le développement d'objets orientés-utilisateur sont un plus.

De plus, le candidat devra justifier d'une réelle volonté de travailler en interaction constante avec des collègues en sciences humaines et des interlocuteurs divers (musiciens, public en situation de handicap, fabricants de matériel).

**Le processus de recrutement aura lieu courant juin 2020.**

#### Encadrement et contact :

Le doctorat sera co-encadré par :

- Hugues Genevois, Ingénieur de Recherches Ministère de la Culture (hugues-alain.genevois@sorbonne.universite.fr - 01 44 27 80 13)
- Jean-Loïc Le Carrou, Maître de conférences HDR Sorbonne Université (jean-loic.le\_carrou@sorbonne-universite.fr - 01 44 27 73 06)
- Arthur Paté, Enseignant-Chercheur ISEN (arthur.pate@yncrea.fr - 03 59 57 44 26)

#### Lieu de travail :

Le travail s'effectuera entre les locaux du LAM/d'Alembert (Sorbonne Université et UMR CNRS 7190, Paris) et de l'ISEN (Yncréa et IEMN UMR CNRS 8520, Lille), selon les préférences du candidat et les nécessités du travail (des déplacements réguliers sont à prévoir).

Ce projet pluridisciplinaire nécessite également une étroite collaboration et des déplacements ponctuels de courte ou moyenne durée seront à prévoir chez les autres partenaires du projet.

#### Références :

- Brewster S., Brown L. M. (2004), "Tactons: Structured Tactile Messages for Non-Visual Information Display", *Proc. Australasian User Interface Conference*
- Criton P., Genevois H., Falcucci E., Patiño-Lakatos G. (2014), "Histoires sensibles. Une expérience de création Vibsonore à l'Institut National de Jeunes Sourds", *Journal de Saint Jacques* 43:18-20
- Dubois D., Cance C., Coler M., Paté A., Guastavino, C. (2020), *Exploring Sensory Experience: a Handbook on Meaning and the Senses*, 451 pages, soumis à Benjamins Publishing
- Genevois H. (2009), "Nouveaux outils/nouveaux gestes musicaux : de l'instrument mécanique aux dispositifs numériques", *Colloque Modèle instrumental et lutheries numériques*, Rennes
- Genevois H., Manta E., (2015) "The Pallophone", *Proc. ICED*, Athens
- Van Erp J. B. F. (2002). "Guidelines for the use of vibro-tactile displays in human computer interaction", *Proc. EuroHaptics*.