



Proposition de stage (M2 ou équivalent) Mécanique et dynamique de claviers d'instruments baroques



Mots-clés Mécanique – Dynamique – Modélisation – Robotique

Contexte (automne 2021) Le Laboratoire de Mécanique des Solides (UMR7649, École polytechnique et CNRS, Palaiseau) mène un projet de recherche et de maturation industrielle de claviers actifs pour pianos et instruments anciens numériques (pianosfortes, clavecins, clavicordes, orgues). L'enjeu est de proposer aux musiciens des claviers au toucher identique à celui d'instruments traditionnels, auxquels ils sont habitués ou sur lesquels ils voudraient jouer. Ce projet a fait l'objet de plusieurs thèses et stages, publications et brevets. Il comporte l'acquisition de connaissances spécifiques en mécanique (modélisation dynamique des différents claviers), en organologie (paramètres des différents claviers associés à un instrument donné), et en psychohaptique (perception haptique des différences mécaniques, précision de la commande motrice). Le projet demande aussi d'adapter des méthodes numériques mises au point par ailleurs (simulation en mécanique non-régulière, traitement de signal, inversion de modèle) aux spécificités de ces instruments de musique traditionnels et numériques. À l'heure actuelle, un important volet d'ingénierie est également développé au LMS en liaison avec une entreprise.

Points de départ pour le stage Pour le piano, deux modèles du mécanisme de touche ont été élaborés, l'un complet, l'autre simplifié ; leurs paramètres ont été mesurés ; les programmes de simulation correspondants ont été écrits en Matlab (pour le prototypage et la paramétrisation) et en C (pour une exécution en temps réel).

Pour le clavecin, un modèle du mécanisme de touche a été élaboré et sa simulation programmée. Quelques mesures des paramètres de ce modèle ont été faites.

Par ailleurs, un instrument de mesure – l'haptimètre – a été mis au point, lequel actionne une touche de clavier suivant un profil de déplacement prescrit tout en mesurant la force exercée et le mouvement pris effectivement par la touche. Cet instrument est un outil original permettant, entre autres, de déterminer les paramètres des modèles des mécanismes de clavier.

Objectifs On cherche à prédire précisément la force d'interaction entre le doigt et la touche de clavecin. Ceci demande de compléter et d'améliorer les modèles du mécanisme de touche élaborés au LMS et dans d'autres laboratoires, d'identifier les paramètres des modèles obtenus (à l'aide entre autres de l'haptimètre et de la simulation numérique) et d'évaluer leur pertinence pour différentes parties de la tessiture de l'instrument (comparaison théorie/expérience).

Méthodes Le stage commencera par une étude critique de la bibliographie et des travaux antérieurs, ainsi que par la prise en main des outils numériques et expérimentaux. On complétera ou on écrira un ou des programmes de simulation de ces modèles. En comparant les mesures et les résultats de simulation, on identifiera les défauts ou les manques principaux des modèles ou de leur paramétrage et l'on s'efforcera d'y remédier.

En fonction du succès obtenu, des résultats d'autres stages menés en parallèle et du temps disponible, on s'intéressera à d'autres instruments baroques, aux différences entre clavecins ou au rendu haptique des différents modèles.

Contact Xavier Boutillon, xavier.boutillon@polytechnique.edu, 01 69 33 57 48.

Candidature Pour proposer votre candidature, merci de bien vouloir envoyer :

- votre CV ;
- une lettre précisant vos motivations ;
- la liste des cours suivis et des notes obtenues en L3 ou première année d'école, et depuis lors ;
- le rapport du dernier stage effectué (préciser la procédure à respecter en cas de confidentialité) ;
- les noms d'au moins deux personnes susceptibles de donner un avis informé sur vos capacités.