



HAL
open science

Démarches collaboratives de recherche et de création au croisement des lutheries acoustique, augmentée et numérique : le projet Orbis

James Leonard, Arnaud Petit

► To cite this version:

James Leonard, Arnaud Petit. Démarches collaboratives de recherche et de création au croisement des lutheries acoustique, augmentée et numérique : le projet Orbis. Christophe d'Alessandro and Achille Davy-Rigaux and Christophe Pirene and Solène Bellanger and Sylvie Pébrier and Julie Rosenkranz and Florence Roy and Mickaël Robert-Gonçalves (dir.). Recherches en musique Actes des Rencontres nationales sur les recherches en musique, Collegium Musicæ de l'Alliance Sorbonne Université, pp.452-457, 2023, Collection MusiqueS & Interdisciplinarité, 10.25836/rnrm.2020.53 . hal-04226046

HAL Id: hal-04226046

<https://hal.science/hal-04226046>

Submitted on 4 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

29

Démarches collaboratives de recherche et de création au croisement des lutheries acoustique, augmentée et numérique : le projet *Orbis*

James Leonard

Grenoble images parole signal automatique (GIPSA-Lab), Grenoble INP
Université Grenoble-Alpes

Arnaud Petit

Compositeur

DOI → <https://doi.org/10.25836/rnrm.2020.53>

La pièce *Orbis*, pour harpe et électronique, se situe au croisement des lutheries traditionnelle, augmentée et numérique. Prenant appui d'une part sur une harpe électrique augmentée associée à un logiciel de traitement et détection en temps réel, et de l'autre sur une simulation physique de harpe, le projet propose un cadre de croisement singulier entre pensée artistique, facture instrumentale, problématiques scientifiques et enjeux technologiques. Nous évoquons le contexte de cette collaboration, la méthodologie de recherche-crédation adoptée, puis l'émergence et l'évolution de la composition au sein de ce cadre, et enfin, la modélisation et simulation physique de la harpe virtuelle.

GENÈSE DU PROJET ET CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Cette recherche prend racine dans l'immense savoir-faire de la société Les Harpes Camac en matière de manufacture instrumentale, couplée à la volonté soutenue de son président, Jakez François, d'allier le patrimoine de la lutherie traditionnelle de harpes à l'innovation technologique et aux nouveaux champs de la création musicale. C'est ainsi qu'est apparu, au fil de nombreuses années d'expérimentation, un prototype de harpe augmentée. Il s'agit d'une harpe de concert électrique *solid body* (c'est-à-dire sans caisse de résonance acoustique) présentant une spécificité unique : chaque corde de l'instrument dispose de son propre capteur piézo calibré et d'un canal audio indépendant, rendant accessible une captation extrêmement fine des 47 cordes de l'instrument. Cette caractéristique permet non seulement un travail sonore différencié pour tout le registre de l'instrument, mais ouvre également la voie à une détection et une analyse en temps réel des signaux. Un logiciel dédié, développé par Jean-Philippe Lambert pour Les Harpes Camac, permet ainsi d'analyser très précisément le son de chaque corde (y compris les altérations de hauteur par les pédales, les harmoniques naturelles, etc.) afin d'en offrir une transcription complète en MIDI¹²⁶ et en OSC¹²⁷, de manière fiable et avec une faible latence. L'intégration des possibilités audio et de contrôle en temps réel fait de cette harpe augmentée un instrument hybride aux multiples possibilités (Monaghan, 2019).

Le projet *Orbis* naît d'une commande passée par Jakez François au compositeur Arnaud Petit, afin d'écrire une œuvre mixte pour ce nouvel instrument singulier. La harpiste Ghislaine Petit-Volta est associée à ce projet par ce dernier ainsi que Jérôme Villeneuve et James Leonard, porteurs au sein du laboratoire GIPSA-Lab d'un programme de recherche consacré aux arts numériques, avec notamment une forte expertise concernant la synthèse sonore par modélisation physique et les questions d'interaction gestuelle.

126 Musical Instrument Digital Interface. <https://www.midi.org/>

127 Open Sound Control Protocol. <http://opensoundcontrol.org/>

Le cadre méthodologique de cette collaboration transdisciplinaire repose sur de multiples résidences de recherche et création (**figure 1**), accueillies principalement au sein des équipements culturels de l'université Grenoble Alpes. Généralement tenues sur cinq jours consécutifs, celles-ci ont été propices à l'émergence d'idées, à la structuration progressive de l'œuvre et à la définition de travail à fournir par les membres du projet d'une session collective à la suivante. Nous identifions ainsi cinq phases dans la réalisation d'*Orbis*:

- Première rencontre, présentation des spécialités de chacun, démonstration et exploration des potentiels de la harpe augmentée (janvier 2019).
- Formalisation des besoins compositionnels, exploration de concepts et développements technologiques, processus itératif donnant lieu à une problématisation scientifique ainsi qu'à des spécifications de développement (juillet 2019).
- Première intégration de la composition et des éléments technologiques (novembre 2019).
- Intégration technologique finale, déroulé de l'œuvre complète (décembre 2020).
- Travail du son, finalisation et répétition de l'œuvre (janvier 2021).



Fig. 1. L'équipe « Orbis » en résidence à l'Espace scénique transdisciplinaire (équipement culturel de l'université Grenoble Alpes).

L'ŒUVRE ORBIS

LA COMPOSITION

Orbis est une œuvre en neuf mouvements, mettant aussi en scène des textes, lus pour la plupart par l'interprète, qui dans une diversité un peu excentrique, mettent en scène des visions humaines du monde depuis l'antiquité jusqu'aujourd'hui. L'œuvre ne présente pas d'unité stylistique en ce sens que des inspirations très diverses irriguent les péripéties musicales, puisant dans une large histoire de la musique savante et populaire. La harpe permet d'élaborer des modes de jeux, qui, encore aujourd'hui, continuent d'irriguer exploration artistique et recherche musicale, comme cette œuvre le met en scène.

CHAMPS D'EXPLORATION

Le premier champ d'exploration développé dans l'œuvre est lié à l'idée de concevoir un instrument jumeau, entièrement virtuel, dans le but de le confronter avec l'instrument réel, et d'explorer les possibilités d'interaction entre les deux (par exemple : « le comportement d'une corde virtuelle peut-il être modifié par celui d'une corde réelle, et vice versa ? »). Le second explore la question du suivi de partition, en interrogeant comment le dispositif dans sa totalité peut être soumis au jeu de l'interprète – et uniquement l'interprète – guidé par une partition.

Ces deux champs sont étroitement liés dans la création, le suivi étant chargé d'assurer la pertinence des occurrences liées à la mise en œuvre des interactions propres à ce qui est évoqué précédemment. L'interprète et le « suiveur » (ce dernier reposant sur un système développé par James Leonard, prenant en compte tant les spécificités d'écriture que celles de la harpe elle-même) doivent en quelque sorte s'entendre et se comprendre, à la fois pour proposer la meilleure interprétation sonore possible, qui dépend de cette entente, et bien sûr pour ne pas se perdre l'un l'autre. La pertinence musicale offerte par cette situation nous a rapidement semblé évidente, conférant un caractère résolument organique aux éléments électroniques de la pièce. Le protagoniste virtuel suit le jeu de l'instrumentiste aux imperfections rythmiques près, créant une dynamique nouvelle et assez inédite pour l'interprète.

Le troisième champ explore les traitements sonores affectés à l'un ou l'autre de ces deux instruments. La configuration assez unique (signaux audio découplés pour chaque corde des instruments réel et virtuel) alliée aux possibilités de contrôle temporel fin donne une grande liberté dans l'exploration des timbres, allant de la convergence et de la superposition (presque trompeuse) des deux instruments, à des sonorités dissociées, voire dénaturées. Celles-ci reposent à la fois sur la transformation sonore et sur les modes de jeu de l'instrument virtuel :

frotter les cordes plutôt que de les pincer, utiliser la harpe comme un résonateur soumis à des signaux externes, moduler en temps réel les propriétés physiques de l'instrument, etc.

CRÉATION D'UN MODÈLE PHYSIQUE DE HARPE

MISE AU POINT DU MODÈLE

La simulation physique de la harpe repose sur le formalisme modulaire masse-interaction (Cadoz, *et al.*, 1993) sous forme de réseau unidimensionnel. Chaque corde y est modélisée comme idéale et linéaire, accordée par un processus d'analyse modale de sorte que son mode le plus aigu se situe aux alentours de 11 kHz. Le corps de l'instrument est modélisé de manière très simple : deux oscillateurs harmoniques, formant un chevalet commun pour les cordes en haut et en bas de l'instrument, dont l'inertie, la raideur et la viscosité peuvent être paramétrées de sorte à rendre la transmission des vibrations par sympathie plus ou moins importante. Les cordes peuvent être excitées par pincement, frottement ou bien par l'application directe de signaux extérieurs, et des « doigts » virtuels permettent également de les amortir de façon naturelle.

IMPLÉMENTATION ET OPTIMISATION DE LA SIMULATION

Le modèle ci-dessus a été implémenté de sorte à permettre une intégration directe dans *Max/MSP*¹²⁸. Du fait de sa complexité (environ 13 000 modules physiques calculés à fréquence audio), il n'est pas trivial d'en implémenter une simulation en temps réel efficace, les bibliothèques existantes telles que *mi-gen* (Leonard et Villeneuve, 2019) présentant des performances insuffisantes pour un modèle de cette taille. Une implémentation directe de la simulation sous forme d'*external* (objet *Max/MSP*) en C++ à l'aide du *min-dev-kit*¹²⁹ a permis de valider une preuve de concept de l'instrument, incluant sa représentation visuelle, mais s'est révélée lourde en coût de calcul (~ 95 % d'un cœur du CPU, rendant une configuration à très faible latence impossible sans donner lieu à des pertes de paquets audio). Parmi les stratégies pouvant être mises en œuvre pour optimiser l'implémentation temps réel de simulations physiques de grande échelle sans compromettre la qualité du modèle (Webb et Bilbao, 2015 ; Perry, *et al.*, 2016), nous avons opté pour la vectorisation permise par les processeurs modernes (le calcul simultané de plusieurs opérations en parallèle). Moyennant une réécriture complète du code sous forme d'instructions vectorielles, la charge de calcul est réduite à ~34 % (Leonard et Villeneuve, 2020), ce qui satisfait les contraintes

¹²⁸ <https://cycling74.com>

¹²⁹ <http://cycling74.github.io/min-devkit>

du projet et permet l'intégration de la simulation au sein d'un réseau plus large de composantes *Max/MSP* qui régit l'œuvre (figure 2).

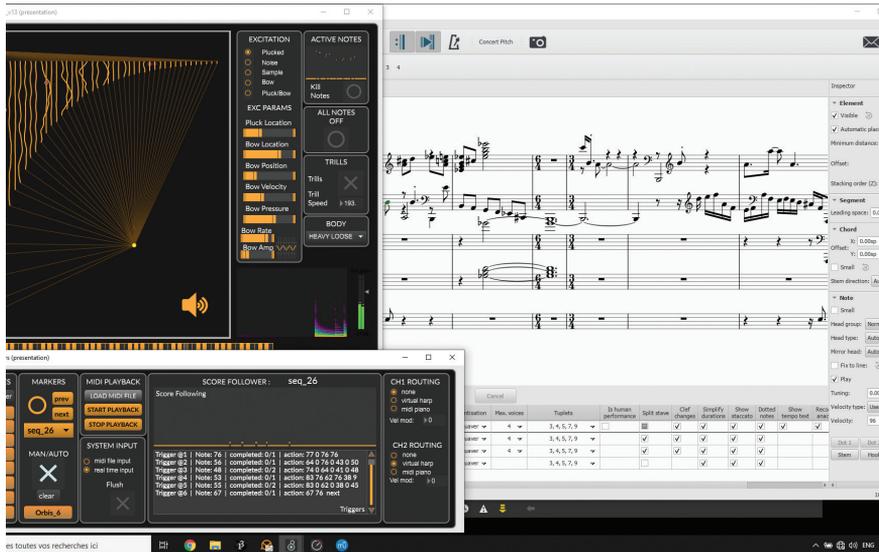


Fig. 2. Interface graphique du patch de simulation physique de la harpe (*Max/MSP*).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Sur le plan scientifique, ce projet a permis de nouvelles avancées sur la modélisation et la simulation d'instruments virtuels, mettant en œuvre divers leviers d'optimisation pour arriver à un outil performant et robuste. Plus largement, le projet imbrique étroitement les questions de démarche compositionnelle, d'interprétation instrumentale et de développement technologique, l'ensemble se construisant au fil de temps de travaux collaboratifs, mettant en lumière l'entrelacement et l'interdépendance de nombreux acteurs et champs disciplinaires dans le cadre de démarches de création situées aux croisements des arts, des sciences et des technologies.

BIBLIOGRAPHIE

Monaghan, Úna. «Harp and Electronics: Composition, Design, and Performance», *Contemporary Music Review*, vol. 38, n° 6, 2019, p. 645-666.

Cadoz, Claude, Annie Luciani et Jean-Loup Florens. «CORDIS-ANIMA: A Modeling and Simulation System for Sound and Image Synthesis: The General Formalism», *Computer Music Journal*, vol. 17, n° 1, 1993, p. 19-29.

Leonard, James et Jérôme Villeneuve. «mi-gen~: An Efficient and Accessible Mass-Interaction Sound Synthesis Toolbox», Sound and Music Conference (SMC'19), 2019.

Webb, Craig et Stefan Bilbao. «On the Limits of real-Time Physical Modelling Synthesis With a Modular Environment», *Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects*, 2015, p. 65.

Perry, James, Stefan Bilbao et Alberto Torin. «Hierarchical Parallelism in a Physical Modelling Synthesis Code», *Parallel Computing: On the Road to Exascale*, n° 27, 2016, p. 207.

Leonard, James et Jérôme Villeneuve. «Design and Implementation of Real-time Physically-Based Virtual Musical Instruments: A Balancing Act», Sound and Music Conference (SMC'20), 2020.