

PROJETS ET APPLICATIONS MUSICALES 2018-2019



OBJECTIFS

Les objectifs détaillés servent de référence pour l'évaluation de l'UE, pour son organisation et son encadrement. Seul le dernier objectif semble délicat à apprécier via l'évaluation, et fera plutôt l'objet d'une appréciation subjective, ne participant donc pas à la note finale de l'UE.

OBJECTIFS GÉNÉREAUX DE L'UE :

- croisements entre 2 champs scientifiques autour d'une application musicale
- apprentissages techniques sur l'ensemble des sujets des projets : il est attendu que chaque étudiant intègre des éléments liés au projet sur lequel il travaille, mais aussi sur les tous les autres projets
- apprentissage par projet : apprentissage en groupe, présentations écrite et orale

OBJECTIFS DÉTAILLÉS

- analyser la littérature spécialisée afin de produire une synthèse de l'état de l'art
- mettre en œuvre des compétences techniques de pointe dans 2 domaines scientifiques, sur une application en lien avec la musique
- présenter par écrit et oralement : une synthèse de l'état de l'art, les résultats obtenus et les apprentissages réalisés
- identifier les outils et difficultés techniques des projets des autres groupes et comprendre les démarches mises en œuvre
- apprendre en groupe : processus de travail en groupe et apprentissage par les pairs



ÉVALUATION

ÉVALUATION ECRITE

Mini rapport portant sur la biblio :

- Ce rapport de 2 à 4 pages sera déposé sur moodle au plus tard le 16 janvier à 12h. Il a pour objectif de synthétiser l'état des connaissances publiées sur le sujet que vous abordez. Il sera construit sur le modèle : énoncé du problème, mise en valeur des contributions des différents auteurs ou groupes, liste des références étudiées.
- Il est évalué pour chaque projet par les encadrants du groupe

Rapport final :

- format article (sujet abordé pendant l'UE d'IP)
- 10 pages hors références, construit sur le schéma : état de l'art – présentation du projet – méthodes et résultats – conclusion et perspectives
- évalué par 4 personnes : 2 encadrants du projet + 2 encadrants d'un autre projet

ÉVALUATION ORALE

Présentation intermédiaire : à charge des encadrants

Présentation finale (soutenance) : devant les autres groupes et tous les encadrants.

BARÈME

Il s'agit bien de projets d'apprentissage : ce sont les connaissances et compétences développés qui sont évaluées et non les productions (algorithmes, données ...). Les critères d'évaluation sont précisés dans les objectifs détaillés ci-dessus.

Projet mené par le groupe (2/3 de la note finale)

- rapport 25 % (synthèse de la note des encadrants et des notes des 2 autres relecteurs)
- encadrants 50 % : évaluation du travail et de l'apprentissage
- soutenance 25 % : évaluation du support de présentation, de la présentation orale, des réponses aux questions

Autres projets (1/3 de la note finale)

- oral individuel
- déterminer si l'étudiant sait identifier les outils et difficultés techniques des projets des autres groupes et comprend les démarches mises en œuvre

Individualisation de la note finale

Tous les étudiants d'un groupe doivent participer au travail, à la rédaction et à la présentation. Chaque groupe devra s'attacher à donner aux encadrants et au jury la possibilité d'apprécier l'engagement de tous. A priori, la note du projet est donc la même pour tous. Cependant, la note peut être individualisée si un étudiant se détache en bien ou en mal.



SUJETS

Analyse d'instruments en situation de jeu – Jean-Loïc Le Carrou, Roland Badeau
Lutherie augmentée : contrôle actif d'un tom – Brigitte d'Andréa-Novel, Benoît Fabre
Auto-oscillations des instruments de musique – Thomas Hélie, Christophe Vergez
Prise de son et séparation de sources musicales – Umut Simsekli, Benoît Fabre



ORGANISATION

L'UE comprend une partie projet et une partie cours. La partie cours comprend les cours de Perception et éventuellement quelques cours complémentaires, en relation avec les sujets proposés. Ces cours complémentaires ont pour objectif de donner une vision synthétique du domaine aux étudiants traitant un projet et de donner aux étudiants

travaillant sur les autres projets les éléments de base qui leur permettent d'aborder le travail de leurs camarades. Tous les cours s'adressent donc à l'ensemble de la promotion.

Présentation des projets :

- diffusion des sujets aux étudiants le 3 décembre 2018
- présentation de l'UE le mercredi 5 décembre 2018 à 14h30 : présentation générale de l'UE, présentation des sujets par les encadrants, pause puis répartition des étudiants (4 à 5 par projet)

Rendu et soutenance :

- rendu du rapport le mardi 12 février à 12h sur moodle
- soutenances le vendredi 15 février (à Télécom si salles disponibles, sinon Campus P&M Curie ?) :
 - o le matin soutenance des groupes (30 min par groupe : 15 min de présentation + questions)
 - o l'après-midi : oraux individuels sur les autres projets

Analyse d'instrument en situation de jeu par méthodes HR : paramètres de facture et excitation

COURTE DESCRIPTION

L'étude des instruments de musique requière bien souvent l'utilisation de méthodes de mesures plus ou moins intrusives, obligeant bien souvent d'appliquer des conditions aux limites éloignées d'une situation réelle de jeu. Dans le cas des instruments à cordes pincées, l'instrumentiste tient en main l'instrument et interagit quelques millisecondes avec la corde pour la mettre en mouvement. De ce mouvement naît un son contenant à la fois les caractéristiques acoustiques de l'instrument (du corps et des cordes) et les caractéristiques mécaniques de l'instrumentiste (par son pincement). Ne peut-on pas exploiter cette information pour extraire de nombreux paramètres mécaniques pertinents ? Ce sera tout l'enjeu de ce projet. Pour cela, le projet pourra s'appuyer sur une guitare récemment développée dans l'équipe LAM dont les éléments principaux de facture peuvent être aisément modifiés et sur un modèle d'instrument prenant en compte les paramètres de facture et l'excitation. Via une étude paramétrique, le lien entre les paramètres extraits de l'analyse du signal sera ainsi plus facilement effectué. Cette analyse sera effectuée en implémentant une méthode à haute résolution (HR) adaptative basée sur un algorithme de poursuite de sous-espaces (méthode ESPRIT adaptative). Une évaluation quantitative de la robustesse et de la performance par rapport à des méthodes plus classiques pourra être entreprise, notamment sur le modèle paramétrique de l'instrument. In fine, la quantification de l'importance du matériau des cordes, de table, du type d'excitation etc. sera évalué via des descripteurs signaux pertinents.

OBJECTIFS PEDAGOGIQUES

- être capable d'identifier les propriétés dynamiques d'un système mécanique
- être capable de modéliser un système couplé à partir de systèmes simples : cas d'une corde couplée à une admittance 1D mesurée ou à une base modale extraite
- être capable de modéliser l'excitation d'une corde
- être capable de mettre en œuvre des algorithmes adaptatifs rapides d'analyse HR

RESULTATS ATTENDUS

- une méthode d'identification robuste et automatique des caractéristiques dynamiques du système
- une base de données de sons/vibrations à partir des guitares paramétriques
- un modèle d'instrument avec excitation validé expérimentalement
- Une analyse de descripteurs quantifiant l'importance sonore des éléments de lutherie

ENCADRANTS

Jean-Loïc Le Carrou, Roland Badeau

BIBLIOGRAPHIE

1. *Harmonic plus noise decomposition: time-frequency reassignment vs. a subspace based method*, B. David, V. Emiya, R. Badeau, Y. Grenier, 120th AES Convention, 2006, Paris.
 2. *A Large Set of Audio Features For Sound Description (Similarity and Classification) in the CUIDADO Project*, G. Peeters, 2004.
 3. J. Antunès et V. Debut. Dynamical computation of constrained flexible systems using a modal Udwadia-Kalaba formulation: Application to musical instruments. The Journal of the Acoustical Society of America 141, pp. 764-778 (2017)
- Pour Aller plus loin**
4. J. Woodhouse. On the synthesis of guitar plucks, Acta Acustica united with Acustica, S. Hirzel Verlag, 2004, 90, 928-944
 5. D. Chadeaux, J-L. Le Carrou et B. Fabre. A model of harp plucking. Journal of the Acoustical Society of America, 133(4), pp. 2444-2455 (2013).
 6. B. David, R. Badeau, G. Richard. *HRHATRAC Algorithm for Spectral Line Tracking of Musical Signals*, , Proc. IEEE ICASSP, mai 2006, Toulouse, France.
 7. Badeau, B. David, G. Richard. *Fast Approximated Power Iteration Subspace Tracking*, R IEEE Trans. on Signal Processing, 2005, 53 (8).

Lutherie augmentée : contrôle actif d'un tom

COURTE DESCRIPTION

Le contrôle actif d'un instrument de musique consiste à rajouter une boucle de contrôle à un instrument existant pour en changer en temps réel le comportement.

Dans ce projet, le travail porte sur une percussion à peaux : un *tom* constitué d'un fût cylindrique en bois sur lequel sont tendues deux peaux, une peau de frappe et une peau de résonance. L'objectif du projet est de concevoir et tester un système de contrôle réalisé en remplaçant la peau de résonance par un haut-parleur. Le haut-parleur est piloté par un ordinateur qui transforme le signal de pression capté par un microphone placé dans la cavité de l'instrument. L'algorithme de contrôle implémenté dans le ordinateur permet alors de modifier les propriétés sonores de l'instrument.

Plusieurs aspects seront à considérer pour réaliser ce projet, concernant tant la modélisation de la vibration de la peau couplée à la cavité que l'élaboration du contrôleur qui permette de modifier certaines propriétés, comme par exemple la première fréquence de résonance du système. Les aspects liés à la programmation du micro-ordinateur Udoo pour une exécution temps-réel seront aussi à prendre en compte, de même que les caractéristiques des transducteurs électroacoustiques mis en œuvre : haut-parleur et microphone.

Préalablement à la mise en œuvre du contrôle sur un instrument réel, la simulation pourra permettre de tester la loi de contrôle élaborée.

OBJECTIFS PEDAGOGIQUES

A l'issue de ce projet, vous devrez être capables de :

- présenter un modèle de couplage entre la vibration de la peau et le comportement acoustique dans la cavité, ainsi que les hypothèses sous-jacentes,
- justifier le choix d'une loi de contrôle
- simuler le système, en intégrant les transducteurs électroacoustiques (microphone et haut-parleur) afin de tester la validité du contrôle
- implémenter l'algorithme de contrôle sur un ordinateur temps-réel de type Udoo
- mettre en œuvre le contrôle sur un instrument réel équipé d'un microphone, d'un haut-parleur et d'un ordinateur.

RESULTATS ATTENDUS

- Une bibliographie sommaire sur le contrôle actif en général et sur les membranophones
- Une description quasi-analytique des modes de vibration d'une membrane couplée à une cavité d'air (sans et avec haut-parleur)
- Une simulation (en Python ou Matlab)
- Le développement d'un contrôleur pour le haut-parleur pour obtenir une cible choisie
- une implémentation sur un vrai instrument avec un micro-ordinateur Udoo, des capteur(s), des actuateur(s)

ENCADRANTS

Brigitte d'Andréa-Novel, Benoît Fabre

Avec l'appui de

Camille Dianoux, Marc Wijnand

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Stephen J. Elliott and Philip A. Nelson. Active noise control. IEEE signal processing magazine, 10(4) :12{35, 1993.
- [2] Christopher C Fuller, Sharon Elliott, and Philip A Nelson. Active control of vibration. Academic Press, 1996. Chap 3 (Feedback control)
- [3] Laurence Kinsler et al. Fundamentals of acoustics 4th Edition, 2000. Section 4.7 (the kettledrum)
- [4] Philip M. Morse. Vibration and sound. Acoustical Society of America, 1995. Sections 19 (circular membrane) and 21 (the kettledrum)

Auto-oscillations des instruments de musique : modèles, simulations, descripteurs et cartographies

COURTE DESCRIPTION

On se propose de programmer, d'analyser et de piloter des modèles physiques de différents instruments (clarinette, saxophone, violon). L'objectif est d'aboutir à une synthèse sonore en temps réel, nourrie par un pilotage pertinent et contrôlée en MIDI. Cependant une difficulté récurrente se pose : quels sont les liens, on parle de « mapping », entre les caractéristiques des sons produits par les modèles, et les paramètres de ces modèles (ceux liés à la géométrie et/ou ceux contrôlés par l'instrumentiste) ?

Grâce à des descriptions simplifiées du fonctionnement de ces instruments une première étape consistera à programmer ces modèles sous Matlab.

Des expérimentations numériques permettront :

- d'écouter les signaux produits, c'est à dire les auto-oscillations de ces modèles.
- de montrer que les paramètres de ces modèles ont une influence très importante sur le comportement du modèle : fréquence, amplitude, régime périodique ou chaotique ...
- de prendre conscience de la difficulté de pilotage des modèles pour obtenir le comportement souhaité.

Pour maîtriser cette diversité de comportements, deux approches seront conduites :

- mise en œuvre d'outils relatifs aux systèmes dynamiques pour comprendre les phénomènes observés : régimes, stabilité, bifurcations, étude énergétique, etc.
- mise en œuvre d'outils de traitement de signal :
 - * réalisation de cartographies de descripteurs de signaux audios (énergie, hauteur, etc.) dans l'espace des paramètres du modèle,
 - * détermination automatique des frontières entre régimes par apprentissage.

L'analyse des cartographies permettra de proposer un mapping, par exemple en repérant les combinaisons de paramètres qui maximisent justesse et énergie. Ces combinaisons optimales seront alors utilisées dans une version temps réel des modèles qui aura été préalablement programmée dans un environnement adapté comme par exemple : MaxMSP, PureDate, Faust, etc.

OBJECTIFS PEDAGOGIQUES

A l'issue de ce projet, vous devrez être capables de :

- présenter les modèles physiques retenus et les hypothèses sous-jacentes,
- de programmer ces modèles, dans des environnements voués à l'analyse numérique et à la synthèse sonore,
- mettre en œuvre des notions liées à l'étude des systèmes dynamiques (stabilité, bifurcations, etc), au traitement du signal (descripteurs) et à l'informatique (apprentissage supervisé, programmation temps-réel),
- mettre en œuvre une démarche pour passer de l'étude de la physique d'un instrument à la réalisation d'un synthétiseur temps-réel.

RESULTATS ATTENDUS

- implémentation des différents modèles simples de clarinette, saxophone, violon en Matlab.
- outil de réalisation automatique de cartographies de ces modèles.
- synthétiseur temps-réel de ces instruments contrôlable par un clavier midi avec mapping déterminé en utilisant l'étape précédente.

Encadrants

Thomas Hélie, Christophe Vergez

BIBLIOGRAPHIE

- McIntyre, Shumacher, Woodhouse, *On the oscillations of Musical Instruments*, JASA, 74(5), pp. 1325-1345, 1983.
- Ollivier, Dalmont, *Idealized Models of Reed Woodwinds. Part I : Analogy with the Bowed String*, Acta Acustica united with Acustica, 90, pp. 1192-1203, 2004.
- Kergomard, *Instruments de musique à vent : Comment éviter le chaos pour faire de la musique ?*, Acoustique et Technique, numéro spécial sur le 4^{ème} CFA, pp. 15-22.
- Maganza, Caussé, Laloé, *Bifurcations, Period Doublings, and Chaos in Clarinet-Like Systems*, Europhysics Letters, 1, pp. 295-302, 1986.
- Gibiat, *Phase Space Representations of Acoustical Musical Signals*, Journal of Sound and Vibration, 123(3), pp. 529-536, 1988.
- Missoum, Vergez, Doc, *Explicit mapping of acoustic regimes for wind instruments*, JSV, 333, pp. 5018-5029, 2014

Prise de son et séparation de sources musicales : Mélange acoustique ou mélange instantané ?

COURTE DESCRIPTION

De la vibration des instruments de musique au signal audio que l'on trouve sur un enregistrement finalisé, de nombreux éléments interviennent. On peut citer par exemple le rayonnement acoustique de l'instrument, les mouvements qui accompagnent l'exécution musicale, la réponse de la salle à ce rayonnement d'une source acoustique en mouvement, le dispositif microphonique et finalement toutes les transformations appliquées lors de la post-production.

Vu de cet angle, la séparation de sources tente de remonter en partie le courant, et notamment séparer les éléments « mélangés ». Dans le cas des sons des instruments de musique, ceci est réalisé à partir des connaissances a priori sur la structure « signal » des sons.

Le projet intègre les différents éléments allant de la prise de son à la séparation de sources à partir du mixage finalisé. Lors de la prise de son, la séparation de sources est possible « a priori » et la maîtrise du dispositif de prise de son permet de mieux informer le système de séparation de sources, afin de compléter les connaissances a priori sur les signaux sources.

Le projet a pour but d'apporter des éléments de réponse aux questions suivantes :

- La connaissance de la chaîne d'enregistrement permet-elle de dépasser les limites actuelles des algorithmes aveugles de séparation de sources ?
- Comment les performances des algorithmes de séparation de sources, aveugles ou informés, se comparent-elles à celles des algorithmes de formation de voies dans le contexte de cette étude ?

On travaillera plus particulièrement dans le cadre de prise de son de musique classique instrumentale.

OBJECTIFS PEDAGOGIQUES

A l'issue de ce projet, vous devrez être capables de :

- décrire et modéliser simplement les transformations passant de la vibration de l'instrument au signal audio enregistré.
- mettre en œuvre des techniques actuelles en séparation de sources musicales.
- réaliser une prise de son musicale stéréophonique ainsi que des opérations élémentaires de post-production.

RESULTATS ATTENDUS

- un enregistrement multipiste musical ;
- des résultats de séparation de sources dans une forme comparable avec les standards utilisés dans la littérature ;
- un programme de séparation de sources (Matlab).

Encadrants

Umut Simsekli, Benoît Fabre

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie essentielle :

- Basic stereo microphone perspectives – a review. R. Streicher & W. Dooley, JAES vol 33, no7/8 pp 548-556, 1985.
- Blind signal separation: statistical principles, J.-F. Cardoso, Proceedings of the IEEE, vol. 86, no. 10, Oct. 1998
- A general flexible framework for the handling of prior information in audio source separation, A. Ozerov, E. Vincent, and F. Bimbot, IEEE Transactions on Audio, Speech and Signal Processing, vol. 20, no. 4, pp. 1118-1133, Apr. 2012

Pour aller plus loin :

- Théorie et pratique de la prise de son stéréophonique, C. Hugonnet and P. Walder, Eyrolles, Collection Son et vidéo, 2003
- Robust Adaptive Beamforming, J. Li and P. Stoica, John Wiley, 2006