



laboratoire de mécanique et d'acoustique

Proposition de sujet de post-doc (chercheur contractuel)

Titre : **Analyse-synthèse de sons d'environnement par décompositions parcimonieuses.**

Laboratoire : Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, CNRS UPR 7051, Marseille.

Durée : 12 mois avec possibilité de prolongation, à pourvoir immédiatement.

Financement : Contrat ANR Contint PHYSIS.

Encadrant : Olivier DERRIEN – derrien@lma.cnrs-mrs.fr

Profil du candidat : Le chercheur contractuel aura au préalable soutenu sa thèse dans le domaine des mathématiques appliquées ou du traitement du signal, avec une bonne connaissance des décompositions parcimonieuses, et si possible des méthodes d'apprentissage de dictionnaires. Une expérience en signal audio serait un atout, mais n'est pas indispensable.

Descriptif détaillé

1. Le projet ANR PHYSIS

Le projet ANR PHYSIS est un projet de recherche centré sur la modélisation, la transformation et la synthèse de sons pour les mondes virtuels interactifs (jeux vidéo, simulateurs, serious games) et la réalité augmentée. L'émergence récente de jeux vidéo complexes et des univers virtuels a fait apparaître les limites des moteurs son actuels, qui utilisent des sons préenregistrés alors que l'image de synthèse est, elle, calculée en temps réel. La montée en puissance du matériel a rendu possible la simulation précise des propriétés audio et acoustiques des bruits quotidiens basés sur des paramètres physiques.

2. L'approche atomique pour la synthèse de sons d'environnement

L'approche dite atomique est une solution efficace pour synthétiser certaines catégories de sons d'environnement. En effet, en combinant de manière pseudo-aléatoire un nombre limité de formes d'ondes élémentaires (appelées atomes), il est possible de synthétiser des sons réalistes (par exemple pluie, vagues, feu, vent ...), mais cette approche suppose une définition a priori des atomes et de leurs lois de combinaison, ce qui implique l'intervention d'un superviseur expert. Dans le cadre du projet ANR PHYSIS, nous souhaitons étendre les possibilités de la synthèse atomique par une meilleure compréhension de la structure de sons d'environnement réels.

3. La synthèse par l'analyse

En adoptant une démarche centrée sur l'analyse de sons d'environnement réels enregistrés, nous souhaitons caractériser les atomes et les lois de combinaison qui permettent une resynthèse efficace par la méthode atomique. Dans un premier temps, nous nous limitons aux atomes déterministes et aux lois de combinaison linéaires. D'un point de vue académique, ce type d'application se rattache à la famille des méthodes dites de décompositions parcimonieuses sur des dictionnaires redondants (le dictionnaire étant l'ensemble des atomes possibles), tant du point de vue des méthodes de



décomposition elles-mêmes que des méthodes d'apprentissage du dictionnaire. Ces méthodes ont été étudiées par de nombreuses équipes de recherche ces dernières années et ont donné lieu à une littérature abondante.

4. Les décompositions parcimonieuses sur dictionnaires redondants

On peut classer les décompositions parcimonieuses en deux grandes catégories :

- ⤴ Les décompositions sur des dictionnaires a priori. On cherche alors uniquement les lois de combinaison des atomes (typiquement par des algorithmes dérivés du Matching Pursuit). Cette approche peut être efficace sur certains types de sons pour lesquels on dispose de connaissances venant de modèles physiques.
- ⤴ Les décompositions sur des dictionnaires a posteriori, obtenus avec un algorithme d'apprentissage (par exemple K-SVD). On cherche alors à caractériser simultanément les atomes et leurs lois de combinaison. Si les résultats publiés jusqu'à présent montrent qu'il existe des méthodes efficaces pour construire des dictionnaires a posteriori, cela ne garantit pas la possibilité d'un contrôle efficace et intuitif du synthétiseur, en particulier lorsqu'il n'y a pas de lien clair entre les formes d'ondes des atomes et des paramètres de timbre clairement identifiables.

Une approche intermédiaire consiste à utiliser des dictionnaires paramétriques : L'expression analytique générique de la forme d'onde des atomes est fixée a priori (dans notre cas à partir de modèles physiques), mais on laisse libre les valeurs des paramètres. On souhaite alors utiliser un algorithme d'apprentissage pour estimer les jeux de paramètres optimaux au sens d'un certain critère de qualité de la resynthèse. Cette approche nous semble d'emblée préférable aux décompositions sur des dictionnaires a posteriori, car elle devrait permettre de relier les paramètres des atomes à des paramètres de timbres, et ainsi préserver la possibilité d'un contrôle intuitif du synthétiseur.

5. Les objectifs de l'étude

L'étude que nous proposons vise essentiellement 3 objectifs :

- ⤴ Dans un premier temps, nous souhaitons appliquer des méthodes existantes de décomposition parcimonieuse à plusieurs catégories de sons d'environnement pour lesquels on dispose de modèles physiques, en optimisant si possible des critères de qualité perceptifs. L'objectif est d'améliorer notre compréhension des phénomènes de production sonore.
- ⤴ Dans un second temps, nous souhaitons utiliser ces connaissances pour définir des dictionnaires paramétriques et optimiser la discrétisation des paramètres au moyen d'algorithmes d'apprentissage.
- ⤴ Enfin, nous souhaitons explorer les possibilités d'extension des méthodes de décomposition parcimonieuses aux dictionnaires d'atomes stochastiques, c'est-à-dire qui ne sont pas définies par leur forme d'onde exacte, mais plutôt par la forme de leur enveloppe énergétique, tant dans le domaine temporel que fréquentiel.