
Intitulé de la thèse : Synthèse adaptative de champ sonore multi-zones pour une écoute domestique
Orange Labs, Lannion

Directeur de Thèse et Laboratoire partenaire :
Ecole Doctorale SPIGA / LAUM, Université du Maine

Description de la thèse

▪ contexte global du sujet de thèse

Aujourd'hui, en contexte domestique, on assiste à une multiplication des sources audio : radio, musique en streaming, home cinéma... Potentiellement ces contenus sont destinés aux différents membres de la famille et sont susceptibles d'être écoutés simultanément dans le même espace ou, du moins, dans des espaces proches. Un autre exemple est la voiture où chaque passager peut souhaiter un programme sonore différent : informations GPS pour le conducteur, radio pour un passager, visionnage d'un DVD pour un des enfants, jeux vidéo pour un autre. Un des passagers peut aussi souhaiter le silence pour se reposer.

Pour rendre possible la coexistence de ces différents espaces sonores en garantissant le meilleur confort d'écoute pour chacun, la solution la plus simple à mettre en oeuvre est le casque d'écoute, mais n'est pas toujours applicable pour différentes raisons (sécurité, acceptabilité, liberté de mouvement, confort...). Une solution alternative est la synthèse sonore multi-zones [1, 4, 5, 8, 9, 10]. Elle est basée sur la synthèse de champs sonores par des réseaux multi haut-parleurs. L'idée consiste à synthétiser les différents contenus audio sur des zones spatiales distinctes. Au sein de chaque zone, la reproduction sonore peut inclure un niveau fin de détails, incluant à la fois les propriétés fréquentielles (ie. timbre des sources) et spatiales (ie. localisation des sources) des ondes sonores permettant de préserver la lisibilité de la scène sonore (notamment l'intelligibilité de la parole en présence de plusieurs locuteurs).

Pour obtenir cette synthèse multi-cibles, il existe différents procédés permettant de contrôler les haut-parleurs de façon adéquate. On peut distinguer deux approches [1]: la généralisation de la synthèse de champ sonore sur le principe de la Wave Field Synthesis (WFS) [2] ou de Higher Order Ambisonics (HOA) [3], et l'optimisation de champ sonore qui peut être vue comme la résolution d'un problème d'optimisation sous contraintes dans lequel on cherche à contrôler le champ sonore en un certain nombre de points de l'espace (dits « points de contrôle ») selon un principe généralisant le concept d'égalisation multi-points.

Avec ces différentes méthodes, on obtient déjà des résultats prometteurs, à la fois en simulation et sur des systèmes réels : synthèse de 2 zones, obtention du silence au sein d'une zone, avec un niveau d'isolement (« contraste ») entre les zones variant de 10 à 30 dB pour les fréquences graves et médium. En fonction de la fréquence, la taille de la zone peut atteindre plusieurs dizaines de cm. Les deux approches (synthèse ou optimisation de champ sonore) présentent des avantages complémentaires et il s'avérerait utile de les combiner.

Cependant il reste un certain nombre de points à améliorer, notamment en ce qui concerne les performances dans les fréquences graves et aigües, et la compensation de l'effet de salle (avec le cas critique des acoustiques domestiques) [6, 7]. Enfin, si on souhaite rendre adaptatifs les traitements, par exemple pour suivre les mouvements de l'auditeur ou pour les faire évoluer à sa demande, la complexité actuelle des calculs ne le rend pas possible.

Les applications des résultats de la thèse sont multiples : écoute multi-flux multi-auditeurs en environnement domestique (incluant l'écoute en voiture), audio conférence (pour offrir la possibilité d'aparté entre deux participants sans interférer avec la conversation principale, ou créer des zones multilingues, par exemple...).

L'intérêt est d'améliorer le confort d'écoute, de préserver l'intimité et la confidentialité des écoutes et des conversations, ou encore de proposer l'option du silence...

La thèse se déroulera au sein de l'équipe d'Orange dédiée aux technologies audio 3D pour les services de communication et de contenus (télévision, musique en streaming, VOD, ...). Le doctorant va s'intégrer au sein d'une équipe de recherche pluridisciplinaire travaillant sur les technologies de spatialisation sonore et leur évaluation perceptive.

▪ **objectif scientifique de la thèse - verrous à lever**

L'objectif de la thèse consistera à étudier un système de synthèse sonore multi-zones dédié à un environnement d'écoute domestique, et à concevoir et développer un prototype associé.

Le principal verrou que s'attacheront à lever les travaux de thèse portera sur le fait de rendre la synthèse adaptative afin que la localisation des zones sonores suive les mouvements de l'auditeur. Le doctorant commencera par développer un premier prototype dans une configuration simple (par exemple : synthèse de 2 zones, une zone sonore et une zone de silence) et non adaptative. Il étudiera ensuite comment faire évoluer les traitements pour les rendre adaptatifs. L'adaptation portera d'abord sur la position de la zone, mais pourra aussi s'intéresser à d'autres paramètres de la reproduction sonore (taille de la zone, bande passante, ...). Le processus d'adaptation implique de se doter d'outils pour identifier et suivre la position de l'auditeur. Dans un premier temps, on supposera cette question résolue. Cet aspect sera traité selon l'avancement de la thèse.

Le travail de thèse sera potentiellement amené à aborder des questions connexes concernant la définition d'une procédure appropriée de calibration des traitements (incluant un dispositif microphonique pour la mesure du champ sonore, étant donné que, dans notre cas d'usage, le système est amené à opérer dans une grande variété d'environnements à la fois très hétérogènes et non contraints), la recherche de critères d'analyse pertinents pour piloter les traitements, l'optimisation des traitements pour améliorer leur immunité vis-à-vis de l'effet de salle, en prenant en compte là encore la diversité des acoustiques domestiques. Il faudra aussi évaluer les performances non seulement par la mesure acoustique, mais aussi du point de vue de la perception effective du rendu.

De plus, dans la mesure où la principale cible est l'écoute domestique, des solutions bas coût seront privilégiées.

Le principal verrou à lever porte sur la possibilité de rendre les traitements adaptatifs pour une évolution dynamique en fonction des besoins de l'utilisateur.

D'autres verrous seront potentiellement traités :

- la versatilité des traitements pour les rendre capables d'opérer dans une grande variété d'environnements à la fois très hétérogènes et non contraints, ce qui inclut la prise en charge de l'effet de salle,
- l'équipement (en termes de dispositif de reproduction sonore et de calibration) : il s'agit de le rendre compatible avec les contraintes d'utilisation (en visant notamment des réseaux de transducteurs compacts, discrets et bas coût).

Le sujet de thèse couvre de multiples aspects de l'acoustique (traitement du signal, synthèse de champ sonore par réseaux de transducteurs, acoustique des salles, ...), ce qui donnera au doctorant l'opportunité d'une montée en compétences riche et variée.

Le travail de thèse comprend à la fois des phases de développement et d'expérimentations en conditions réelles, et devrait donner lieu à une activité inventive avec le dépôt potentiel de brevets.

▪ **approche méthodologique planning**

Le planning prévu pour la thèse est le suivant :

- T0 – T0+4 mois : bibliographique (reproduction sonore, WFS, HOA, synthèse sonore multi-zones).
- T0+4 mois - T0+8 mois : définition et mise en oeuvre d'un premier prototype de système de synthèse sonore multi-zones large bande en configuration non adaptative (choix d'une configuration simple, par exemple : synthèse de 2 zones, une zone sonore et une zone de silence).
- T0+8 mois - T0+20 mois : étude pour rendre le système adaptatif.
- T0+20 mois - T0+30 mois : mise en oeuvre et validation d'une solution adaptative.
- T0+30 mois - T0+36 mois : Rédaction, préparation de la soutenance, soutenance.

▪ **compétences (scientifiques et techniques) et qualités personnelles souhaitées**

Les compétences recherchées sont :

- Traitement du signal
- Acoustique, électroacoustique, audio, acoustique des salles.
- Reproduction sonore.
- Spatialisation sonore, son multicanal, Wave Field Synthesis, Ambisonics.
- Perception sonore.

Par ailleurs, autonomie, curiosité et ouverture d'esprit sont attendues pour cette mission.

▪ **formation demandée**

Master Recherche / Pro, incluant une sensibilisation au domaine de l'acoustique et des technologies de reproduction sonore

▪ **expérience(s) souhaitée(s)**

Stage Master 2 en recherche, si possible dans le domaine du traitement du signal ou de l'acoustique

▪ **Contact**

Pour postuler, transmettre CV & lettre de motivation à :
Rozen Nicol (Orange, IMT/OLPS/COMSERV/SVQ/TPS)
rozen.nicol@orange.com, 0296071699

Références

- [1] M. B. Moller and M. Olsen, « Sound Zones », Master Thesis – Status Report, Technical University of Denmark, 2011 June.
- [2] Nicol, R., « Restitution sonore spatialisée sur une zone étendue: Application à la téléprésence. » 1999, Université du Maine, Le Mans.
- [3] Daniel, J., Représentation de champs acoustiques, application à la transmission et à la reproduction de scènes sonores complexes dans un contexte multimédia. 2000, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Paris.
- [4] Philip Coleman, Philip Jackson, Marek Olik, Martin Olsen, Martin Møller and Jan Abildgaard Pedersen, « The influence of regularization on anechoic performance and robustness of sound zone methods », J. Acoust. Soc. Am., 2013.
- [5] Philip Coleman, Philip J. B. Jackson, Marek Olik, Martin Møller, Martin Olsen and Jan Abildgaard Pedersen, « Acoustic contrast, planarity and robustness of sound zone methods using a circular loudspeaker array », J. Acoust. Soc. Am. 135 , 2014.
- [6] Marek Olik, Philip J. B. Jackson, Philip Coleman and Jan Abildgaard Pedersen, « Optimal source placement for sound zone reproduction with first order reflections », J. Acoust. Soc. Am. 136, 2014.
- [7] Marek Olik, Philip Jackson, Philip Coleman, Martin Olsen, Martin Møller and Søren Bech, « Influence of low-order room reflections on sound zone system performance », J. Acoust. Soc. Am. 133, 2013.
- [8] Y. J. Wu and T. D. Abhayapala, « Spatial multizone soundfield reproduction : theory and design », IEEE Transactions on audio, speech and language processing, Vol. 19, n° 6, August 2011.
- [9] H. Chen, T. D. Abhayapala and W. Zhang, « Enhanced sound field reproduction within prioritized control region », Intersound 2014.
- [10] Menzies, D., « Soundfield Synthesis with Distributed Modal Constraints », Acta Acustica united with Acustica, Volume 98, Number 1, pp. 15-27(13), January/February 2012.