

# OUTILS DE SPATIALISATION SONORE POUR TERMINAUX MOBILES

## Microphone 3D pour une utilisation nomade

Thèse présentée publiquement le 04 novembre 2014 à 10h à la salle de conférences du bâtiment IRA à la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université du Maine pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences par

**Julian Palacino**

Jury :

Prof. Alexander Raake, rapporteur  
Prof. Gaël Richard, rapporteur  
Dr. Marc Emerit, examinateur et membre du CST  
Prof. Philippe Herzog, examinateur et membre du CST  
Dr. Rozenn Nicol, directeur de thèse  
Prof. Laurent Simon, codirecteur de thèse  
M. Hervé Dejardin, invité

Contact : [julianpalacino@gmail.com](mailto:julianpalacino@gmail.com)

# Abstract

Mobile technologies (such as smartphones and tablets) are now common devices of the consumer market. In this PhD we want to use those technologies as the way to introduce tools of sound spatialization into the mass market. Today the size and the number of traducers used to pick-up and to render a spatial sound scene are the main factors which limit the portability of those devices.

As a first step, a listening test, based on a spatial audio recording of an opera, let us to evaluate the 3D audio technologies available today for headphone rendering. The results of this test show that, using the appropriate binaural decoding, it is possible to achieve a good binaural rendering using only the four sensors of the *Soundfield* microphone.

Then, the steps of the development of a 3D sound pick-up system are described. Several configurations are evaluated and compared. The device, composed of 3 cardioid microphones, was developed following an approach inspired by the sound source localization and by the concept of the "object format encoding". Using the microphone signals and an adapted post-processing it is possible to determine the directions of the sources and to extract a sound signal which is representative of the sound scene. In this way, it is possible to completely describe the sound scene and to compress the audio information. This method offer the advantage of being cross platform compatible. In fact, the sound scene encoded with this method can be rendered over any reproduction system.

A second method to extract the spatial information is proposed. It uses the real *in situ* characteristics of the microphone array to perform the sound scene analysis.

Some propositions are made to complement the 3D audio chain allowing to render the result of the sound scene encoding over a binaural system or any king of speaker array using all capabilities of the mobile devices.

Key words: spatial audio, HRTF, source localization, object format

# Résumé

Les technologies nomades (smartphones, tablettes, . . . ) étant actuellement très répandues, nous avons souhaité, dans le cadre de cette thèse, les utiliser comme vecteur pour proposer au grand public des outils de spatialisation sonore. La taille et le nombre de transducteurs utilisés pour la captation et la restitution sonore spatialisée sont à ce jour la limitation principale pour une utilisation nomade. Dans une première étape, la captation d'un opéra pour une restitution sur des tablettes tactiles nous a permis d'évaluer les technologies audio 3D disponibles aujourd'hui. Les résultats de cette évaluation ont révélé que l'utilisation des quatre capteurs du microphone *Soundfield* donne de bons résultats à condition d'effectuer un décodage binaural adapté pour une restitution sur casque. Selon une approche inspirée des méthodes de localisation de source et le concept de format « objet », un prototype de prise de son 3D léger et compact a été développé. Le dispositif microphonique proposé se compose de trois capsules microphoniques cardioïdes. A partir des signaux microphoniques, un algorithme de post-traitement spatial est capable, d'une part, de déterminer la direction des sources et, d'autre part, d'extraire un signal sonore représentatif de la scène spatiale. Ces deux informations permettent ainsi de caractériser complètement la scène sonore 3D en fournissant un encodage spatial offrant le double avantage d'une compression de l'information audio et d'une flexibilité pour le choix du système de reproduction. En effet, la scène sonore ainsi encodée peut être restituée en utilisant un décodage adapté sur n'importe quel type de dispositif.

Plusieurs méthodes de localisation et différentes configurations microphoniques (géométrie et directivité) ont été étudiées.

Dans une seconde étape, l'algorithme d'extraction de l'information spatiale a été modifié pour prendre en compte les caractéristiques réelles *in situ* des microphones.

Des méthodes pour compléter la chaîne acoustique sont proposées permettant la restitution binaurale ainsi que sur tout autre dispositif de restitution. Elles proposent l'utilisation de capteurs de localisation présents sur les terminaux mobiles afin d'exploiter les capacités qu'ils offrent aujourd'hui.

Mots clefs : Son spatialisé, HRTF, localisation des sources, format objet

# Publications

[Palacino and Nicol, 2012] Palacino, J. and Nicol, R. (2012). Acquisition de données sonores spatialisées. Patent FR1260898.

[Palacino and Nicol, 2013a] Palacino, J. and Nicol, R. (2013a). Full 3D sound pick-up with a small microphone array : Prototype outline and preliminary assessment. In *Proceedings of the International Conference on Acoustics AIA/DAGA 2013*, Merano.

[Palacino and Nicol, 2013b] Palacino, J. and Nicol, R. (2013b). Spatial sound pick-up with a low number of microphones. In *Proceedings of Meetings on Acoustics ICA*, volume 19, page 055078, Montreal.

[Palacino and Nicol, 2013c] Palacino, J. and Nicol, R. (2013c). A surround microphone in your pocket. [http://www.acoustics.org/press/165th/4aSP2\\_Palacino.html](http://www.acoustics.org/press/165th/4aSP2_Palacino.html).

[Palacino et al., 2012] Palacino, J., Nicol, R., Emerit, M., and Gros, L. (2012). Perceptual assessment of binaural decoding of first-order ambisonics. In *Acoustics 2012*, Nantes, France.

[Palacino and Nicol, 2014] Palacino, J. and Nicol, R. (2014). Des HRTF aux object-RTF : Système de prise de son 3d pour dispositifs nomades. In *CFA 2014*, Poitiers - France. CFA.