

La simulation numérique à la rescousse du son binaural

François ALOUGES, CMAP - Ecole polytechnique

Matthieu AUSSAL, CMAP - Ecole polytechnique

De la même façon que le système visuel humain permet de discerner le relief, l'audition humaine a la capacité de localiser l'origine spatiale d'une source sonore. Cette acuité qu'a développée le cerveau depuis la naissance lui permet d'analyser les microdifférences écoutées par chacune des oreilles, à la fois en termes de niveau sonore et de différence de phase, afin de restituer à l'auditeur une perception volumique du son. Les phénomènes sous-jacents sont relativement complexes. Physiquement, la diffraction de l'onde sonore par l'auditeur lui-même, et plus particulièrement sa tête et le pavillon de ses oreilles (dont la géométrie n'est pas simple) fournit les indices qui permettent de caractériser l'origine spatiale d'une source sonore.

En théorie, de la même façon que l'on peut, avec des lunettes adaptées donner l'illusion à un spectateur qu'il visualise une scène tridimensionnelle au cinéma, on doit être capable de recréer un environnement sonore sur casque audio. On pourrait ainsi fournir à l'auditeur l'illusion qu'il est immergé dans un environnement sonore spatial. Pour cela, il faut synthétiser le problème de diffraction et reconstituer le son que percevrait chaque oreille si la source sonore était produite d'un endroit spatialement fixe, extérieur à l'auditeur. De nombreux problèmes doivent ainsi être traités et reproduits, comme par exemple, la diffraction en fonction de la géométrie de l'auditeur, la réverbération de la pièce dans laquelle il se trouve, l'adaptation en temps réel en fonction de la position et de l'orientation de sa tête, etc.

Afin de recréer numériquement l'expérience physique et calculer la diffraction par une tête d'une onde sonore venant de n'importe quelle direction, nous avons développé une chaîne de calcul numérique permettant de résoudre depuis la simulation jusqu'au rendu final sur casque le problème de la restitution sonore spatiale. La simulation utilise un moteur de calcul par équations intégrales novateur qui contient une méthode de convolution rapide nouvelle [1] basée sur des FFT non uniformes [2, 3]. Ce moteur, MyBEM, entièrement codé en MATLAB affiche des performances étonnantes.

La contribution contiendra une explication complète de la méthodologie, et sera accompagnée d'une démonstration effective du dispositif.

Références

- [1] F. ALOUGES et M. AUSSAL, *The Sparse Cardinal Sine Decomposition and its application for fast numerical convolution*, Numerical Algorithms, 1-22, 2015.
- [2] L. GREENGARD et J.-Y. LEE, *Accelerating the nonuniform fast Fourier transform*, SIAM review, 46(3), 443-454, 2004.
- [3] J. Y. LEE et L. GREENGARD, *The type 3 nonuniform FFT and its applications*, Journal of Computational Physics, 206(1), 1-5, 2005.

François ALOUGES, Centre de Mathématiques Appliquées, Ecole polytechnique, route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex
francois.alouges@polytechnique.edu
Matthieu AUSSAL, Centre de Mathématiques Appliquées, Ecole polytechnique, route de Saclay, 91128 Palaiseau Cedex
matthieu.aussal@polytechnique.edu