

Proposition d'un sujet de Thèse en Acoustique

2019-2022

Développement d'un Modèle Hybride Couplant Milieux Intérieur et Extérieur pour la Préviation Acoustique des Basses aux Hautes Fréquences.



Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale

Contexte et objectif du sujet de thèse

Il est désormais bien établi que le bruit, dans l'environnement extérieur comme au sein des locaux, constitue une préoccupation majeure tant à l'échelle du territoire national qu'à l'échelle européenne [OMS2018]. La réglementation et la normalisation évoluent et s'harmonisent entre pays de l'Union afin de prévenir et de limiter les nuisances sonores intérieures et extérieures [Royal1992, Dir2002/49/CE].

Pour répondre à ces enjeux et ces contraintes, les bureaux d'études exploitent des outils de prévision acoustique pour tous projets d'aménagement, de réhabilitation et de construction. À ce jour, les logiciels utilisés sont basés sur des méthodes énergétiques issues d'approches asymptotiques Hautes Fréquences (HF) de l'équation de propagation des ondes. Il s'agit principalement de méthodes de tir de particules et de rayons sonores [N1993, D1995]. Malheureusement, ces méthodes n'intègrent pas le couplage intérieur/extérieur pouvant permettre d'estimer le champ sonore à l'intérieur d'un bâtiment issu d'une source sonore extérieure (e.g. trafic routier), ou le rayonnement d'une source sonore intérieure vers l'extérieur dans le cas d'une source industrielle par exemple.

Intrinsèquement, ces outils ne peuvent donc pas intégrer les aspects Basses Fréquences (BF) rencontrés par exemple dans les constructions légères (bruits des équipements au sein des constructions bois, bruit à la marche, ...) et dans l'environnement (bruit des éoliennes, installations classées, ...). Ces méthodes énergétiques ne doivent toutefois pas être exclues puisqu'elles permettent des prévisions hautes fréquences valides (200-1000 Hz) pour un coût numérique raisonnable.

Depuis de nombreuses années, l'UMRAE développe ces méthodes énergétiques HF (particules/rayons [PF2012], équations de diffusion [FVBPS2009, FPV20016] et de transport [PPCBB2005]) et, parallèlement, des modèles basés sur des approches ondulatoires (équation parabolique [LGBBBC2006], TLM [Gui2009, GPDG2011, GP2012, GF2014] et FDTD [Fau2014]). Ces dernières sont dites "Basses Fréquences" car elles engendrent un coût numérique trop élevé pour une utilisation en HF. Ceci est lié au fait qu'elles nécessitent des pas de discrétisation spatiale et temporelle inversement proportionnels à la limite haute de la gamme de fréquences d'étude. Ainsi, plus les dimensions du domaine d'étude sont importantes (acoustique de l'environnement versus acoustique du bâtiment), plus cette limitation contraint l'application de ces modèles.

L'objectif de la thèse est donc de développer un modèle de prévision acoustique hybride BF/HF pouvant être utilisé en milieux intérieur et extérieur, dont un des principaux avantages est de coupler ces deux milieux de propagation afin d'étudier l'impact d'une source d'un milieu vers l'autre.

Types de résultats scientifiques escomptés

Les principaux types de résultats escomptés sont résumés ci-dessous :

- Le développement d'un modèle hybride alliant les avantages des modèles BF et HF susmentionnés qui permette à la fois de balayer une plage fréquentielle plus étendue que celle issue de chaque modèle exploité indépendamment, ainsi que de modéliser le champ sonore dans les bâtiments et en milieu extérieur ;
- Une meilleure compréhension du couplage des modèles de prévision acoustique, notamment concernant le lien entre les paramètres acoustiques inhérents à ces deux modèles ;
- En acoustique du bâtiment ou environnementale, une meilleure connaissance de l'influence des modes propres (BF) d'une salle ou d'une rue sur le champ réverbéré et, *a posteriori*, sur les indicateurs acoustiques utilisés dans la réglementation ;
- Une meilleure connaissance des modèles de prévision acoustique développés par l'UMRAE (Ifsttar/Cerema) ; cette thèse permettra de mieux appréhender les domaines d'utilisation de ces modèles que ce soit en termes de milieu de propagation (bâtiment et environnement extérieur) ou de plages fréquentielles d'utilisation (BF et HF).

Encadrement de la thèse

Le candidat à la thèse intégrera l'Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale IFSTTAR/CEREMA (<http://www.umrae.fr/>).

	Nom	Prénom	Statut
Directeur de thèse	Picaut	Judicaël	Directeur de Recherche Ifsttar Judicael.picaut@ifsttar.fr Tel : 02.40.84.57.89
Co-encadrant 1	Guillaume	Gwenaël	Chargé de Recherche Cerema Gwenael.guillaume@cerema.fr Tel : 03.88.77.46.07
Co-encadrant 2	Foy	Cédric	Chargé de Recherche Cerema Cedric.foy@cerema.fr Tel : 03.88.77.79.26

Lieu de la thèse

La thèse aura lieu au Laboratoire d'Acoustique du Cerema, 11 rue Jean Mentelin, 67200 Strasbourg.

Références :

[D1995] B.-I. Dalenback. "A new model for room acoustic prediction and auralization". Ph.D. thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 1995. <https://www.tib.eu/en/search/id/TIBKAT%3A196312906/A-new-model-for-room-acoustic-prediction-and-auralization/>

[Dir2002/49/CE] Directive 2002/49/CE. "Directive of the European parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise", 2002. <http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm>

[FPV20016] C. Foy, J. Picaut et V. Valeau. Including scattering within the room acoustics diffusion model: an analytical approach. The Journal of the Acoustical Society of America, **140**(4), pp. 2659–2669, 2016. <https://doi.org/10.1121/1.4963081>

[FVBPS2009] C. Foy, V. Valeau, A. Billon, J. Picaut et A. Sakout. An empirical diffusion model for acoustic prediction in rooms with mixed diffuse and specular reflections. Acta Acustica United With Acustica, **95**, pp. 97-105, 2005. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00459922>

[GF2014] G. Guillaume et N. Fortin. Optimized transmission line matrix model implementation for graphics processing units computing in built-up environment, Journal of Building Performance Simulation **7**(6), pp. 445-456, 2014. <https://doi.org/10.1080/19401493.2013.864335>

[GP2012] G. Guillaume et J. Picaut. TLM modelling for room acoustics. 41^e International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTERNOISE), 2012

[GPDG2011] G. Guillaume, J. Picaut, G. Dutilleux et B. Gauvreau. Time-domain impedance formulation for transmission line matrix modelling of outdoor sound propagation. Journal of Sound and Vibration **330**(26), pp. 6467-6481. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2011.08.004>

[Fau2014] O. Faure. Analyse numérique et expérimentale de la propagation acoustique extérieure : effets de sol en présence d'irrégularités de surface et méthodes temporelles, thèse de doctorat, École Centrale de Lyon, 2014. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01132517/document>

[Gui2009] G. Guillaume. Application de la méthode TLM à la modélisation de la propagation acoustique en milieu urbain. Thèse de doctorat, Université du Maine, 2009. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00793252/>

[LGBBBC2006] B. Lihoreau, B. Gauvreau, M. Bérengier, P. Blanc-Benon et I. Calmet. Outdoor sound propagation modeling in realistic environments: Application of coupled parabolic and atmospheric models. The Journal of the Acoustical Society of America **120**(1), pp.110-119, 2006, <https://doi.org/10.1121/1.2204455>

[N1993] G. Naylor. ODEON Another hybrid room acoustical model. Applied Acoustic, **38**(2-4), pp. 131-143, 1993. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003682X9390047A>

[OMS2018] World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe, Environmental Noise Guidelines for the European Region, ISBN 978 92 890 5356 3, 2018. www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018

[PF2012] J. Picaut et N. Fortin. SPPS, a particle-tracing numerical code for indoor and outdoor sound propagation prediction. Acoustics 2012, Nantes. https://www.ifsttar.fr/uploads/tx_ifsttarph2/documents/article_SPPS_01.pdf.

[PPCBB2005] T. Le Polles, J. Picaut, S. Colle, M. Berengier, et C. Bardos. Sound-field modeling in architectural acoustics by a transport theory: Application to street canyons. Phys. Rev. E72, 046609 (2005). <https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.72.046609>

[Royal1992] Loi "Royal" (ou loi "bruit"), Loi n°92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, loi codifiée aux articles L.571.1 à L.571.26 du code de l'environnement, 1992.

