



# UMR Acoustique Environnementale

(Université Gustave Eiffel – CEREMA)

## PROPOSITION DE THESE 2021

Sujet de thèse

---

### Modélisation des paysages sonores urbains

#### Compétences et formations requises

---

Acoustique environnementale ou géomatique;  
Connaissance des systèmes d'information géographique (SIG) ;  
Bonnes notions en programmation (POSTGIS/H2GIS, JAVA, R) ;

#### Description

---

##### Contexte :

La part des personnes vivant en ville ne cesse d'augmenter et on estime qu'en 2050 près de 66% des 9,5 milliards d'habitants que comptera la planète habiteront la ville. L'environnement sonore y joue un rôle prépondérant pour la santé et la qualité de vie d'un habitant et des liens forts existent entre les ambiances sonores et les affects, les émotions ou encore l'identité liée à des lieux. La loi bruit 1992 puis la directive européenne 2002 ont été des éléments importants de la prise en compte du bruit par les états et les acteurs territoriaux, mais ces approches réglementaires se limitent à des indicateurs simples de l'environnement sonore : niveau sonore moyenné lorsqu'il dépasse un certain seuil, calculé uniquement pour quelques sources considérées comme gênantes ou nuisibles dans le but de les réduire ou de les maîtriser.

Le concept de « paysage sonore » a été introduit, dans les années 70, par Murray Schafer, et se diffuse largement depuis 20 ans au sein de la communauté de l'acoustique environnementale. Un consensus mène maintenant à le définir comme « l'environnement acoustique tel qu'il est perçu ou expérimenté ou compris par un individu ou un groupe social dans un contexte ». Cette approche reconnaît la complexité à la fois de l'environnement acoustique (l'étude du paysage sonore est toujours multi-sources et intègre les dynamiques temporelles) et de ses modes de perception. Cependant, encore très peu d'outils et de méthodes d'analyse, de description ou de représentation du paysage sonore sont mis en pratique. Cela pourrait pourtant permettre une approche plus globale des environnements sonores, pour tendre vers une prise de décision à la fois plus en amont et plus pertinente lors de l'aménagement ou du réaménagement urbain, associant différents acteurs de la ville : usagers, habitants, concepteurs, aménageurs, décideurs.

Un verrou scientifique actuel pour la modélisation des paysages sonores urbains est la prise en compte physique de la multiplicité des sources et de leur dynamique. Des liens forts ont en effet été établis entre ces dimensions et les environnements sonores perçus. Dans ce contexte, les objectifs de la thèse sont les suivants :

- Faire avancer les connaissances sur la modélisation et la représentation multi-sources et dynamique des environnements sonores. Cette approche nécessite à la fois d'identifier les

sources influentes sur nos perceptions, de modéliser leur localisation et leur activité, mais aussi les caractéristiques de leur émission sonore (spectre, signature temporelle, directivité, etc.) ;

- Explorer à l'aide de ces modélisations des questions de recherche nouvelles, comme l'étude de l'intelligibilité de la voix parlée dans l'espace (i.e. à quels endroits de la ville le dialogue est-il entravé ?) ou encore la distance à laquelle certaines sources sonores (e.g. chants d'oiseaux) peuvent être entendues/détectées par un passant ou un riverain. Ces dimensions peuvent en effet être des facteurs importants de l'aménagement urbain jusqu'à présent inexplorés ou peuvent avoir des impacts sur des disciplines connexes, comme par exemple, l'évaluation de la biodiversité urbaine par l'écoute humaine ou artificielle.

### **Positionnement par rapport à l'état de l'art :**

Il existe encore très peu de travaux sur la représentation physique des environnements sonores qui prennent en compte l'ensemble des sources sonores urbaines typiques : fontaines, piétons, terrasses, chants d'oiseaux, etc., et leurs dynamiques, alors que leur importance du point de vue perceptif est désormais établie. S'il a par exemple été montré que l'abondance des oiseaux est corrélée à des indicateurs morphologiques urbains ou d'usage de sol (Hao, Kang et Krijnders, 2015 ; Pellissier et al., 2012) ces travaux n'ont pas été intégrés à une cartographie ou représentation des environnements sonores. De même, pour les piétons, il a pu être montré le lien entre des points attracteurs (arrêt de métro, boutiques, restaurants, bars, etc...) et leur densité (Miranda-Moreno et Fernandes, 2011). En couplant ces travaux avec ceux qui étudient la manière dont les piétons communiquent en ville (Meng et Kang, 2015), il serait possible d'aller vers une modélisation fine de ces sources. Il en résulte qu'à l'échelle du quartier ou de la ville, il existe très peu de cartes thématiques des caractéristiques d'intérêt du paysage sonore : localisation, intensité, et portée des sources (Hong et Jeon, 2014 ; Lavandier et al., 2016) et ces cartes ne sont jamais à destination des collectivités territoriales ou du grand public malgré l'intérêt qu'elles pourraient avoir.

### **Outils :**

L'UMRAE et le laboratoire Lab-STICC sont à l'initiative de l'outil **NoiseModelling**. Il s'agit d'un logiciel open-source conçu pour produire des cartes de bruit environnemental sur de très grandes zones urbaines. A travers du doctorat, vous contribuerez activement à cet outil. Il sera le support technique de vos développements méthodologiques et conceptuels.

Vous pourrez confronter vos modèles à trois bases de données disponibles : « **Paysages sonores Nantais 2019-2020** », « **NoiseCapture** » et celle composée de mesures perceptives provenant des projets « **CARTASUR** » et « **GRAFIC** ».

### **Objectifs :**

- Réaliser une analyse bibliographique concernant les sources influentes sur nos perceptions, le recensement des spectres sonores et signatures temporelles de ces sources, localisation, activité, etc.;
- Explorer les bases de données disponibles par le prisme des sources sonores pour en extraire des informations sur leur localisation et leur activité ;
- Sur la base des deux premiers points, mettre en évidence les liens entre des variables connues (indicateurs morphologiques urbains, heure du jour, météorologie, etc.) et la localisation et de l'activité des sources sonores ;

- Implémenter sous le logiciel NoiseModelling le modèle proposé ;
- Intégrer pour les sources d'intérêt au sein de la modélisation le calcul d'indicateurs perceptifs novateurs de type « distance d'écoute », « prédominance » ;
- Utiliser l'outil proposé pour explorer des questions de recherche liées à ces nouveaux indicateurs ;
- Mener une réflexion sur la représentation cartographique des résultats obtenus.

#### **Programmation :**

Dans un premier temps, un travail d'exploration bibliographique exhaustif des liens entre la localisation et l'activité des sources sonores et les indicateurs géographiques devra être mené.

Il s'agira ensuite d'explorer les bases de données disponibles afin de mettre en évidence les liens entre la morphologie urbaine, l'heure de la journée, etc. et la localisation et activité des sources sonores.

Il s'agira ensuite d'intégrer les sources sonores modélisés dans l'outil NoiseModelling.

Enfin, vous devrez engager une réflexion sur la restitution de vos résultats de recherche sous la forme de représentations cartographiques qui traduiraient au mieux les sorties de vos modèles, notamment en intégrant des indicateurs perceptifs originaux comme la distance d'écoute ou la prédominance de sources sonores.

Les résultats de cette recherche ont vocation à être partagés avec la communauté scientifique par le biais de publications dans des revues internationales et de communications dans des congrès internationaux.

#### **Quelques références :**

- A. Muzert et al., « Evaluation des impacts sanitaires extra-auditifs du bruit environnemental : Saisine 2009-SA-0333: avis de l'ANSES: Rapport d'expertise collective », Agence nationale de sécurité sanitaire - ANSES, 2013.
- D. Botteldooren, L. Dekoninck, et D. Gillis, « The influence of traffic noise on appreciation of the living quality of a neighborhood », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 8, no 3, p. 777-798, 2011, doi: 10.3390/ijerph8030777.
- R. M. Schafer, *The Tuning of the World: Toward a Theory of Soundscape Design*. University of Pennsylvania Press, 1977.
- ISO 12913-1, *Acoustique -- Paysage sonore -- Partie 1: Définition et cadre conceptuel*. 2014.
- P. Lercher, I. van Kamp, E. von Lindern, et D. Botteldooren, *Perceived Soundscapes and Health-Related Quality of Life, Context, Restoration, and Personal Characteristics*. 2015.
- C. Lavandier, P. Aumond, S. Gomez, et C. Dominguez, « Urban soundscape maps modelled with geo-referenced data », *Noise Mapping*, vol. 3, no 1, 2016, doi: 10.1515/noise-2016-0020.
- R. Klæboe, E. Engelen, et M. Steinnes, « Context sensitive noise impact mapping », *Applied Acoustics*, vol. 67, no 7, p. 620-642, juill. 2006, doi: 10.1016/j.apacoust.2005.12.002.
- S. Kephelopoulou, M. Paviotti, F. Anfosso-Lédée, D. Van Maercke, S. Shilton, et N. Jones, « Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: The CNOSSOS-EU framework for strategic environmental noise mapping. », *The Science of the total environment*, vol. 482-483, p. 400-10, juin 2014, doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.031.
- P. Aumond, L. Jacquesson, et A. Can, « Probabilistic modeling framework for multisource sound mapping », *Applied Acoustics*, vol. 139, p. 34-43, oct. 2018, doi: 10.1016/j.apacoust.2018.04.017.
- J. Y. Hong et J. Y. Jeon, « Soundscape mapping in urban contexts using GIS techniques », *Inter-noise 2014*, p. 5-5, 2014.

- F. Aletta et J. Kang, « Soundscape approach integrating noise mapping techniques: a case study in Brighton, UK », Noise Mapping, vol. 2, no 1, p. 1-12, janv. 2015, doi: 10.1515/noise-2015-0001.
- D. Botteldooren et B. De Coensel, « The role of saliency, attention and source identification in soundscape research », in INTER-NOISE and NOISE-CON, Congress and Conference Proceedings, 2009, vol. 5, p. 2198-2205.
- P. Aumond, A. Can, et C. Lavandier, « Relationships between noise annoyance, urban soundscape and acoustic indicators in the French city of Lorient », in Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics, Aachen, Allemagne, 2019.
- A. Can, P. Aumond, B. DE COENSEL, C. Ribeiro, D. Botteldooren, et C. Lavandier, « Probabilistic Modelling of the Temporal Variability of Urban Sound Levels », Acta Acustica united with Acustica, vol. 104, no 1, p. 94-105, janv. 2018, doi: 10.3813/AAA.919149.
- P. Aumond, A. Can, B. De Coensel, D. Botteldooren, C. Ribeiro, et C. Lavandier, « Modeling Soundscape Pleasantness Using perceptual Assessments and Acoustic Measurements Along Paths in Urban Context », Acta Acustica united with Acustica, vol. 103, no 3, p. 430-443, mai 2017, doi: 10.3813/AAA.919073.
- F. Gontier, C. LAVANDIER, P. Aumond, M. Lagrange, et J.-F. Petiot, « Estimation of the perceived time of presence of sources in urban acoustic environments using deep learning techniques », Acta Acustica united with Acustica, 2019.
- Aumond, Pierre, Nicolas Fortin, and Arnaud Can. "Overview of the Noise Modelling open-source software version 3 and its applications." - <https://noise-planet.org/noisemodelling.html>

## Profil du candidat

---

Le candidat aura des bases solides en acoustique ainsi que des connaissances en géomatique. Le goût pour la rédaction et un bon niveau en anglais sont indispensables, ainsi que la maîtrise d'un langage de programmation.

## Lieu du stage

---

- Univ. Eiffel – Lyon-Bron** (25, avenue François Mitterrand, Case24, Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex)
- Univ. Eiffel – Nantes** (route de Bouaye, CS4, F-44344 Bouguenais Cedex)
- Cerema – Strasbourg** (11, rue Jean Mentelin, Strasbourg-Koenigshoffen, F-67035 Strasbourg)

## Contact

---

**M. Pierre AUMOND**  
**UMRAE (Université Gustave Eiffel, campus de Nantes)**  
**Tél. +33 2 40 84 59 03**  
**Email: [pierre.aumond@univ-eiffel.fr](mailto:pierre.aumond@univ-eiffel.fr)**

## Financement

---

La Thèse, d'une durée de 36 mois, sera rémunérée approximativement 1858 € bruts / mois les deux premières années, et 2165 € bruts / mois la troisième année. Des vacances d'enseignement ou des missions en entreprise peuvent venir compléter ces contrats doctoraux.