

Sujet de thèse

Modélisation et caractérisation perceptive des événements rares en acoustique environnementale urbaine

Compétences et formations requises

Disciplines abordées : Acoustique environnementale (modélisation physique et étude perceptive) – Statistiques – Mathématiques appliquées.

Description

Le développement des territoires urbanisés s'accompagne d'une croissance de la mobilité et d'attentes fortes de la part des populations en termes d'environnement. La nuisance sonore est l'une des externalités environnementales affectant le plus la qualité de vie des citoyens ; elle a de plus des impacts de santé publique notoires. Les cartes de bruit de trafic routier produites en milieu urbain répondent à un enjeu de communication et de gestion des **nuisances sonores** sur le territoire urbain.

Seulement, les cartes produites s'appuient sur une estimation moyennée des variables du trafic et un calcul de la propagation du bruit, qui ne donne accès qu'à des indicateurs du bruit eux aussi moyennés, tel que le L_{den} . Cette approche est pertinente pour caractériser les zones les plus bruyantes de la ville et la gêne associée. En revanche, elle trouve ses limites dans de nombreux cas d'exposition, où la littérature laisse entrevoir l'impact des **variations temporelles des niveaux de bruit** et de la présence d'**émergences** sur les environnements sonores perçus et sur la gêne qui en découle (Lavandier *et al.* 2011, Basner *et al.* 2014). C'est le cas par exemple dans des zones à faible trafic où la distinction entre niveaux faibles (par exemple le niveau dépassé 90% du temps L_{90}) et niveaux élevés (par exemple le niveau dépassé 10% du temps L_{10}) est importante, ou encore dans le cas d'expositions nocturnes, où les réveils peuvent être associés au nombre et à l'intensité des émergences (par exemple le niveau dépassé 1% du temps L_1 , le nombre d'événements dépassant 80 dB NNE_{80} , etc.). Ces cas d'expositions sont très importants dans la mesure où ils participent grandement à la **qualité de l'environnement sonore urbain** ; cependant leur estimation se heurte à des verrous scientifiques non résolus.

L'objet de la thèse sera de s'intéresser à l'estimation des distributions de bruit, et plus particulièrement à **l'estimation des queues de distributions et des indicateurs d'émergences liés au trafic routier en milieu urbain**, puis d'**étudier leur impact sur la perception**. Cette recherche s'inscrit dans les défis scientifiques que s'est donné l'Ifsttar concernant le développement de méthodes d'évaluation de l'impact du trafic sur les populations. Plus généralement cette thèse contribuera à l'effort de recherche produit par l'institut pour la transition vers une mobilité durable et une protection des territoires urbanisés, et trouve ainsi sa place dans le projet fédérateur Ville2050 porté par l'institut.

Trois cadres de modélisation complémentaires sont envisagés :

- **Approche stochastique** : l'estimation des indicateurs acoustiques cités pourrait potentiellement se faire au sein des chaînes de modélisations statiques utilisées usuellement pour la réalisation de cartes de bruit, telles que la plateforme NoiseModelling développée à l'UMRAE, mais cela nécessite un cadre de

modélisation stochastique (Aumond *et al.* 2017). Une réflexion sera notamment nécessaire sur la manière dont distribuer les variables d'entrée du modèle (vitesse des véhicules, émissions individuelles, etc.), en fonction des indicateurs à estimer.

- **Approche dynamique** : le cadre de modélisation dynamique, s'appuyant sur un modèle dynamique d'écoulement du trafic routier représentant les trajectoires des véhicules et sensible aux conditions de circulation, est approprié pour l'estimation des indicateurs d'écoulements. Cette approche présente de plus l'intérêt de pouvoir tester des stratégies de régulation du trafic routier visant à apaiser la conduite, et donc diminuer les nombres d'écoulements. Des premiers travaux ont montré l'intérêt de distribuer les paramètres d'entrée dans ce cadre de modélisation, mais les distributions utilisées n'étaient pas spécifiques aux conditions de circulation en milieu urbain (Can *et al.* 2010, De Coensel *et al.* 2016). Le cas échéant, une campagne de mesures sera donc réalisée pour mesurer la variabilité des émissions des véhicules en milieu urbain sur un cas réel, ou pour rajouter au sein de la modélisation une classe de véhicules spécifiques (motos par exemple).
- **Approche statistique** : le formalisme statistique pour la modélisation des événements rares sera appliqué à l'estimation des indicateurs d'écoulements. Distribuer les paramètres d'entrée des modèles ne peut en effet vraisemblablement pas suffire à estimer des indicateurs d'écoulements très marqués (par exemple les niveaux dépassés 1% ou 0.1% du temps), à cause de l'interdépendance entre les paramètres d'entrée. Ces événements rares ont un impact significatif, notamment sur les réveils nocturnes. La modélisation des événements rares est un domaine de la statistique bien documenté (Van Der Paal 2014). Ces méthodes ont été utilisées en pollution de l'air, mais très peu en acoustique environnementale, même si les formes des distributions ont déjà été caractérisées (Can *et al.* 2017). Le recours à des lois de distributions particulières (loi d'extrémum généralisée, skewed t-distribution, etc.), des modélisations avec réseaux de neurones ou machines à vecteurs supports, qui ont fait leurs preuves pour la prédiction des événements rares en pollution de l'air, seront investigués.

Les estimations réalisées par les 3 approches ci-dessus seront confrontées à des **données expérimentales** recueillies par le biais d'un réseau de mesure qui sera déployé dans le courant de l'année 2018 le cadre du projet CENSE sur la ville de Lorient (plus de 100 points de mesure).

Enfin, un **test perceptif** permettra de relier les indicateurs estimés aux dimensions perceptives caractérisant les lieux d'intérêt. Le test perceptif correspondant sera mis en place au sein du laboratoire immersif de l'Université de Cergy-Pontoise, sous la direction de Catherine Lavandier, dans l'objectif de relier la gêne perçue au nombre et à l'intensité des écoulements estimés. Ces résultats, combinés à ceux issus du travail de modélisation, pourront servir de point d'entrée pour une collaboration future avec des épidémiologistes, qui sont dans l'attente d'une modélisation des écoulements acoustiques.

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. En particulier, les résultats des travaux en modélisation et les résultats du test perceptif sont très attendus de la communauté et feront chacun l'objet de la rédaction d'un article scientifique.

Références :

Lavandier C., Barbot B., Terroir J., Schütte M., "Impact of aircraft sound quality combined with the repetition of aircraft flyovers on annoyance as perceived activity disturbance in a laboratory context", *Applied Acoustics*, Vol. 72(4), pp.169-176, mars 2011.

Basner et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*. 2014 Apr 12; 383(9925): 1325–1332.

Aumond P., Jacquesson L., Can A. Probabilistic modeling framework for multisource sound mapping, *Landscape urban Planning*, 2017.

Can A., Leclercq L., Lelong J., Botteldooren D. Traffic noise spectrum analysis: Dynamic modeling vs. Experimental observations, Applied Acoustics, 71(8), 2010, p. 764-770.

De Coensel B., Brown L., Tomerini D. A road traffic noise pattern simulation model that includes distributions of vehicle sound power levels. Applied Acoustics 111, (2016) 170-178.

Can A., Aumond P., De Coensel B., Ribeiro C., Botteldooren D., Lavandier C. Analysis and probabilistic modelling of the urban sound levels temporal variability, Acta Acustica united with Acustica, 2017.

Van Der Paal, 2014. A comparison of different methods for modelling rare events data.

Profil du candidat

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

Lieu

La thèse se déroulera au UMRAE, sur le site Ifsttar de Nantes.

Contact

M. Arnaud CAN

UMRAE (Ifsttar, centre de Nantes)

Tél. +33 2 40 84 58 53

Email: arnaud.can@ifsttar.fr

Encadrement

Directeur de Thèse : Judicaël Picaut, Ifsttar, LAE.

Co-directeur de thèse : Arnaud Can, Ifsttar, LAE.

Co-directrice de thèse : Catherine Lavandier, ETIS, Université de Cergy-Pontoise.

Financement

La Thèse, d'une durée de 36 mois, sera rémunérée approximativement 1764 € bruts / mois les deux premières années, et 2058€ bruts / mois la troisième année.