



16^{ème} Congrès Français d'Acoustique
11-15 avril 2022, Marseille

Évaluer l'impact d'installations sonores sur la perception du paysage sonore urbain : cas d'étude d'une place publique parisienne.

V. Fraisse^{a,b,c}, E. Nicolas^a, N. Schütz^{a,d,e}, C. Ribeiro^f et N. Misdariis^a

^a STMS IRCAM-CNRS-SU, Paris

^b Schulich School of Music, McGill University, Montreal

^c Centre for Interdisciplinary Research in Music Media and Technology, Montreal

^d Institute of Landscape and Urban Studies (LUS), ETH Zurich, Zurich

^e (((Echora))), Zurich

^f Bruitparif, Saint-Denis



Dans nos sociétés urbaines, il est courant de considérer l'environnement sonore comme une pollution qu'il convient de réduire. Pourtant, diminuer le niveau sonore n'entraîne pas forcément une amélioration de la qualité d'un environnement sonore, car la nature des sources qui y sont présentes est d'une importance critique pour son appréciation. Plutôt que de considérer le son comme une nuisance, il est ainsi possible de l'envisager comme une ressource pouvant avoir un impact positif sur la qualité de vie urbaine. Dans ce cadre, mon projet doctoral consiste à planifier et étudier l'impact d'installations sonores sur le paysage sonore urbain. Mon premier cas d'étude s'incarne dans une collaboration scientifique et artistique autour du projet Niches Acoustiques, porté par la compositrice Nadine Schütz. Ce projet vise la mise en place d'une installation sonore pérenne dans une place publique, le parvis du Tribunal de Grande Instance de Paris. Notre objectif est double : au moyen d'évaluations perceptives impliquant des simulations de paysages sonores en laboratoire, nous cherchons à informer la composition de cette œuvre et à anticiper son impact sur la perception du lieu où elle sera déployée. Nous présentons ici la première phase de ce projet, une session de mesures permettant la simulation spatialisée de l'environnement sonore du parvis et des futures interventions sonores qui s'opèreront dans le cadre du projet artistique. Deux séries de mesure ont été effectuées : des mesures acoustiques et des prises de son de type High-Order Ambisonics à différentes positions et périodes d'activité, puis, en collaboration avec Bruitparif, des mesures de niveau sonore continues pendant plusieurs semaines. Les données de cette double campagne seront présentées. Elles fournissent à la fois le matériau nécessaire à la simulation du paysage sonore du site, mais permettent aussi des analyses préliminaires qui caractérisent et identifient l'activité et la signature acoustique du lieu.

1 Introduction

L'exposition au bruit urbain peut avoir des effets néfastes sur la santé et la qualité de vie, et les approches traditionnelles de gestion de l'environnement sonore se basent souvent sur une réduction du niveau sonore pour remédier à ce problème [1], [2]. Pourtant, cette approche basée sur des indicateurs physiques et psychoacoustiques ne corrèle pas toujours bien avec les évaluations humaines, et l'étude de la perception des environnements sonores semble nécessaire pour mieux évaluer et améliorer la qualité de l'environnement sonore urbain [3], [4]. C'est dans ce cadre qu'est née l'approche du paysage sonore, impliquant d'évaluer la perception de l'environnement sonore par les individus ou les communautés concernées à l'aide d'un large éventail de méthodes [5], [6]. L'approche du paysage sonore permet ainsi d'envisager une gestion proactive de l'environnement sonore urbain. En particulier, plusieurs études récentes suggèrent que les sons ajoutés et en particulier les installations sonores artistiques dans l'espace public peuvent avoir une influence positive sur l'évaluation de l'environnement sonore (e.g. [7]–[11]). Pourtant, le rôle des sons ajoutés en contexte urbain reste peu étudié, et il n'existe pas à ce jour d'études du paysage sonore durant la phase de conception d'installations sonores [10]. Plus de recherche est nécessaire pour mieux informer les acteurs urbains quant à la gestion de l'environnement sonore afin d'optimiser la qualité auditive des espaces publics.

Nous présentons ici un projet de recherche impliquant une collaboration scientifique et artistique autour de la création de l'installation sonore permanente *Niches Acoustiques* par la compositrice Nadine Schütz, prochainement déployée sur le parvis du Tribunal de Grande Instance (TGI) de Paris. Nous cherchons à informer la composition de cette installation sonore et à évaluer son impact sur le paysage sonore à partir d'évaluations perceptives et de mesures acoustiques. Les mesures présentées dans ce papier constituent la première phase de ce

projet de recherche. Elles sont constituées de deux campagnes de mesure. D'une part, des prises de son de type *High-Order Ambisonics* combinées à des mesures acoustiques furent réalisées au printemps 2021. D'autre part, des mesures continues du niveau sonore à différentes positions du parvis ont été réalisées sur plusieurs semaines en collaboration avec le centre d'évaluation technique de l'environnement sonore Bruitparif. Ces mesures vont permettre, à terme, d'évaluer des prototypes de l'installation sonore en laboratoire à travers des simulations de paysage sonore pour en informer la composition.

2 Matériel et Protocole

Deux sessions de mesure ont été effectuées. Au printemps 2021, une campagne de prises de son Ambisoniques et de mesures acoustiques a été réalisée, à travers différentes périodes d'activités (voir tableau 1). À l'automne 2021, des stations de monitoring acoustique ont été installées pour une durée de deux semaines.

Tableau 1 – Calendrier des campagnes de mesure

Campagne	Session	Date	Début	Fin
Prises de son	Semaine matin	Je 20/05/21	09h20	12h45
	Semaine après-midi	Je 27/05/21	12h30	15h30
	Week-end soirée	Sa 05/06/21	15h50	18h20
	Week-end matin	Di 06/06/21	09h45	12h10
	Semaine soirée	Ma 08/06/21	16h35	19h10
	Début	Fin		
Monitoring	27/09/2021 9h30	10/10/2021 12h		

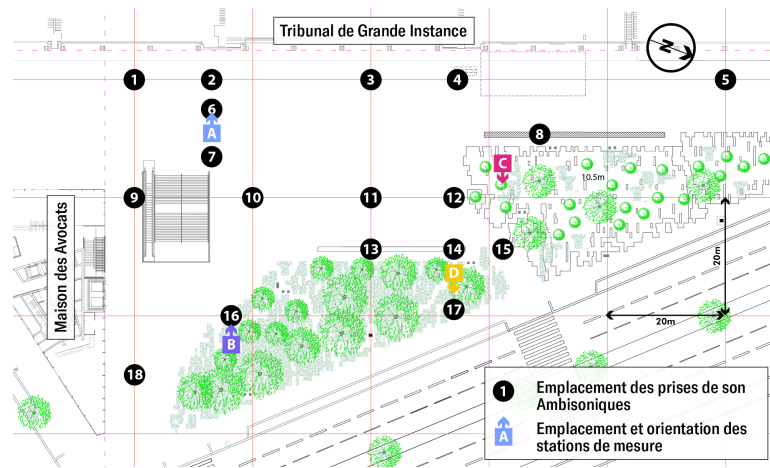


Figure 1 – Carte du parvis du Tribunal de Grande Instance de Paris. Emplacement des prises de son et des stations de mesure du niveau sonore.

2.1 Prises de son et mesures acoustiques

Afin de capturer l'environnement sonore du parvis du TGI, la place a été quadrillée en 18 points de mesure (voir figure 1). Ces points de mesure correspondent à un quadrillage régulier de 20×20m situé à 5m des surfaces adjacentes du TGI et de la maison des avocats, mais également à des distances d'intérêt par rapport aux 4 mats de la future installation sonore.

Au total, 5 sessions de mesures ont été réalisées à différentes périodes représentatives des niveaux d'activité du lieu (voir tableau 1). Sur chacun des points, des enregistrements de 5 minutes ont été réalisés de manière synchrone avec un point de référence à l'emplacement 11, voir figure 1. Sur la position mobile, les mesures consistaient en des prises de sons de type *High-Order Ambisonic* de 4^e ordre [12] (Mh Acoustics *Eigenmike 32*) combiné à une mesure du niveau sonore équivalent ($L_{Aeq5min}$) et du niveau en bandes de tiers d'octave avec un sonomètre de classe 1 (Bruël&Kjaer 2250). Sur la position de référence, les mesures consistaient en une prise de son monophonique (DPA 4060) et une mesure du niveau équivalent ($L_{Aeq5min}$) avec un sonomètre de classe 1 (Bruël&Kjaer 2238). Les mesures ont été réalisées à une distance au sol de 1m30.

2.2 Monitoring acoustique

Quatre stations de mesures ont été déployées par Bruitparif sur le parvis du TGI aux positions indiquées à la figure 1, qui correspondent aux emplacements des mâts sur lesquels seront installés les enceintes de la future installation sonore *Niches Acoustiques*, à environ 4m de haut (voir figure 2). Les stations consistent en des coffrets de mesure hermétiques munis d'un sonomètre de classe 1 de type RION NL52. Sur un intervalle de deux semaines (voir tableau 1 et figure 2), ces stations ont mesuré le niveau sonore équivalent 1s avec et sans pondération, et en bandes de tiers d'octave.



Figure 2 – Matériel utilisé lors des prises de son. 1) B&K 2250 (position mobile); 2) B&K 2238 (position de référence); 3) DPA 4060 (position de référence); 4) Mh Acoustics Eigenmike (position fixe). Image : Nicolas Misdariis.



Figure 2 – Une des stations de mesure déployées par Bruitparif. Image : Valérian Fraisse.

2.3 Analyse des niveaux sonores

Les analyses des niveaux sonores issus du monitoring acoustique ont été effectuées avec *python* et notamment avec les bibliothèques *pandas*, *numpy*, *matplotlib*, *scipy* et *seaborn*.

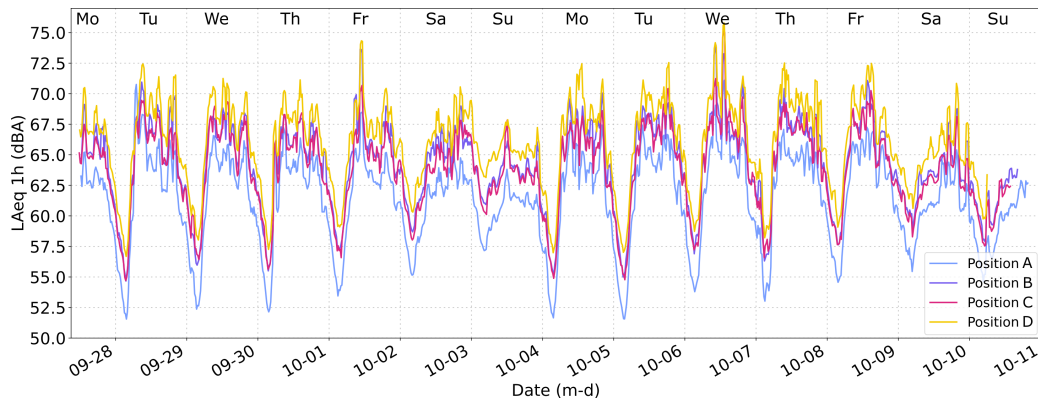


Figure 3 – Niveau équivalent ($L_{Aeq,1h}$) mesuré sur le parvis du TGI durant l'ensemble de la deuxième campagne de mesures pour chaque station de mesure. Moyennes à fenêtre glissante (fenêtre : 1h ; pas : 20min).

Des indicateurs standards dans la littérature ont été calculés à partir des niveaux équivalents. Ils incluent notamment des niveaux équivalents pondérés (L_{Aeq} , L_{DEN}) et des niveaux statistiques ainsi que leur différence (L_{10} , L_{90} , $L_{10}-L_{90}$) [1], [13], [14]. Pour déterminer des tendances journalières à l'échelle hebdomadaire (jour de semaine et jours de week-end), des moyennes à fenêtre glissante ont été calculées en réunissant l'ensemble des mesures.

3 Résultats des sessions de mesure

La campagne de prises de son a mis en évidence la présence de tendances malgré la grande variabilité des niveaux observés (voir figure 4). Ces tendances ont été confirmées par la campagne de monitoring acoustique. En particulier, on observe un cycle journalier (voir figure 3) et surtout des tendances hebdomadaires avec par exemple une hausse du niveau médian aux heures de pointe en semaine et des niveaux plus faibles aux week-end (voir figure 5).

Les niveaux observés à travers les quatre positions semblent mettre en évidence l'influence du trafic routier du boulevard adjacent. Ainsi, les niveaux moyens sont d'autant plus forts que l'on se rapproche de l'axe routier (L_{DEN} : pos. A \approx 66.9 dBA ; pos. B \approx 69.6 dBA ; pos. C \approx 69.2 dBA ; pos. D \approx 71.4 dBA). De plus, les niveaux L_{DEN} moyens observés en bandes de tiers d'octave correspondent typiquement au profil spectral du bruit de trafic routier [15], avec notamment un pic énergétique autour de 1.25 kHz (voir figure 6).

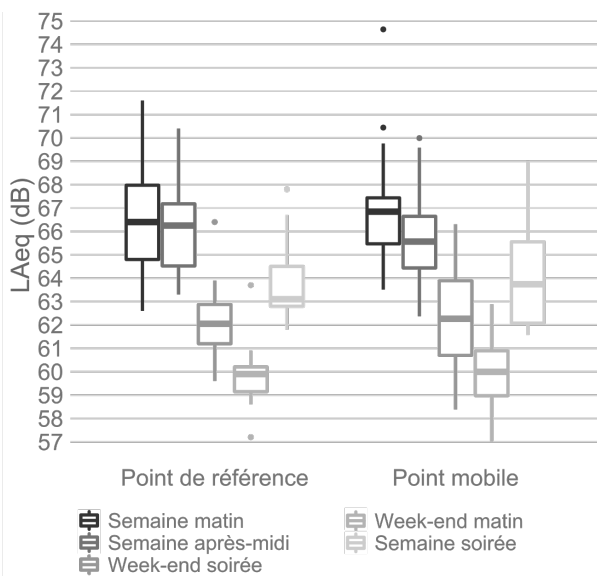


Figure 4 – Prises de son : niveaux enregistrés sur les positions de référence et mobiles à travers les 5 sessions. Boîtes à moustaches.

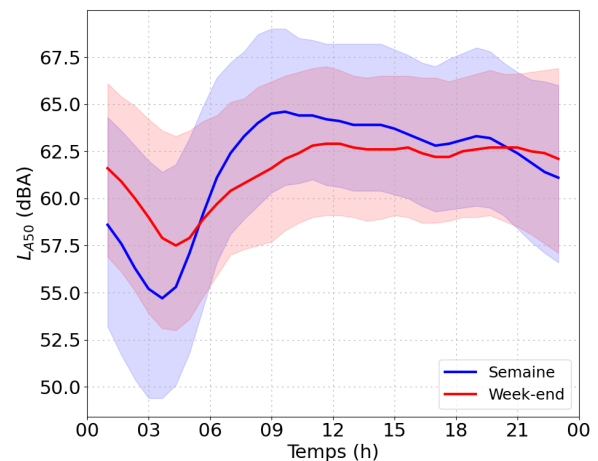


Figure 5 – Monitoring acoustique : niveaux médians journaliers en semaine et en week-end. Les aires colorées correspondent aux niveaux L_{A10} et L_{A90} . Moyennes à fenêtre glissante (position C ; fenêtre : 2h ; pas : 40 min).

Comme il a déjà été observé [13], la variation des niveaux sonore observés est inversement proportionnelle aux niveaux d'activités, et est proportionnelle à la fréquence observée. Ainsi, celle-ci est plus élevée en semaine qu'en week-end, et est d'autant plus faible que l'activité et les niveaux moyens journaliers sont importants (voir figure 7).

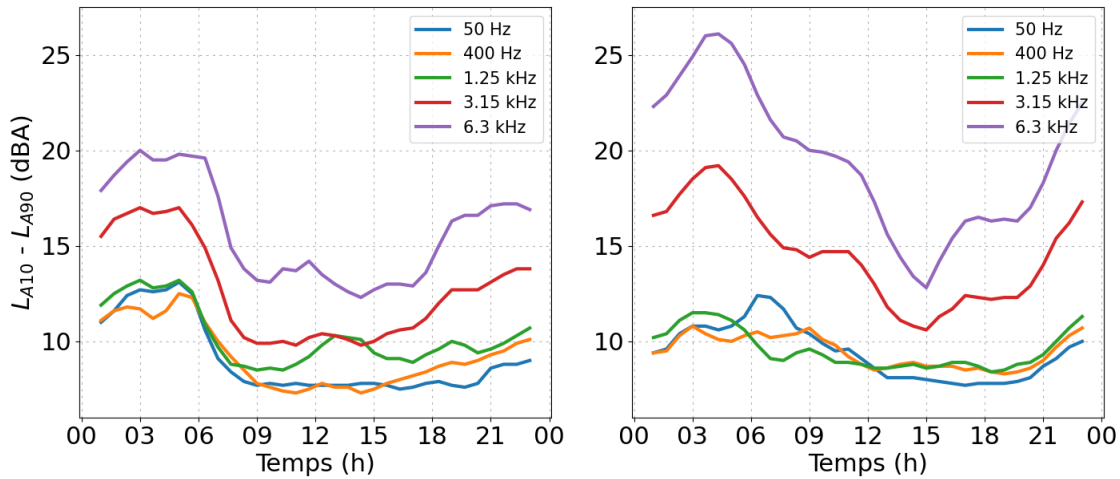


Figure 7 – Monitoring acoustique : $L_{A10} - L_{A90}$. Niveaux moyens journaliers en semaine (gauche) et en week-end (droite). Moyennes à fenêtre glissante (position D ; fenêtre : 2h ; pas : 40 min).

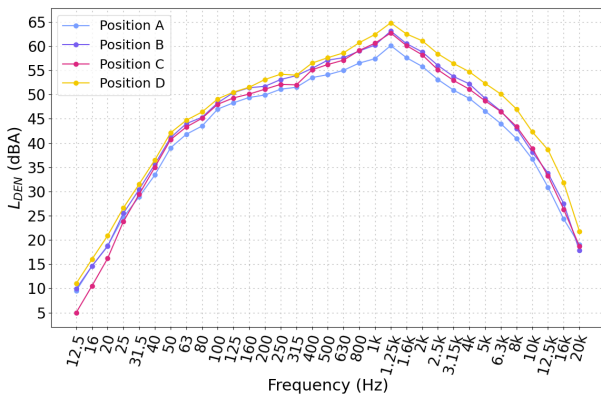


Figure 6 – Monitoring acoustique : niveaux L_{DEN} moyens pondérés en bandes de tiers d'octave.

4 Exploitation des mesures

Les campagnes de mesure présentées dans ce papier ont deux finalités. D’une part, les prises de sons Ambisonique vont constituer le matériau de base de simulations de paysage sonore dans le but d’informer la composition de *Niches Acoustiques*. D’autre part, l’ensemble des mesures acoustiques réalisées sur le parvis permettent de caractériser l’environnement sonore du parvis du TGI, et vont aider à une meilleure intégration de l’installation sonore lors de son futur déploiement sur site.

4.1 Simulation du paysage sonore

Bien que des études rétrospectives ont déjà permis d’observer l’influence positive d’installations sonores sur la qualité auditive d’espaces publics sur le terrain (e.g. [7], [8], [11]) ou en laboratoire [10], il n’existe pas à ce jour d’études prospectives visant à informer la composition d’installations sonores durant leur phase de conception, sur la base d’évaluations perceptives. Nous proposons ici une

méthodologie permettant d’assister la composition d’une installation sonore durant sa phase de conception, en amont d’un déploiement sur le terrain.

Les prises de son systématiques réalisées durant la première campagne de mesure constituent une base de données représentative des différentes périodes d’activité de l’environnement sonore du parvis du TGI ainsi que de la variété des événements sonores qui y ont lieu. Ces données vont permettre une reproduction immersive de l’environnement sonore du parvis du TGI, sur laquelle des compositions prototypiques de *Niches Acoustiques* seront introduites et évaluées à l’aide de tests d’écoutes. Ces tests visent à identifier la relation entre des propriétés de design sonore (voir par exemple [16]) et leur impact sur la qualité auditive de l’environnement sonore du parvis du TGI.

4.2 Intégration sur site de l’installation sonore

Les installations sonores en espace public urbain entretiennent une relation spécifique avec le site sur lequel elles sont déployées [17], [18]. Pour assurer leur bonne intégration dans l’espace public, il est nécessaire d’identifier les aspects contextuels permettant de caractériser le site sur lequel elles sont déployées, et notamment l’environnement sonore préexistant [19]–[21].

Les observations résultant des deux campagnes de mesure présentées ici vont permettre d’informer la conception sonore de l’installation *Niches Acoustiques* et vont aider à son intégration pérenne dans l’environnement du parvis du TGI. Par exemple du point de vue temporel, les tendances journalières et hebdomadaires observées sur le lieu et à plusieurs positions de l’espace (voir figures 3, 4 et 5) permettent d’identifier les différentes périodes d’activités du lieu, et il est envisagé d’ajuster la composition en fonction de ces périodes. Du point de vue fréquentiel, si l’environnement sonore du parvis couvre l’ensemble du spectre audible, sa distribution énergétique semble concentrée dans certaines zones (en particulier autour des fréquences moyennes, voir figure 6). Par ailleurs, les fluctuations de l’énergie acoustique

moyenne sont plus étendues dans les hautes fréquences que dans les basses fréquences (voir figure 7). Certaines zones du spectre semblent ainsi plus propices à générer du contenu sonore, notamment en dehors de ces zones plus énergétiques.

5 Conclusion

Les deux campagnes de mesure présentées dans ce papier représentent la première phase d'un projet de recherche visant à informer la composition de l'installation sonore permanente *Niche Acoustique* portée par Nadine Schütz. Nous proposons à travers ce projet une méthodologie inédite permettant d'informer la conception d'installations sonores en espace public urbain de manière prospective.

D'une part, les prises de sons réalisées de manière systématique sur le parvis du TGI vont servir de base à une simulation du paysage sonore du lieu, afin d'anticiper les effets de différents prototypes de *Niches Acoustiques* sur la qualité auditive de l'espace public. D'autre part, l'ensemble des mesures acoustiques réalisées à court et moyen terme sur le parvis procurent une variété d'informations utiles à la calibration des prises de son mais également à la composition de *Niches Acoustiques* et à son intégration dans l'environnement sonore du parvis du TGI.

Comme indiqué, la prochaine phase de ce projet de recherche consiste en l'évaluation de prototypes de *Niches Acoustiques* en laboratoire à travers des tests d'écoute auprès de participants familiers du parvis du TGI. Les résultats de ces tests d'écoute vont permettre d'assister la composition de l'installation, en informant notamment les liens entre certains paramètres de conception sonore et leur influence sur la perception du paysage sonore. Dans un délai plus lointain, ce projet de recherche implique un suivi longitudinal de l'impact de l'installation *Niches Acoustique* sur le terrain. Il est prévu par exemple d'évaluer l'impact effectif de l'installation sonore sur site à l'issue de son déploiement, et de comparer ces résultats expérimentaux avec ceux obtenus lors des évaluations en laboratoire.

Références

- [1] E. Murphy et E. King, *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy*. Amsterdam ; Boston: Elsevier Science Publishing Co Inc, 2014.
- [2] World Health Organization, « Burden of disease from environmental noise », *The WHO European Centre for Environment and Health*, 2011.
- [3] J. Kang et B. Schulte-Fortkamp, *Soundscape and the Built Environment*. CRC Press, 2015. Consulté le: 27 février 2019.
- [4] J. Kang *et al.*, « Ten questions on the soundscapes of the built environment », *Building and Environment*, vol. 108, p. 284-294, nov. 2016, doi: 10.1016/j.buildenv.2016.08.011.
- [5] F. Aletta, J. Kang, et Ö. Axelsson, « Soundscape descriptors and a conceptual framework for developing predictive soundscape models », *Landscape and Urban Planning*, vol. 149, p. 65-74, mai 2016, doi: 10.1016/j.landurbplan.2016.02.001.
- [6] ISO, « 12913-1:2014 - Acoustics — Soundscape — Part 1: Definition and conceptual framework ». International Organization for Standardization, 2014.
- [7] G. Cerwén, « On the intersection between speaker installations and urban environments: A soundscape design perspective », in *Handbook of Research on Perception-Driven Approaches to Urban Assessment and Design*, 2018, p. 23-45. doi: 10.4018/978-1-5225-3637-6.ch002.
- [8] D. Steele, V. Fraisse, E. Bild, et C. Guastavino, « Bringing music to the park: The effect of Musikiosk on the quality of public experience », *Applied Acoustics*, vol. 177, p. 107910, juin 2021, doi: 10.1016/j.apacoust.2021.107910.
- [9] F. Aletta, F. Lepore, E. Kostara-Konstantinou, J. Kang, et A. Astolfi, « An Experimental Study on the Influence of Soundscapes on People's Behaviour in an Open Public Space », *Appl. Sci.-Basel*, vol. 6, n° 10, p. 276, oct. 2016, doi: 10.3390/app6100276.
- [10] T. Oberman, K. Jambrošić, M. Horvat, et B. Bojanić Obad Šćitaroci, « Using Virtual Soundwalk Approach for Assessing Sound Art Soundscape Interventions in Public Spaces », *Applied Sciences*, vol. 10, n° 6, Art. n° 6, janv. 2020, doi: 10.3390/app10062102.
- [11] C. Guastavino, V. Fraisse, S. D'Ambrosio, É. Legast, et M. Lavoie, « Designing sound installations in public spaces: A collaborative research creation approach. », in *Designing Interactions for Music and Sound*, M. Filimowicz, Éd. Routledge, 2021.
- [12] S. Moreau, « Étude et réalisation d'outils avancés d'encodage spatial pour la technique de spatialisation sonore Higher Order Ambisonics : microphone 3D et contrôle de distance », PhD Thesis, Université du Mans, Le Mans, France, 2006.
- [13] A. Can *et al.*, « Comparison of noise indicators in an urban context », in *Inter-Noise 2016, 45th International Congress and Exposition of Noise Control Engineering*, Hambourg, Germany, août 2016, p. 9p.
- [14] ISO, « 1996-1:2016 - Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise ». International Organization for Standardization, 2016. Consulté le: 28 février 2022.
- [15] A. Can, L. Leclercq, J. Lelong, et D. Bottledoren, « Traffic noise spectrum analysis: dynamic modeling vs. experimental observations », *Applied Acoustics*, vol. vol71, n8, p. p764-70, 2010.
- [16] V. Fraisse, M. M. Wanderley, et C. Guastavino, « Comprehensive Framework for Describing Interactive Sound Installations: Highlighting Trends through a Systematic Review », *Multimodal Technologies and Interaction*, vol. 5, n° 4, Art. n° 4, avr. 2021, doi: 10.3390/mti5040019.
- [17] S. K. Groth et K. Samson, « Sound Art Situations », *Organised Sound*, vol. 22, n° 1, p. 101-111, 2017, doi: http://dx.doi.org/10.1017/S1355771816000388.
- [18] C. Tittel, « Sound art as sonification, and the artistic treatment of features in our surroundings », *Organised*

Sound, vol. 14, n° 1, p. 57-64, 2009, doi: 10.1017/S1355771809000089.

[19] J. Seay, « Engaging the audience: A primer for sound art in public spaces », *Leonardo Music Journal*, vol. 24, p. 77-78, 2014, doi: 10.1162/LMJ_a_00213.

[20] C. Torehammar et B. Hellström, « Nine sound-art installations in public space », 2012, vol. 3, p. 2132-2140.

[21] S. Anderson, « Microsound in public space: compositional methods to enhance site-specific sound », *Organ. Sound*, vol. 13, n° 1, p. 51-60, avr. 2008, doi: 10.1017/S1355771808000071.