



**HAL**  
open science

## Les effets sonores, un outil pour l'évaluation des espaces en extérieur

Grégoire Chelkoff, J.-P. Odion

► **To cite this version:**

Grégoire Chelkoff, J.-P. Odion. Les effets sonores, un outil pour l'évaluation des espaces en extérieur. Journal de Physique IV Proceedings, 1994, 04 (C5), pp.C5-101-C5-104. 10.1051/jp4:1994515 . jpa-00252828

**HAL Id: jpa-00252828**

**<https://hal.science/jpa-00252828v1>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Les effets sonores, un outil pour l'évaluation des espaces en extérieur

G. CHELKOFF et J.-P. ODION

*Centre de Recherches sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain (CRESSON), UA 1268 du CNRS, Ecole d'Architecture de Grenoble, BP. 2636, 38036 Grenoble cedex 2, France*

**Abstract.** The quality of the sonic environment in exterior spaces is rarely taken into account in urban planning studies. The notion of sonic effect, developed by CRESSON, is being employed as an interdisciplinary tool. Could it become a new tool for urban design ? It has been tested on six effects chosen in various categories. A sociological survey has helped convey how users perceive them. In the field of signal processing, works related to the representation of the same sonic effects allow them to be recognized, and thus, predicted. An architectural and urban analysis of the tested sites has also been performed. Based on an analysis of urban fabrics, the goal is to reveal the formal and operational factors which can be acoustically analyzed, and to seek out analysis tools and adapted representations. The question of scale concerns, in particular, the observer's field of perception. The users and the practices which frequent public spaces converge in large part within the consistency of the sonic environment. The initial conclusions expected are the unessential aspects of low frequency phenomena, the inadequacy between the visual and sonic domains, and the utilization of an occurrence chart for urban design projects.

Dans les espaces extérieurs, qu'ils soient publics ou privés, la qualité de l'environnement sonore n'est que rarement prise en compte tant dans les études d'urbanisme pour les espaces publics que dans les études paysagères pour les abords des habitations. En dehors du fait que le champ sonore dépasse largement les limites de la parcelle à aménager et met donc en cause plusieurs maîtres d'oeuvre, la raison principale est un manque d'outils d'évaluation et de prédiction.

1. La notion d'effet sonore proposée pour la première fois par Augoyard en 1982 dans *Sonorité, sociabilité, urbanité* (1) et développée par le Centre de Recherche sur l'Environnement Sonore et urbain (CRESSON) se présente comme un outil interdisciplinaire de l'environnement sonore (2). Certains effets sonores sont familiers comme l'effet de réverbération ou l'effet Doppler qui modifie la fréquence des sons des objets en mouvement. En électroacoustique, les musiciens connaissent l'effet "flanger" ou l'effet Larsen...

Cet outil se veut un nouvel instrumentarium du monde sonore. Avant de composer, de créer un nouvel environnement sonore dans le cadre d'un projet d'urbanisme, il est utile de connaître sa capacité d'analyse des espaces sonores. Dans *Environnement sonore et communication interpersonnelle* (3), Augoyard a montré l'utilisation de l'effet sonore comme moyen d'analyse d'anecdotes sonores enregistrées dans différents espaces publics.

L'effet sonore serait un nouveau moyen d'analyse dans la lignée de l'objet sonore présenté par Pierre Schaeffer dans son *Traité des objets musicaux* (4) et du *Paysage sonore (Soundscape)* (5) de Robert M. Schafer. Mais l'effet sonore n'est ni trop précis et trop fin comme l'objet sonore, ni trop esthétique comme

le paysage sonore. Il est bien adapté à l'échelle des espaces urbains à étudier et possède une bonne complémentarité entre le qualitatif et le quantitatif. La dimension interdisciplinaire de l'effet sonore peut se décomposer en six champs de connaissances, appelés domaines de repérage. Ces domaines sont l'acoustique physique et appliquée, l'architecture et aménagement, la physiologie et psychologie de la perception, la sociologie et culture du quotidien, l'esthétique musicale et électroacoustique, les expressions scripturaires et médiatiques.

Cette notion d'effet sonore pourrait-elle devenir un nouvel outil pour l'urbanisme ? C'est l'objet d'une recherche pour le Ministère de l'Environnement.

Entre les différents types de terrains représentatifs de l'environnement sonore urbain : résidentiel, espaces publics, commerciaux, tertiaires, ... le choix se limitera aux terrains résidentiels et espaces publics. Le test a eu lieu sur six effets choisis dans plusieurs catégories : réverbération, filtrage, coupure, ubiquité, masque et métabole. Les effets de réverbération et de filtrage appartiennent à la catégorie des effets élémentaires. Les effets de coupure, de masque et d'ubiquité à celle des effets de composition sonore. L'effet de métabole appartient aux effets liés à l'organisation perceptive.

2. Dans une première phase, une enquête sociologique a permis de savoir comment l'usager perçoit les effets sonores. Sur les six effets, les enquêteurs ont questionné les usagers sur leur perception de tel ou tel effet ainsi que son contraire. Leurs réponses ont été corrélées avec les repérages opérés sur ces mêmes lieux pour les chercheurs.

Si, dans une première réaction, les usagers ont tendance à mélanger l'effet sonore avec l'assimilation bruit/nuisance, l'approfondissement de l'enquête permet de cerner quelques données acoustiques et urbanistiques importantes. Le premier résultat est la délimitation des zones de présence d'effets sonores dans les espaces enquêtés.

3. Parallèlement était mené, dans le domaine du traitement du signal, un travail de représentation des mêmes effets sonores afin d'envisager plus tard leur reconnaissance donc leur prédictibilité. Les outils actuels d'analyse sont suffisamment précis pour remarquer toute variation fréquentielle ou d'intensité qui peut créer un effet sonore. En niveau, les appareils sont capables d'avoir une résolution au 1/10e de décibel, en fréquence une résolution de 10 Hz est suffisante dans les fréquences médiums où la sensibilité de l'oreille est maximum. Par contre les moyens de représentation sont lourds et très techniques. Lourds parce qu'il faut de grands documents pour visualiser les fines variations que l'on vient d'évoquer. Une échelle fréquentielle où le pas de 10 Hz est représenté par 1 mm fait 2 mètres de longueur donc très difficile à reproduire et à communiquer. Dans le domaine temporel, sans vouloir descendre jusqu'au pouvoir discriminatoire de l'oreille, une échelle de 30 mm par seconde est courante. Les effets sonores ont des durées très différentes mais un effet d'ubiquité de 30 secondes peut être courant. Dans ces conditions, la représentation fera  $30 \times 30 = 900$  mm. Toute diffusion au grand public devrait employer les techniques de la cartographie par exemple.

Enfin la représentation des seuls trois grandeurs intensité en fonction du temps et de la fréquence s'est avérée insuffisante. L'acoustique urbaine a déjà montré d'autres facteurs très importants comme l'humidité, le vent, la température et le gradient de température qui influence la propagation du signal. L'effet sonore est une perception ; l'aspect stéréophonique est donc primordial. Cela nécessite un deuxième signal ou bien la création d'une variable azimutale. L'effet est ainsi créé par le déplacement relatif de la source et de l'écouter. Ces déplacements compliquent singulièrement les choses puisqu'ils nécessitent l'étude préalable des cheminements piétonniers dans les espaces publics et qu'il peut être encore plus difficile de les prévoir dans une opération d'urbanisme.

Deux intensités, le temps, la fréquence, la position sur le cheminement, la vitesse de déplacement font cinq variables principales au minimum pour représenter l'effet sonore. Les variables "d'ambiance extérieure" en ajoutent quatre. Pour l'analyse, ce nombre important de paramètres est tout à fait envisageable sur un enregistreur multipistes.

Pour la prédictibilité, les calculs devraient être effectués pour les combinaisons les plus courantes de ces neuf variables, ce qui nécessiterait des puissances de calculs assez importantes. De plus, il faudrait constituer une bibliothèque des "formes" prises par les effets au travers des cinq ou des neuf variables.

4. Enfin toujours dans cette première phase, une analyse architecturale et urbaine des lieux testés était effectuée. L'idée est de dégager, à partir de l'analyse des tissus urbains, des facteurs formels et fonctionnels que l'on puisse confronter à l'analyse acoustique et permettant le repérage des effets sonores. Les outils classiques de l'analyse urbaine doivent ainsi être adaptés à nos objectifs en essayant de rendre compte de l'interaction entre formes construites et effets sonores.

Le site du test méthodologique de la première phase de ce travail nous a servi à rechercher des outils d'analyse et de représentation adaptés à notre démarche. On partira de rappels sur les caractéristiques générales qui sont considérées à grande échelle puis, afin d'affiner, nous descendrons dans le détail des aménagements qui structurent l'espace public urbain.

Il est conventionnel de répartir les tissus urbains en deux grandes catégories qui correspondent au critère de continuité des bâtiments formant la trame urbaine ou, au contraire, de leur discontinuité. D'ailleurs, pour étudier la propagation des bruits routiers, les acousticiens des transports distinguent des tissus ouverts et des tissus fermés.

Un tissu sera dit ouvert au sens acoustique s'il est constitué de bâtiments éloignés les uns des autres qui dégagent des espaces très perméables au bruit ou si les rapports hauteur/largeur sont inférieurs à ceux d'une rue en U (cf. supra), ou encore s'il s'agit d'une rue en I. Au sens architectural, les critères permettant de juger de la continuité ou de la discontinuité dépendent évidemment de considérations sur l'aspect visuel. On verra qu'un tissu estimé fermé par les acousticiens ne l'est pas forcément au point de vue architectural.

Deux éléments fondamentaux structurent essentiellement l'espace des villes avant le mouvement moderne : les rues et les espaces libres tels que places, promenades, cours, etc. ... On peut analyser ceux-ci architecturalement à la lumière de leur forme géométrique en plan, toutefois cette analyse en plan est insuffisante. Les formes géométriques de base sont parfois repérables : carré, cercle ou triangle. Plus le plan est proche de la forme élémentaire et plus celui-ci sera dit *régulier*, inversement, il sera dit *irrégulier*. Mais les formes urbaines résultent souvent en plan de la combinaison de formes élémentaires (ex : carré + triangle) ou encore dans les tissus plus anciens, il est difficile de simplifier les formes : brisure, segmentation, répétition, superposition sont des opérations qui structurent ce type d'espace libre (cf. à ce propos le répertoire des formes élémentaires de l'espace urbain, des variantes et combinaisons de Krier). Ces analyses architecturales permettent de schématiser les formes qui paraissent complexes de prime abord. L'oeil assimile d'ailleurs in situ des formes quelque peu irrégulières à des formes régulières.

Les articulations entre différents espaces sont déterminantes notamment lors du déplacement de l'usager. Ainsi les angles de rues, les passages couverts, les arcades, etc. ... méritent un examen particulier pour connaître leur rôle sonore. Filtrage ou coupure à des degrés divers sont prévisibles selon les rapports de formes. Dans les tissus XIX<sup>ème</sup> les rues ayant des gabarits plus importants que dans les périodes précédentes, le rôle des angles est moins immédiat : il faut parcourir une certaine distance pour ressentir l'effet de l'angle. Il est donc nécessaire d'étudier un grand nombre de formes d'articulations et de voir dans quelles conditions un effet de coupure est susceptible de se produire.

**La question de l'échelle** concerne notamment le champ perceptible de l'observateur. Comment l'apprécier ? Sur une avenue le regard peut se perdre à l'infini, il faut donc se limiter à une portion d'espace autour de l'usager que l'environnement visuel et acoustique qualifie. Mais il est difficile de distinguer parfois dans l'espace public les lieux qui font une "unité" notamment dans les espaces complexes, mal circonscrits ou mal délimités. Où commencent et où s'arrêtent dans ce cas l'espace considéré ?

Testons la méthode suivante qui, pour être systématique, peut apporter tout de même quelques indications intéressantes. Il s'agit de considérer ce qui se passe dans un rayon de 100 mètres autour de l'observateur (200 mètres pour les sites peu urbanisés). Il est probable que dans certains cas il suffirait de s'intéresser à ce qui se passe dans un rayon plus limité (de 50 mètres par exemple) car en ville les sollicitations sensorielles sont telles que l'attention se focalise souvent sur l'entourage immédiat. D'autre part cette idée de cercle correspond à une sorte d'omnidirectionnalité du sujet qui perçoit alors que le sens de déplacement oriente sans doute plus son attention vers l'avant que vers l'arrière.

Pour "justifier" les cent mètres, rappelons que le niveau sonore d'une source diminue de 20 dB à cent mètres en champ libre par rapport à son niveau à 1 mètre. Compte-tenu du niveau de bruit dans lequel se trouve l'usager, les sources sonores situées à 100 mètres sont susceptibles d'être masquées. Par ailleurs,

rappelons que la limite visuelle de différenciation d'une action quelconque est de l'ordre de 135 mètres, par contre la distance limite pour la reconnaissance d'un visage est de l'ordre de 24 mètres.

Dans ce cercle fictif on considérera la part d'espace non construit par rapport à la surface totale du cercle fictif (environ 31 415 m<sup>2</sup>, pour un rayon de cent mètres) et les échappées visuelles.

- Le rapport entre l'espace libre et l'espace construit permet de définir la densité construite (cf. infra) et donc la proportion de surfaces potentiellement réfléchissantes pour l'acousticien.

- Les échappées visuelles permettent d'évaluer le degré de fermeture de l'espace dans lequel on se trouve.

Ce degré de fermeture d'un espace urbain peut-être apprécié en un point donné, il est possible de repérer les échappées visuelles (et sonores) en tournant autour de l'observateur et de les rapporter à l'angle total de 360 à une distance projetée sur une circonférence située à 50 mètres. Ceci peut nous donner une idée des provenances des sources sonores et de voir l'impact éventuel sur l'effet d'ubiquité par exemple : plus ces directions sont nombreuses et plus le son semble venir de partout à la fois.

En dehors des facteurs de formes, **les utilisateurs et les pratiques** qui prennent place dans les espaces publics concourent pour une large part à la consistance du milieu sonore puisque ces pratiques sont autant de sources sonores potentielles. Ce sont ces pratiques qui éveillent l'espace acoustique. Les villes traditionnelles ont de ce point de vue une grande hétérogénéité d'usages qui se produisent simultanément. Ceci n'est pas le cas de tous les espaces publics, la ségrégation des fonctions a des répercussions sur l'environnement sonore et, de ce fait, les effets sonores susceptibles d'apparaître de fait des formes urbaines ne se produisent pas forcément.

A grande échelle, les politiques urbaines génèrent la fabrication des villes et choisissent déjà certains partis qui auront une incidence sur le milieu ambiant. A échelle moyenne et parfois très petite, les aménagements orientent ou favorisent certains usages. La programmation porte donc en germe une bonne part des résultats ou en tout cas referme l'éventail des possibles. Il serait donc possible de mieux connaître les effets induits par les choix programmatifs lorsque ceux-ci sont faits seulement à partir de critères urbanistiques et économiques.

5. Dans l'immédiat, les premières conclusions sont :

- le peu d'importance des phénomènes dans les fréquences basses car très occupées par les bruits de transports terrestres ;

- l'inadéquation entre le domaine visuel et le domaine sonore. L'urbaniste conçoit son espace en fonction de telle vue observée à partir de tel point. La conception sonore urbaine prendra en compte les sources sonores, même non visibles et ne tiendra compte que de quelques cheminements bien différents des rayons visuels ;

- et, en attendant un travail plus important de collecte des différentes formes physiques que pourront recouvrir chaque effet sonore, l'utilisation d'un tableau d'occurrence pour les projets d'urbanisme.

. [1] AUGOYARD J.-F., Sonorité, sociabilité, urbanité. (CRESSON, EAG/Plan Construction, Grenoble, 1982). 164 p. + cassette.

. [2] Répertoire des effets sonores. (CRESSON, EAG, Grenoble, 1992) 192 p.

. [3] AUGOYARD J.-F., Environnement sonore et communication interpersonnelle. Recherche A.S.P. : CNRS - CNET "Image et son : communication, innovation, création". (CRESSON/ESU, Grenoble, 1985) 132 p. + annexe.

. [4] SCHAEFFER P., Traité des objets musicaux. (Seuil, Paris, 1966).

. [5] SCHAFER R.-M., Le paysage sonore. (J.-C; Lattès, Paris, 1980).

Autre bibliographie :

. CHELKOFF G., BALAY O., La dimension sonore d'un quartier. (CRESSON/Plan Construction, EAG, Grenoble, 1985) 80 p.

. CHELKOFF G., BARDYN J.-L., LEROUX M., THIBAUD J.-P., Entendre les espaces publics. (CRESSON, EAG, Grenoble, 1988). 158 p. + annexes.

. AMPHOUX P., Aux écoutes de la ville. (IREC, Ecole polytechnique de Lausanne, Lausanne, 1991) 320 p.+ cassette.