

# Résumés des conférences présentées lors du colloque "Ville et acoustique"

## De l'acoustique quantitative à la simulation virtuelle des espaces sonores, la technique peut-elle contribuer à humaniser la ville ?

**J.M. Rapin,**  
CSTB,  
24, rue Joseph Fourier,  
38400 Saint-Martin d'Hères,  
Tél. : 04 76 76 25 25,  
Fax : 04 76 44 20 46

Depuis plus de 70 ans (Barkausen, 1926) que les acousticiens étudient la ville et conseillent les municipalités et si on fait abstraction des écrans qui fleurissent au bord des autoroutes, on ne peut pas prétendre que l'acoustique, en tant que technique, ait eu un rôle significatif sur les formes urbaines. Les acousticiens ont conseillé de démentir la validité des arguments acoustiques contenus dans la charte d'Athènes, de démontrer qu'un savoir-faire acoustique était judicieusement présent, quoiqu'inconscient, dans les traditions urbaines de nos ancêtres, et que la rue n'était pas un amplificateur de bruit.

La carte de bruit est devenue une tradition. Souvent alibi purement symbolique, son principal succès a été, à Düsseldorf, dans la mobilisation des habitants qui ont participé à son élaboration. Dans ce cas, le symbole a infléchi une décision de limitation du trafic automobile.

La carte de bruit est aujourd'hui devenue un support des normes de bruit, un moyen pour imposer des isolements aux immeubles nouveaux, rendant muette l'image de la ville jugée négative sur le plan sonore.

La physique est capable de nous éclairer sur les propriétés acoustiques de la ville. Quelles sont les relations entre contenant et contenu ? Ce contenu est-il dépendant de la forme ou plutôt de la fonction ? La forme peut-elle conditionner la fonction ? La fonction n'est-elle pas systématiquement détournée par l'usage ? Pour les techniciens de Düsseldorf, les habitants sont les véritables acousticiens de la ville.

Dans ce contexte le rôle de l'acousticien n'est plus de qualifier les projets urbains mais d'apporter aux habitants des outils permettant de les juger et de les apprécier.

La ville de demain sera la production de la culture d'aujourd'hui où le virtuel prend un rôle grandissant et devient le moyen de représentation des projets et des rêves. C'est un moyen d'associer le sonore à l'image à condition que ce sonore ne soit pas dissocié de la réalité. La physique acoustique permet la simulation tridimensionnelle de l'espace, c'est-à-dire le contenant des sons. Il est aussi possible de déplacer des sources sonores en mouvement dans cet espace. Demain l'auditeur saura se déplacer dans l'espace. Il restera aux habitants d'imaginer la vie dans ces espaces et de décider de l'avenir de leur ville. ■

## Vers un logiciel des ambiances sonores urbaines

**J.-P. Péneau, P. Woloszyn, CERMA, M. Bérengier, D. Gaulin, LCPC, J. Picaut, J. Hardy, L. Simon, LAUM, N. Tixier, J.F. Augoyard, J.-J. Delétré, CRESSON, J.-D. Polack, LAM.**  
Fédération de la recherche, CNRS 73 "Physique et image de la ville".

### Objectifs et caractéristiques de la recherche

Cette recherche a pour objectif la définition du cahier des charges d'un logiciel de prédiction des ambiances sonores. À terme ce logiciel devrait être utilisable dans les phases opérationnelles de conception et de réalisation des projets d'aménagement urbain ?

Au regard des logiques et des outils existants - marqués pour l'essentiel par la quête de solutions correctives des nuisances dues au trafic ou aux activités génératrices de bruit - la démarche entreprise vise à développer de nouvelles méthodes de prédiction des phénomènes caractérisées par :

- une représentation plus qualitative de l'environnement sonore,
- une opérationnalité capable de se traduire dans les stades initiaux de la conception des projets,
- une possibilité de croisement des phénomènes sonores avec d'autres phénomènes physiques et climatiques,
- une sensibilité aux variations typologiques et morphologiques des différents tissus rencontrés dans le patchwork urbain.

Pour atteindre ces objectifs, il est apparu nécessaire d'associer des recherches sur :

- la modélisation des phénomènes acoustiques et la validation in situ,
- l'analyse des tissus et la méthodologie du projet urbain,
- l'identification et la caractérisation des sources sonores,
- la qualification de l'espace sonore urbain.

Ces axes représentent les domaines respectifs de recherche des équipes de la Fédération de recherche CNRS 73 "Physique et images de la ville" associées pour ce projet.

### Déroulement des travaux

La propagation des ondes sonores en milieu urbain est régie par des phénomènes complexes qui sont fonction d'un grand nombre de paramètres dont la quantification est parfois délicate. Les principaux d'entre eux sont liés à l'architecture du tissu urbain, aux conditions aux limites sur les différentes surfaces tant horizontales (chaussées) que verticales (façades), aux sources de bruit (mécaniques ou humaines) et aux conditions atmosphériques. Dans la

recherche en cours, ce dernier point n'a pas été pris en compte, seuls les trois premiers font l'objet d'une modélisation. Si de plus, on souhaite s'intéresser aux ambiances, le facteur subjectif lié au ressenti des riverains doit être également considéré. L'ensemble de ces points tant physiques que psychosociologiques n'a pu être abordé que par une collaboration étroite entre divers organismes possédant chacun des compétences propres dans un des domaines. Ce travail s'articule autour de quatre projets dont trois font actuellement l'objet d'une thèse.

### Modélisation physique (J. Picaut, J. Hardy, L. Simon, J.D. Polack)

La modélisation physique des phénomènes acoustiques à l'intérieur du tissu urbain est abordée à partir de l'équation de la diffusion? La mise en œuvre d'une telle approche est une caractéristique forte et tout à fait novatrice dans le champ de l'acoustique urbaine. Cet aspect fait l'objet de la thèse de J. Picaut au LAUM. Le travail se limite actuellement au cas d'une rue considérée comme un couloir diffusant. Sous sa forme actuelle, la formulation du modèle de diffusion permet de prendre en compte plus précisément une distribution d'absorption sur les parois de la rue. Son application aux couloirs diffusants de dimension finie ou infinie permet d'obtenir des solutions analytiques simples aussi bien pour des sources en régime permanent qu'en régime impulsionnel. Des comparaisons avec des simulations numériques et d'autres résultats théoriques montrent un bon accord. Les expressions du temps de réverbération issues de ce modèle sont également appliquées à la mesure du temps de réverbération dans une rue.

Une première comparaison avec des résultats obtenus dans la rue d'Orléans à Nantes laisse entrevoir de bons espoirs. Une partie simulation sur maquette est en cours d'exploitation.

### Morphologie du tissu urbain (P. Woloszyn, J.P. Péneau)

Concernant la partie plus architecturale, le travail de thèse de P. Woloszyn décrit la morphologie du tissu urbain à partir d'une analyse multi-échelles basée sur les méthodes fractales : la méthode du tapis de Sierpinski pour la description d'une agglomération, d'un noyau urbain, d'un quartier, d'une rue et la méthode de la saucisse de Minkowski pour le détail des façades. Par simulation numérique utilisant un code par éléments finis, il est possible d'établir l'évolution du coefficient de diffusion en fonction de la description de la façade, lequel coefficient peut également être adapté empiriquement à partir de la mesure in situ du temps de réverbération. L'expérimentation réalisée dans la rue d'Orléans à Nantes est très intéressante sur ce point et conforte les résultats analytiques obtenus par J. Picaut. Ces résultats doivent encore être validés sur maquette.

### Identification et caractérisation des sources urbaines (D. Gaulin, M. Bérengier)

En ce qui regarde l'identification et la caractérisation des sources sonores, D. Gaulin a tout d'abord établi une hiérarchie entre les divers types de sources : celles d'origine mécanique telles que les automobiles, les poids lourds, les trains, etc. et celles d'origine humaine comme

les piétons sur une place de marché, les enfants dans une cour de récréation, etc ; Leur identification et leur caractérisation s'articulent autour de deux axes majeurs : une approche qualitative faisant principalement appel à la statistique et une approche quantitative permettant d'identifier ces sources par des critères physiques.

Les véhicules de transport terrestre ont été étudiés dans une première étape. Une recherche bibliographique a été effectuée parallèlement aux premiers essais. Trois classes ont été distinguées : les véhicules légers, les poids lourds et les trains routiers, et enfin les deux roues motorisés. Les critères physiques comme la hauteur de la source sonore ponctuelle équivalente et la puissance acoustique ont été par la suite déterminés pour les véhicules circulant à des vitesses urbaines stabilisées.

Pour les véhicules en accélération, tant les simulations que les expérimentations montrent l'invariance de la hauteur de la source. Des compléments d'études sont à réaliser sur les autres types de sources (trains, tramways) avant que d'aborder les sources d'origine humaine dont la modélisation devra faire appel à des techniques particulières de traitement du signal telles que l'analyse temps-fréquence.

### Qualification des sources sonores (N. Tixier, J.F. Augoyard, J.J. Delétré)

Pour ce qui a trait à la qualification des sources sonores, le travail de N. Tixier du CRESSON (voir article p.11) a pris appui sur la méthode des parcours commentés mise au point dans ce laboratoire. Elle a été appliquée de manière exploratoire dans deux sites urbains : la ZAC Vigny-Musser à Grenoble et le secteur du Port au Blé à Rezé (44). La démarche consiste, après un relevé architectural et urbain du site, à mettre en œuvre une exploration du site par un piéton. Celui-ci déambule dans le quartier en écoutant au casque les bruits marquants et en formulant des commentaires qui sont enregistrés. Un opérateur le suit en procédant également à des relevés et à des mesures. L'exploitation de l'ensemble : commentaires, parcours, repérage temps-position et bande sonore fait l'objet de deux analyses. La première porte sur le contenu qualitatif des commentaires, la seconde procède par ressaisissement croisé des trois corpus : enregistrements-commentaires-mesures. L'une et l'autre permettent de caractériser les ambiances sonores du site. La réalisation d'une base de données utilisant cette méthode de manière extensive est prévue.

### Références bibliographiques

- P. Woloszyn, Vers un simulateur des ambiances sonores urbaines : le modulateur morphoacoustique, Les annales de la recherche urbaine, Paris, avril 1996.
- P. Woloszyn, M. Bérengier, Mesures dimensionnelles et implantation numérique d'un modèle de diffusion acoustique en milieu urbain, 4CFA, Marseille, avril 1997.
- P. Woloszyn, Des effets de filtrage aux modulateurs morphoacoustiques, Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées, n° 208, 1997, pp 75-86.
- J. Picaut, J.D. Polack, L. Simon, A mathematical model of diffuse sound field based on a diffusion equation, Acustica/Acta acustica, n° 4, 1997, pp 614-621.
- J. Picaut, J.D. Polack, L. Simon, Sound field in rooms with non-uniform absorption, 4CFA, Marseille, avril 1997, pp 279-282.
- J. Picaut, J. Hardy, L. Simon, Sound propagation in a network of hexagonal buildings soumis au JASA.

## Système d'évaluation des effets d'un Plan des déplacements urbains sur l'environnement sonore. Cas de l'agglomération lyonnaise.

Jacques Lambert,  
INRETS,  
25 avenue François Mitterrand,  
Case 24, 69675 Bron CEDEX,  
Tél. : 04 72 14 24 87,  
E-mail : lambert@inrets.fr

### Contexte de la recherche

Des outils de diagnostic de l'état de l'environnement sonore urbain existent déjà depuis longtemps (campagne de mesures, carte de bruit). Ces outils sont cependant soit statiques (ils ne permettent pas de mesurer les évolutions dans le temps et l'espace) et ne renseignent en rien les élus locaux sur les "performances sonores" positives ou négatives des mesures qu'ils ont décidées ; soit ils se limitent à la mesure de l'exposition au bruit et ne prennent pas en compte la dimension perceptive de l'environnement sonore ni sous l'angle nuisance, encore moins sous l'angle qualité sonore. Ces outils sont donc insuffisants, peu adaptés pour la décision ; d'ailleurs peu de collectivités locales les utilisent actuellement. Des outils plus performants et surtout plus adaptés s'avèrent indispensables comme, par exemple, les observatoires.

### Objectif et finalités

L'objectif de la recherche menée par l'INRETS et ses partenaires lyonnais (Acoucity, CERTU, CETE de Lyon, PROCOM) dans le cadre du PREDIT "Bruit et Nuisances sonores" est la conception et la mise en œuvre d'un système d'évaluation des effets sur l'environnement sonore (impacts sonores et perceptions) du Plan des déplacements urbains (PDU) de l'agglomération lyonnaise. Cette recherche s'inscrit directement dans le cadre du développement de l'Observatoire de l'environnement sonore du Grand Lyon dont une des principales fonctions est de mesurer les évolutions de l'environnement sonore dues aux décisions locales prises notamment dans les domaines des transports, de la voirie et de l'urbanisme. Ce système d'évaluation devrait permettre à terme de fournir aux élus et techniciens locaux des informations pertinentes quant aux conséquences sur l'environnement sonore de la politique des déplacements décidée en 1997 pour l'agglomération lyonnaise.

### Méthode

Deux méthodologies d'évaluation complémentaires seront mises au point. L'une concerne les effets globaux du PDU (SIG + modélisation acoustique), l'autre concerne les effets localisés liés le plus souvent à des aménagements (enregistrements sonores + enquête psychosociologique auprès d'un panel de citoyens).

Afin de mesurer les changements dans l'environnement sonore dus au PDU, des indicateurs seront définis. Ils concerneront tant l'environnement physique (sources de bruit présentes, caractéristiques des bruits, niveaux globaux d'exposition...) que sa perception (représentations, plaintes, niveau de gêne, qualité sonore attribuée aux bruits,

attentes...). Ces changements seront mis en perspective avec les autres changements environnementaux prévisibles (pollution de l'air, utilisation de l'espace, sécurité). Par la suite, une évaluation périodique (tous les trois ans par exemple) constituerait une étape indispensable pour assurer un suivi adéquat et alimenter un "tableau de bord" utilisable par les gestionnaires urbains.

### Perspectives envisageables

Au-delà de l'application au cas de l'agglomération lyonnaise, la méthodologie d'évaluation pourrait être transposée à d'autres villes dotées d'un Plan des déplacements urbains, ce qui permettrait d'effectuer ultérieurement des comparaisons entre villes quant aux conséquences de différents types de PDU sur l'état et la perception de l'environnement sonore urbain.

### Références bibliographiques

- O. Balaj, J. Lambert et al., Les indicateurs de l'identité sonore d'un quartier. Rapport préparé pour l'INGUL, février 1997.
- Sytral, Le plan des déplacements urbains de l'agglomération lyonnaise. Projet arrêté le 31 janvier 1997.
- Sytral, Le plan des déplacements urbains de l'agglomération lyonnaise. Trois scénarios pour un débat. Septembre 1996.
- M. Leroux, Enquête auprès des municipalités sur la cartographie sonore. Rapport ML Consultant, janvier 1996.
- B. Vincent, Perception d'un projet d'aménagement urbain auprès des commerçants et habitants. Rapport PROCOM, 1996.
- P. Champelovier, J. Lambert, Observatoire de l'environnement sonore du Grand Lyon. Étude de faisabilité. Thème : perception de l'environnement sonore et moyens d'actions. Rapport INRETS-LEN n° 9416, avril 1994.
- J. Lambert, Sensibilité au bruit des transports et sa maîtrise par les élus et techniciens locaux : cas de l'agglomération lyonnaise. Rapport INRETS-LEN n° 9307, avril 1993. ■

### Extraction des paramètres physiques déterminants de la perception qualitative des sons de l'environnement

S. Meunier,  
LMA/CNRS,  
31, chemin Joseph-Aiguier,  
13402 Marseille CEDEX 20,  
E-mail : meunier@lma.cnrs-mrs.fr

*Le but de nos recherches est d'extraire les attributs physiques qui rendent un son agréable, désagréable, gênant. La méthode générale est la suivante : une série de sons est présentée à des auditeurs qui doivent les juger ; une analyse physique des signaux est ensuite réalisée, et nous essayons de corréler les résultats perceptifs aux analyses physiques afin d'extraire les paramètres physiques qui entrent en jeu dans le jugement des auditeurs.*

### Perception qualitative de sons stationnaires : les sons de ventilation

Nous avons tout d'abord étudié des sons de ventilation. En effet, ces signaux nous intéressaient car ils sont caractérisés par un spectre bruité, pouvant ou non présenter des émergences spectrales (raies, sifflements). L'influence de telles émergences a été étudiée depuis de nombreuses années (voir Hellman, 1985), mais généralement les niveaux globaux des signaux étaient différents et ainsi le désagrément était fonction de deux variables : le niveau

et l'émergence spectrale. Dans notre expérience, afin de nous affranchir du niveau, tous les sons étaient présentés à 45 dB (A). Nous avons utilisé la méthode de grandeur pour déterminer le désagrément causé par différents sons. L'auditeur devait donner un nombre proportionnel au désagrément (Berglund et al. 1975). Chaque son était jugé 4 fois par douze auditeurs. Nous avons montré que la présence de raies dans le spectre d'un son le rend désagréable. Le désagrément n'est pas corrélé avec la différence entre le niveau de la raie et le niveau global du son (émergence globale), ni avec la différence entre le niveau de la raie et le niveau dans la bande critique centrée sur la fréquence de la raie (émergence BC), du moins pour les rapports élevés que nous avons ( $> -19$  dB pour l'émergence totale,  $> 0$  dB pour l'émergence BC). Le désagrément n'est pas non plus corrélé à la fréquence de la raie (de 750 à 3000 Hz).

La question se pose de savoir si le désagrément causé par la présence de raies est basé sur un processus de tout ou rien : il pourrait exister un seuil en-dessous duquel les raies spectrales ne rendent pas le son désagréable et au-delà duquel elles le rendent désagréable ; ou bien le désagrément pourrait varier de manière monotone autour de cette limite.

### Perception qualitative de sons non stationnaires

Nous avons étendu notre étude à un ensemble de 32 sons de nature différente, pour la plupart urbains. Ces sons étaient en général non stationnaires. Dans un premier temps, nous avons mesuré le désagrément par la méthode d'estimation de grandeurs. Nous avons ensuite utilisé la méthode des différentiels sémantiques. L'auditeur devait juger les sons selon 6 échelles continues à 7 divisions, aux extrémités desquelles étaient placés 2 adjectifs : agréable/désagréable, faible/fort, grave/aigu, lisse/rugueux, figé/évolutif, tordu/droit. Les 2 dernières échelles mesuraient la non stationnarité des signaux. La dernière mettait l'accent sur la monotonie des variations du signal ; "droit" correspondant à des variations monotones, "tordu" à des variations non monotones. L'auditeur devait placer un curseur sur un point de l'échelle qu'il jugeait correspondre au son qu'il a entendu. Chaque son pouvait être écouté autant de fois que l'auditeur le souhaitait. Onze auditeurs ont réalisé l'expérience. Nous avons calculé les coefficients de corrélations entre le désagrément et les autres attributs perceptifs (tableau 1). On observe que la sonie est le facteur principal de désagrément. Puis viennent l'évolution et la torsion. Ainsi, la variation des sons dans le temps pourrait jouer un rôle dans le désagrément. Pour confirmer ce résultat, il faudra réaliser des expériences dans lesquelles les signaux auront été égalisés en sonie. Ainsi ce facteur, qui est la principale cause de désagrément, serait éliminé et les autres facteurs pourraient émerger de manière plus visible.

	faible/fort sonie	figé/évolutif évolution	tordu/droit (torsion)	grave/aigu (acuité)	lisse/rugueux (rugosité)
agréable/ désagréable	0,89	0,56	0,53	0,34	0,29

Tableau 1 : coefficients de corrélation entre l'agrément et différents attributs

### Référence bibliographiques

Berglund B., Berglund U. et Lindvall T. (1975), JASA, 57, pp 930-934.

Hellman R. P. (1985) JASA, 77, pp 1497-1504.

## Approche psychosociale du paysage sonore urbain

Annie Moch,

LOUEST (UMR CNRS 220),  
Université Paris X,  
200, avenue de la République,  
92001 Nanterre CEDEX,  
Tél. : 01 40 97 73 68

L'aménagement de certaines zones urbaines en zones piétonnières (ou semi-piétonnières) ainsi qu'en zones où la vitesse est limitée comme c'est le cas dans les zones 30 (dites quartiers tranquilles), transforme l'environnement sonore urbain. Notre propos dans le cadre de ces recherches est :

- d'analyser l'impact de ces aménagements sur la manière dont est vécu le paysage sonore tant dans ses dimensions négatives (gêne) que positives (confort ressenti),
- de prendre en compte les liens qu'entretient cette perception avec d'autres aspects de l'environnement (attitudes par rapport à la qualité des espaces, du cadre de vie, du contexte...)
- de repérer la manière dont certains facteurs individuels (âge, sexe, CSP, durée de résidence) médient la perception sonore.

### Principaux résultats

Les sons les plus fortement perçus sont d'origine extérieure et, de jour comme de nuit, viennent en tête les deux-roues, suivis par les camions de livraisons, donc les bruits de circulation.

La nuit c'est surtout l'animation sonore du quartier telles que les cris et conversations des passants et sonorités provenant des établissements publics qui constituent le paysage sonore urbain.

Nous avons pu mettre en évidence (par analyse factorielle) des sous-groupes de sensibilités très différentes aux sons urbains.

La recherche en cours sur les zones 30 (en collaboration avec le Laboratoire central de la Préfecture de police de Paris et la mairie de Paris), effectuée par Valérie Rozec, laisse apparaître une forte satisfaction vis-à-vis du cadre de vie dans ces zones aménagées et une évocation beaucoup plus riche des sons entendus.

### Références bibliographiques

A. Moch, I. Maramotti, Le confort acoustique dans un quartier semi-piétonnier, Abstract of the 6 th international research conference on housing, Beijing academy of social sciences (Eds) Pekin, pp 89-90, 1994.

A. Moch, I. Maramotti, Les ambiances de la ville : du stress au confort, numéro spécial sur la qualité de la vie, Pratiques psychologiques, pp 17-25, 1995.

## Recherche exploratoire sur la qualification des ambiances sonores urbaines en Rhône-Alpes

**Laurent Droin,**  
**Christine Arras,**  
ACOUPHEN SA,  
Campus de la Doua,  
Bât CEI, BP 2132,  
69603 Villeurbanne CEDEX,  
Tél. : 04 78 89 63 61,  
Fax : 04 72 44 04 03

Alors que les outils prévisionnels sont actuellement basés sur une approche quantitative en terme de nuisances, il s'agissait d'engager une réflexion plus qualitative sur l'environnement sonore, particulièrement en site urbain où les sources de bruit sont nombreuses, où le bâti et les échanges économiques et sociaux sont complexes. Basée sur l'auscultation d'une quarantaine de sites sélectionnés sur trois villes : Lyon, Saint-Etienne et Grenoble, l'étude avait pour objectif de mieux connaître les sons de la ville et leur rapport au bâti, à l'aménagement urbain, à l'activité humaine, afin de mieux les prévoir et donc les maîtriser.

### Méthode

Construite sur un corpus d'échantillons sonores représentatifs d'une diversité de situations urbaines, et faisant référence à des sites ayant tous capacité à abriter une circulation et/ou un stationnement piéton, cette étude s'appuyait sur une double approche complémentaire :

- la recherche de critères de qualification acoustique, tant objectivables par une "analyse technicienne" de la bande son (temporelle et spectrale) que plus subjectifs en terme de "ressenti" (à partir d'une écoute "in aditu", sur la base d'une grille d'appréciation et de la reconnaissance et de la hiérarchisation d'indices sonores),
- la mise en évidence de paramètres constructeurs de ces ambiances sonores, descriptifs de l'environnement urbain physique et humain, en s'appuyant sur la capacité privilégiée d'écoute de la population non-voyante.

### Résultats

Cette étude a permis de montrer :

- les limites de l'analyse purement technique dans un domaine où la recherche de sens est fondamentale,
- la sensibilité des ambiances sonores à la nature des circulations et à leur insertion dans le tissu urbain, et sa conséquence sur la dynamique sonore et la capacité d'émergence des autres sources, la capacité de chaque site selon sa volumétrie, ses dispositifs architecturaux, la nature de ses sols et de son aménagement paysager pour faire vivre les sons ; et donc les conséquences sonores de certaines parties d'aménagement,
- le caractère parasite de certaines sources et l'incidence de la nature des indices sonores sur l'appréciation subjective.

Cette première approche permet d'envisager, dans le cadre de la lutte contre les décibels inutiles, une collaboration fructueuse de l'acousticien lors d'opérations de restructurations urbaines, avec deux principaux axes d'intervention :

- régler d'abord le problème de l'intégration des bruits de circulation, en jouant sur l'insertion de chaque site dans la trame viaire de la ville (allures, rythmes, intrusion, masque...),
- exploiter la base d'informations extraite de l'analyse exploratoire menée sur un échantillonnage significatif de sites réels et variés,
- définir l'ambiance adaptée à chaque site et la valoriser par exemple par un revêtement de sol adapté pour accentuer le bruit des pas et donc la nature passante d'un lieu, ou en contenant certaine activité bruyante grâce à des dispositifs architecturaux...

## Influence de la vision sur l'audition en contexte urbain

**L. Lavandier,**  
**S. Violon,**  
IUT de Cergy Pontoise,  
rue d'Eragny,  
Neuville-sur-Oise,  
95031 Cergy-Pontoise CEDEX,  
E-mail : lavandie@u-cergy.fr et violon@u-cergy.fr

Les études concernant les environnements visuel et sonore de la ville sont la plupart du temps menées parallèlement sans prendre en considération les interactions éventuelles entre les deux modalités perceptives. Le but de cette recherche est de développer une approche audiovisuelle de la perception sonore de la ville, c'est-à-dire une approche qui prend en compte l'influence des informations visuelles sur le jugement sonore.

Un test différentiel sémantique, préliminaire, a été organisé in situ. Une analyse par composantes principales a révélé quatre facteurs perceptifs caractéristiques de la perception sonore de la ville et a aussi permis de sélectionner des variables sonores susceptibles d'être particulièrement influencées par le cadre visuel.

Une série de tests différentiels sémantiques en simulation a alors été mise en œuvre. La procédure expérimentale est basée sur la création d'un champ visuel et d'un champ sonore dans une salle noire et semi-anéchoïque. Les sujets doivent évaluer des variables sonores en jugeant des ambiances sonores caractéristiques de la ville, diffusées sous différentes conditions visuelles. Les réponses sont traitées par une analyse de variance.

Les conditions visuelles sélectionnées ont été pour l'instant quatre diapositives représentant des cadres visuels variant suivant le degré d'urbanisation et de préférence. Deux méthodes de présentation des stimuli ont été testées : M1 (pour chaque cadre visuel, le stimulus sonore varie) et M2 (pour chaque stimulus sonore, le cadre visuel varie). Actuellement, seule la méthode M1 est validée car elle apparaît adaptée à l'étude des interactions (pas d'effet d'ordre, réponses cohérentes...).

Ainsi, avec M1, l'analyse de variance montre que pour chacune des deux variables sonores, la vue a influencé significativement le jugement sonore. Cette influence est complexe car elle dépend du type de stimuli sonores. Des

groupes de stimuli sonores ont pu alors être créés suivant l'influence tendancielle exercée par le cadre visuel. Par exemple, les stimuli marqués par une présence sonore humaine majoritaire (pas ou brouhaha) se révèlent peu ou pas influencés par la vision contrairement à ceux marqués par la présence de chants d'oiseaux.

En ce qui concerne les perspectives, la méthode expérimentale validée, éventuellement améliorée, sera mise en pratique : par exemple, en étudiant l'influence de l'aspect visuel d'un mur antibruit sur la perception sonore ou en essayant de cerner des cadres visuels influençant positivement les bruits spécifiques de transport. Quand l'influence de la vision sur l'audition sera mieux cernée du point de vue qualitatif, il sera intéressant d'essayer de quantifier cette influence en mesurant son effet sur des paramètres objectifs caractéristiques de l'environnement sonore urbain.

L'étude inverse de l'influence de la perception sonore sur la perception visuelle pourra aussi être mise en œuvre afin de dresser un bilan (non exhaustif) des interactions audiovisuelles en contexte urbain et d'apporter au final une nouvelle approche globale et optimale de la ville. Pour finir, d'autres approches des interactions sensorielles pourront être envisagées, notamment celles basées sur des méthodes non sémantiques.

## De l'environnement sonore à la ville pluri-sensorielle

**J.P. Thibaud,**  
**R. Piscot,**  
CRESSON,  
École d'architecture de Grenoble,  
60, avenue de Constantine,  
BP 2636,  
38036 Grenoble CEDEX 2,  
Tél. : 04 76 69 83 36,  
Fax : 04 76 69 83 73,  
E-mail : régis.piscot@grenoble.archi.fr

### Ambiances en sous-sol (recherche financée par le plan urbain, dirigée par Jean-Paul Thibaud et Grégoire Chelkoff)

Cette recherche explore les ambiances du sous-sol accessible au public. Existe-t-il des formes sensibles caractéristiques de l'espace souterrain ? En quoi les ambiances du sous-sol donnent-elles matière à une expérience particulière de l'espace public urbain ? Ces questions sont abordées à travers une approche interdisciplinaire du Louvre et des Halles à Paris. Les dimensions sonores et lumineuses sont plus particulièrement abordées, ainsi que la dimension thermique dans une moindre mesure.

L'objectif de cette recherche est de mettre à l'épreuve du terrain la notion d'ambiance. Trois objectifs principaux sous-tendent ce travail : 1) rendre compte de l'expérience sensible des passants en la rapportant aux données du site ; 2) montrer comment les données de l'environnement interagissent avec les pratiques du public ; 3) développer une méthodologie permettant d'analyser les dispositifs spatiaux en termes d'ambiance.

Cette écologie sensible de l'espace public souterrain repose sur la méthode des "parcours commentés" fournissant des comptes rendus de perception en mouvement, conjugués à une caractérisation physique des phénomènes perçus (mesures acoustiques lumineuses et thermoaérouliques) et à une observation ethnographique des conduites sociales. L'analyse micromorphologique de certains dispositifs souterrains permet de ressaisir l'ensemble de ces données en mettant en évidence les interactions complexes entre les formes construites, les formes sensibles et les formes sociales.

Au niveau acoustique, quelques propriétés remarquables ont été dégagées :

- La réverbération apparaît comme une véritable signature sonore des espaces souterrains (même si les TR varient en fonction des volumes intérieurs). L'exposition permanente à une réverbération importante se rencontre rarement dans d'autres types d'espaces urbains.
- Le bruit des équipements constituant une source sonore non négligeable (en plus de la forte réverbération), le niveau de bruit de fond est relativement important tandis que la dynamique et l'intensité restent relativement faibles.
- Les composantes graves paraissent fortement présentes, elles semblent dues à la fois à la fermeture de l'espace (effet tonneau) et aux sources sonores propres à ce type de lieu (métro, escalators, ventilation).

Ces caractéristiques proprement acoustiques prennent véritablement leur sens quand on les met en relation avec d'autres phénomènes sensibles. À cet égard, plusieurs types de résultats peuvent être rapidement mentionnés :

- En premier lieu, les différentes ambiances du sous-sol ne sont pas toutes perçues comme souterraines. Certains indices sensibles déclenchent plus volontiers l'imaginaire du souterrain : sons réverbérés, mais aussi, obscurcissement, absence d'ombre au sol, humidité, odeurs minérales, vacuité. C'est en fait la conjonction de tels indices qui renforce le "sentiment de souterraineté".

Contrairement à l'idée dominante d'une homogénéité des ambiances souterraines, des ruptures fréquentes et rapprochées structurent l'expérience en mouvement du passant. La densité des seuils et la relative disjonction entre les transitions sonores et les transitions visuelles constituent un critère déterminant pour analyser et concevoir l'articulation entre les différents lieux souterrains.

- La réduction des échelles de perception constitue un autre trait remarquable de ce milieu. Le monde construit souterrain module fortement le champ perceptif des passants en limitant l'étendue du regard et la portée de l'oreille. Si l'absence d'horizon amène le passant à rechercher des échappées visuelles, l'environnement sonore n'offre que très rarement la possibilité d'échapper à l'intériorité souterraine.

- Par sa clôture et son caractère inextensible, l'espace souterrain exacerbe la conaturalité des ambiances et des usages. La présence du public ne modifie pas seulement les données d'ordre factuel, elle amplifie les potentialités sensibles et pratiques du site et reconfigure l'ambiance locale. Deux régimes d'existence de l'espace public souterrain peuvent ainsi être distingués. Quand l'espace est "rempli", investi au maximum, la synergie des sens

exacerbe le sentiment d'enveloppement et de collectif (la forte réverbération des lieux amplifie les productions sonores humaines mais les brouille, et les fond les unes aux autres, accentuation de la vision rapprochée, réduction des distances interpersonnelles, chaleur, etc). Par contre, quand l'espace est quasiment vide, très peu fréquenté, l'attention des passants se distribue en fonction des événements du moment ; chaque visiteur devient particulièrement exposé au regard et à l'écoute d'autrui (la réverbération propage et rend audible la moindre émission humaine, la vacuité accentue la visibilité de chacun, etc).

En conclusion, la problématique des ambiances permet de développer de nouveaux modes de questionnement de l'environnement sonore urbain. Deux pistes principales de recherche apparaissent à la suite d'un tel travail. D'une part, quelle place occupe le monde sonore dans l'expérience sensible du citoyen ? L'interrogation porte alors sur l'intersensorialité en milieu urbain. D'autre part, comment les pratiques sociales in situ participent-elles de la "sensibilisation" de l'espace ? Le problème consiste alors à penser le rapport complexe entre le sensible et le social.

### **Intermodalité et multi-nuisance (Doctorat en cours de Régis Piscot dans le cadre de la formation doctorale "Ambiances architecturales et urbaines", en collaboration avec le Groupe de recherche sur l'environnement en chimie appliquée)**

Les différents travaux de recherche sur les nuisances (sonores, olfactives et autres) tendent à montrer que le bruit est considéré comme la nuisance majeure, devant les odeurs. D'autre part, il apparaît clairement que les nuisances, en tant que telles, dépendent très largement du contexte (environnement physique et chimique, espace construit, etc), mais également des représentations sociales que se font les habitants de ce contexte. Dès lors, ce travail propose d'interroger l'intermodalité (ou l'existence d'une association intermodale sonore-olfactive) par le biais des multi-nuisances. En d'autres termes, c'est se poser la question de la place de l'intermodalité dans les différences de représentation sociale d'un même environnement : l'individu multi-exposé peut aller de l'abstraction et l'assimilation complètes des nuisances, à une focalisation ou un recouvrement de ces dernières.

L'hypothèse développée ici est centrée sur le concept transversal de gradient, appliqué à la perception. Elle consiste à dire que la représentation d'un sujet soumis à des signaux de natures différentes est directement liée au gradient de perception de son environnement. Ce gradient dépend de la nature des signaux perçus, mais également de la relation intermodale faite entre les différents signaux. La nature de cette relation est double : elle obéit à la composante exploratoire et dynamique de la perception, mais également à une dynamique d'émergence de l'objet dans l'environnement.

Le terrain d'étude de cette recherche en cours est celui de la ville de Pont-de-Claix (38) englobant en son sein le plus grand complexe chimique français de Rhône-Poulenc qui occupe plus d'un tiers de la surface totale de la ville.

D'un point de vue méthodologique, la problématique conduit à considérer deux types de description. La première, d'ordre factuel, apporte une analyse du contexte par des

mesures acoustiques (système informatisé 01 dB) et chimiques (couplage chromatogramme de masse, dosimétrie) des nuisances potentielles du site. Cette première phase a mis en avant deux types de résultats :

- une caractérisation qualitative et quantitative des sources sonores (niveaux sonores et types de sources), odorantes (Composés organiques volatiles, aromatiques) et irritantes (ozone).

- une caractérisation de la distribution de ces sources sur le site (influence des conditions météorologiques : vent, température et hydrométrie), permettant de retenir trois zones d'étude particulières.

La seconde description (en cours de réalisation), d'ordre textuel, est réalisée par une enquête semi-directive sur les usagers des sites retenus. Le protocole d'enquête repose sur une application à l'olfactif de l'écoute réactivée, mise au point au CRESSON. Cette technique consiste à faire réagir les sujets à des supports sonores et olfactifs, préparés en fonction des premiers résultats de l'étude factuelle. L'objectif est ici d'analyser la "reconstruction" des sources de nuisances potentielles du site, opérée dans les représentations sociales que s'en font les usagers.

### **Références bibliographiques**

R. Piscot, *Multiexposition et multinuisances*. Thèse en cours dans le cadre de la formation doctorale "Ambiances architecturales et urbaines".

G. Chelkoff, J.P. Thibaud, *Ambiances sous la ville, une approche écologique des espaces publics souterrains*, CRESSON/Plan urbain, Grenoble, 1997.

J.P. Thibaud, *Mouvement et perception des ambiances souterraines*, dans les annales de la recherche urbaine, n° 71, juin 1996, pp 144-152.

J.P. Thibaud, *La méthode des parcours commentés in l'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et Jean-Paul Thibaud, Editions Parenthèses, Marseille (à paraître en 1998).

### **Aménagement sonore pour l'îlot des Platanes à Saint-Fons**

O. Balaïy,  
CRESSON,  
École d'architecture de Grenoble,  
URA 1268,  
60, avenue de Constantine,  
BP 2636,  
38036 Grenoble CEDEX 2,  
Tél. : 04 76 69 83 38

Les gestionnaires de la ville (élus, offices publics d'aménagement, gérants d'immeubles, urbanistes architectes, opérateurs urbains...) sont pour la plupart très embarrassés lorsqu'on leur propose de prendre en compte l'aménagement sonore de leur ville, d'un quartier ou d'une zone d'habitat. Un environnement sonore quotidien qui aurait du "caractère" n'est guère pensable. Susciter ce caractère, lorsqu'il fait défaut ou le révéler lorsqu'il existe à l'état latent est négligé. Toutefois, pour beaucoup de gens, le quartier, le boulevard, la cour, la place... sont de véritables espaces vitaux où la dimension sonore joue un rôle parmi les autres dimensions sensibles.

### **Question pratique**

A l'échelle locale, le problème est de savoir comment les individus réussissent à définir les sons de leur territoire

familier et prennent plaisir à s'identifier à eux d'une part, et d'autre part, comment cette identification dépend de celui qui contrôle, crée, aménage ce territoire. Si l'on arrive à répondre à ces questions, une agence locale d'urbanisme et d'aménagement ne peut qu'encourager un processus qui donnera à chaque espace urbain une identité sonore. L'expérience de Saint-Fons est justement l'occasion de montrer, à une structure administrative, comment un projet d'aménagement peut intégrer à un programme donné un cahier des charges capable d'initier, une ambiance sonore spécifique au quartier.

Dans ce type de démarche, il est utile à titre informatif de faire d'abord un diagnostic sonore de la force réelle ou latente d'attachement des gens aux sons d'un lieu. Cet apport de connaissances permet en effet de mettre en valeur les diversités locales et de montrer qu'on ne peut pas appliquer de manière aveugle les normes sonores en vigueur. Par la suite, trois attitudes - contrôler les flux sonores pour qualifier les lieux, proposer des espaces sonores pouvant être animés par la voix des habitants ou par d'autres usages sonores, créer de nouvelles conditions d'écoute en cheminant dans un espace public (démarche paysagère) - guident la démarche de conception. Une autre prise de position accompagne nos propositions et peut se résumer ainsi : l'usager de la ville est un acteur dans son environnement. Chez lui ou dans l'espace public, il choisit de manière inconsciente ou intuitive ses parcours ou son cadre d'écoute en fonction des possibilités qui lui sont données dans l'espace construit.

Dernière remarque inaugurale : dans le cas de Saint-Fons, l'opération d'aménagement projetée par la mairie vise la redynamisation économique et sociale du centre ville. Historiquement, le centre ville de Saint-Fons a toujours été très commerçant. Il est aujourd'hui de plus en plus abandonné par les propriétaires au profit de locataires souvent peu fortunés. L'objectif clairement annoncé est de revitaliser le quartier à partir d'un programme alliant le renouvellement de l'implantation de commerces avec la construction d'un petit supermarché et des habitations en copropriétés.

## Un modèle d'urbanisme sonore

**Pascal Amphoux,**  
EPFL de Lausanne,  
Institut de recherche sur l'environnement construit,  
14, rue de l'Église anglaise,  
1006 Lausanne,  
Suisse,  
E-mail : amphoux@dasunl.epfl.ch

L'urbanisme sonore tend à se spécialiser dans des techniques classiques de zonage de l'espace. Une telle réduction semble d'autant plus problématique que le son ne respecte pratiquement jamais les limites visuelles du territoire physique. Comment alors mettre en œuvre la dimension sonore dans une démarche urbanistique opérationnelle sans tomber dans ce piège ?

A partir de la distinction théorique que nous avons établie entre trois écoutes du monde sonore, l'écoute environnementale, l'écoute médiale et l'écoute paysagère, et trois types de pollution (acoustique, sonore et phonique) qui renvoient respectivement aux dimensions technique, sociologique et esthétique du son, l'exposé sera consacré à une brève présentation d'un modèle d'urbanisme sonore, reposant sur une distinction claire entre trois modalités d'action sur l'identité sonore urbaine : le diagnostic, la gestion et la création.

L'activité de diagnostic relève d'une attitude défensive et consiste à protéger l'environnement sonore de la pollution acoustique (indifférenciation physique et médianisation).

L'attitude à ce niveau relève de l'ordre de la compétence technique et doit être inscrite sous le signe de la correction acoustique. Si cette perspective est actuellement la plus développée, elle devrait ne plus se réduire aux traditionnelles "mesures de lutte contre le bruit" mais s'ouvrir à des démarches patrimoniales et normatives nouvelles qui s'appuient sur des critères de qualité acoustique élargis. Un répertoire de tels critères sera évoqué, dont la définition rigoureuse et illustrée par des fragments sonores urbains de provenance et de cultures différentes est précisée dans un CD sonore publié cette année à l'IREC.

L'activité de gestion relève d'une attitude offensive et consiste à conforter le milieu sonore en luttant contre la tendance à l'indifférenciation des comportements (individualisation des modes de vie). L'attitude ici relève de l'ordre de la compétence anthropologique habitante de l'usager ou du citoyen ordinaire et peut être inscrite sous le signe de l'aménagement sonore. Celui-ci ne consiste plus à agir sur l'environnement physique, mais sur les valeurs, les pratiques et l'imaginaire collectif des habitants. Son objet n'est pas de donner des leçons de morale, mais de repenser, au-delà des expériences de traitement de la plainte, aux modalités nouvelles de gestion et de régulation des interactions sociales.

L'activité de création enfin relève d'une attitude inventive et consiste à composer le paysage sonore en échappant à ce que nous avons appelé la pollution phonique (indifférenciation perceptive, acculturation et confusion des écoutes). L'attitude relève cette fois de la compétence de "concepteurs sons" (comme on dit des "concepteurs lumières") et s'inscrit sous le signe de la "création phonique". D'un côté, il faut agir in situ et développer des projets et des savoir-faire de "scénographie sonore urbaine" en agissant concrètement sur l'espace public, de l'autre, il faut agir in auditu sur le renouvellement des modèles culturels et esthétiques de notre oreille.

Face au réductionnisme environnemental qui consiste à privilégier et à ne financer que la première attitude, nous plaiderons pour un rééquilibrage entre ces trois types d'activités.

## Un paysage sonore urbain sain

**Bernard Delage,**  
Delage et Delage,  
53, rue de Belleville,  
75019 Paris,  
Tél. : 01 42 03 91 90,  
Fax : 01 42 03 48 50

Un environnement sonore urbain est un espace de liberté accueillant, offrant à tous les citoyens la possibilité de faire du bruit - qui est une forme naturelle d'expression - tout autant que celle de jouir du calme - qui est un droit incontestable.

Soyons vigilants : le contrôle dans l'espace (par l'urbanisme, l'architecture, les techniques), et dans le temps (par la réglementation), de ce que notre législation nomme "bruits", nous entraîne vers un risque majeur : celui d'étouffer toute expression sonore urbaine, particulière à l'urbain, et dans l'urbain particulière à chacun, dès l'instant où elle dépasse certaines valeurs quantitatives, faute de pouvoir juger "objectivement" d'autre chose.

Cette "autre chose", que l'on pourrait nommer le "bien-fondé" du bruit, c'est tout à la fois son sens, son utilité, son contenu informatif, sa participation à la relation entre les citoyens, son action dans la configuration de l'espace urbain et sa capacité à révéler ce qui ne nous est pas forcément donné de voir.

Dans l'espace urbain dont une des caractéristiques est la densité qui réduit le champ visuel, le son relie les hommes infiniment plus que le regard. Il faut refuser une partition de la ville entre bruit et silence, entre gris blanc et gris noir, qui détruit les relations entre les citoyens aussi sûrement que d'autres solutions totalitaires.

Certes on peut du matin au soir :

- passer de l'habitat bien insonorisé de sa famille à l'habitable bien alimenté en décibels (radios FM ou Compact disc) de sa voiture,
- aller de la neutralité sonore du bureau paysager à celle non moins désespérante de la brasserie ou de la galerie marchande,
- monter le son de son walkman dans les transports en commun et le baisser pendant la traversée des parcs et jardins,
- vivre sans bruits, sans rien qui dérange mais rien qui arrange vraiment non plus, en s'équipant de quelques prothèses technologiques ou en s'exilant en centre ville,
- changer ses fenêtres, et les garder désormais fermées pour toujours,
- n'autoriser que le bruit des sirènes de police, d'ambulance, des pompiers, ou celui plus dramatique encore des sirènes sonnantes l'alerte.

Certes l'on peut, les technologies nous le permettent, nier la ville en la bâtissant et produire des simulacres sans voix ; à quoi bon ?

# 2<sup>èmes</sup> Assises nationales de la qualité de l'environnement sonore

## Paris, 15-16-17 Décembre 1998

### Les nouveaux produits et technologies de la lutte contre le bruit

#### L'Europe et le bruit

### Bilan de l'appel d'offres "Gestion de l'Environnement Urbain Sonore"

#### La gestion du bruit en ville

#### Transports et environnement

Contact : CIDB, 12-14, rue Jules Bourdais, 75017 Paris  
Tél. : 01 41 64 64 64, Fax : 01 47 64 64 63