

Vers un simulateur des ambiances sonores urbaines

Philippe Woloszyn,
LCPC de Nantes
BP 19
44340 Bouguenais

La ville peut être considérée comme un grand instrument de musique, aux qualités conditionnées par son architecture. Les acteurs-instrumentistes (les sources sonores) jouent sur ce grand instrument la symphonie de la rumeur urbaine. Sa compréhension suppose d'écouter, de décrire, d'analyser les ambiances sonores de l'environnement urbain et plus particulièrement le rôle de l'espace architectural en tant que filtre acoustique entre les sources, réparties sur l'espace, et l'auditeur.

Cet article résume la genèse d'un travail de thèse, qui s'inscrit dans le programme PIR-Villes/CNRS "Ville sensibles" dont le programme de recherche "Vers un logiciel prédictif des ambiances sonores urbaines" réunit les quatre équipes du CERMA, du CRESSON, du LAUM et du LCPC.



L'analyse du paysage sonore urbain nécessite d'abord l'identification de ses sources sonores élémentaires, dont la composition aboutit aux ambiances sonores perçues à l'échelle humaine. Leurs caractéristiques propres varient selon les paramètres usuels des sources acoustiques (composition, fréquence, niveau et directivité) en fonction du temps et de leur position dans l'espace. L'élaboration d'un modèle d'émission sonore en milieu urbain pourrait découler de cette analyse des sources, en les combinant entre elles, pour en faire les données d'entrée du modèle de diffusion acoustique en milieu urbain.

Le modulateur morpho-acoustique

La spécificité de cette recherche est d'intégrer les facteurs de dépendance entre la géométrie construite et la propagation sonore. En d'autres termes, il s'agit de déterminer la fonction de transfert du filtre que constitue l'architecture urbaine. Ce filtre est d'autant plus complexe qu'il est le résultat de l'imbrication de la morphologie du tissu, d'une part, et de la structure multisources de la ville, d'autre part.

On appellera modulateur morpho-acoustique, l'élément de bâti constituant le tissu urbain, intégrant les mécanismes de l'interaction entre la propagation acoustique et la géométrie du bâti. Il agit comme un filtre acoustique dont l'impédance équivalente détermine le bilan énergétique de la diffusion sonore en milieu confiné.

La ville peut alors être modélisée par l'assemblage de ses éléments discrets, afin de constituer un système de comportement acoustique global.

Le modulateur morpho-acoustique peut donc être assimilé à un filtre à régression d'échelle, dont la fonction de transfert est un processus discontinu dépendant de paramètres variables par affinité, et évalué selon une loi logarithmique, et non par un processus linéaire géré par un paramètre constant.

Indicateurs dimensionnels du tissu urbain - indices fractals

Pour étudier la propagation du son dans les formes urbaines, il convient de bien évaluer la structure de leur interface plein/vide (construit/non construit) à tous les niveaux d'échelle pertinents pour l'analyse des phénomènes de propagation. La dimension de ces structures est à mettre en regard des longueurs d'onde correspondant au spectre audible (par exemple, de 30 m à 3 cm pour la plage 10 Hz-10 000 Hz). Les lois de l'acoustique géométrique exigent ainsi de quantifier les ruptures dimensionnelles selon l'interface entre le cadre bâti et le milieu de propagation (Fig. 1).

Les indicateurs habituellement appliqués aux zones urbaines tels que densité (surfactive, volumique) ou rapport de forme (frontal, horizontal) sont insuffisants. Leur caractère intégrateur empêche toute description de la hiérarchie formelle des phénomènes d'auto-organisation morphologique de la structure urbaine. Certaines propriétés de l'espace bâti, telles que connectivité, fragmentation, ramification des sites urbains interviennent aussi.

La quantification des ruptures dimensionnelles de la structure urbaine suppose donc l'emploi d'indicateurs géométriques pertinents à toutes les échelles : tel est l'intérêt des indices fractals, susceptibles de prendre en compte simultanément les phénomènes acoustiques sur la totalité de leur spectre de fréquences et le paramétrage géométrique affine qui leur est associé.

Mesures morphologiques et simulations tissulaires

Une première série de mesures de ce type a été menée sur des échantillons du tissu urbain nantais, dans le but de quantifier l'hétérogénéité de la répartition de la surface bâtie.

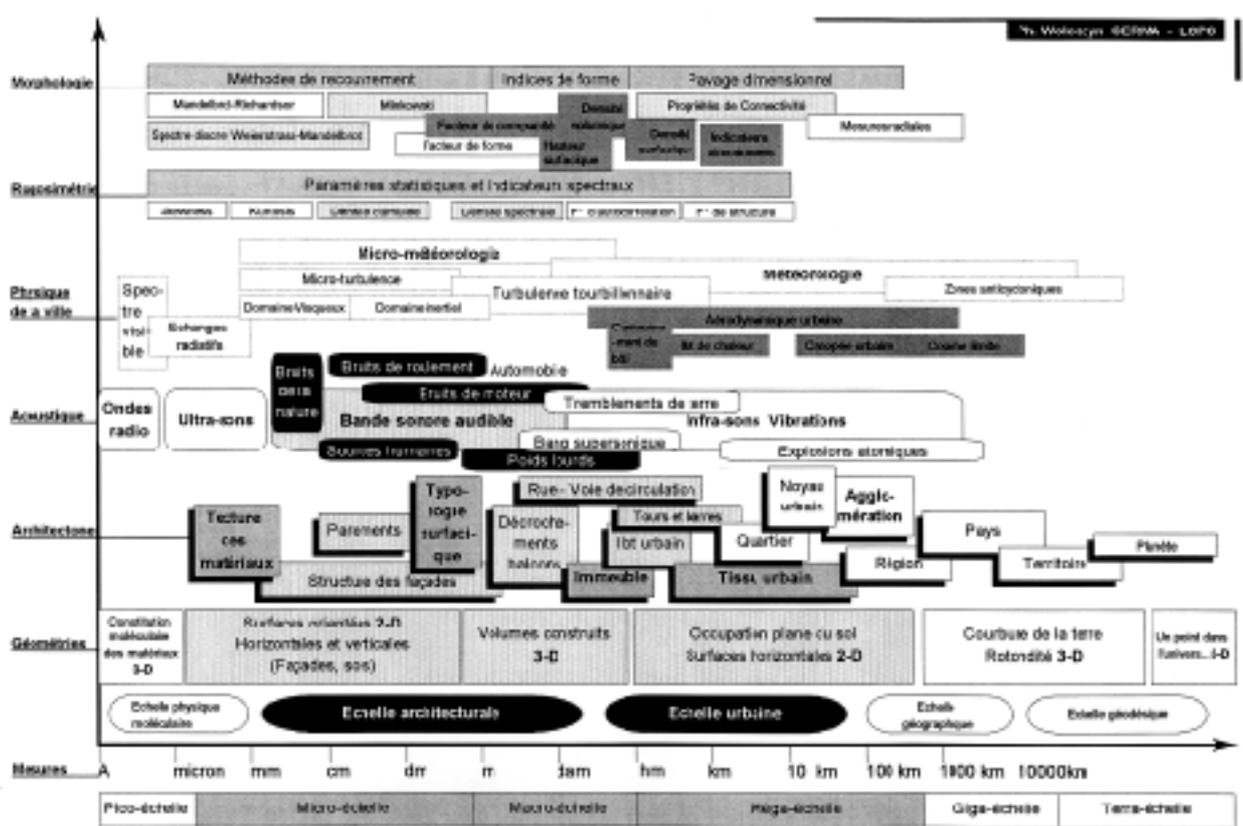


Fig. 1 : Ruptures dimensionnelles du cadre bâti et indicateurs associés.

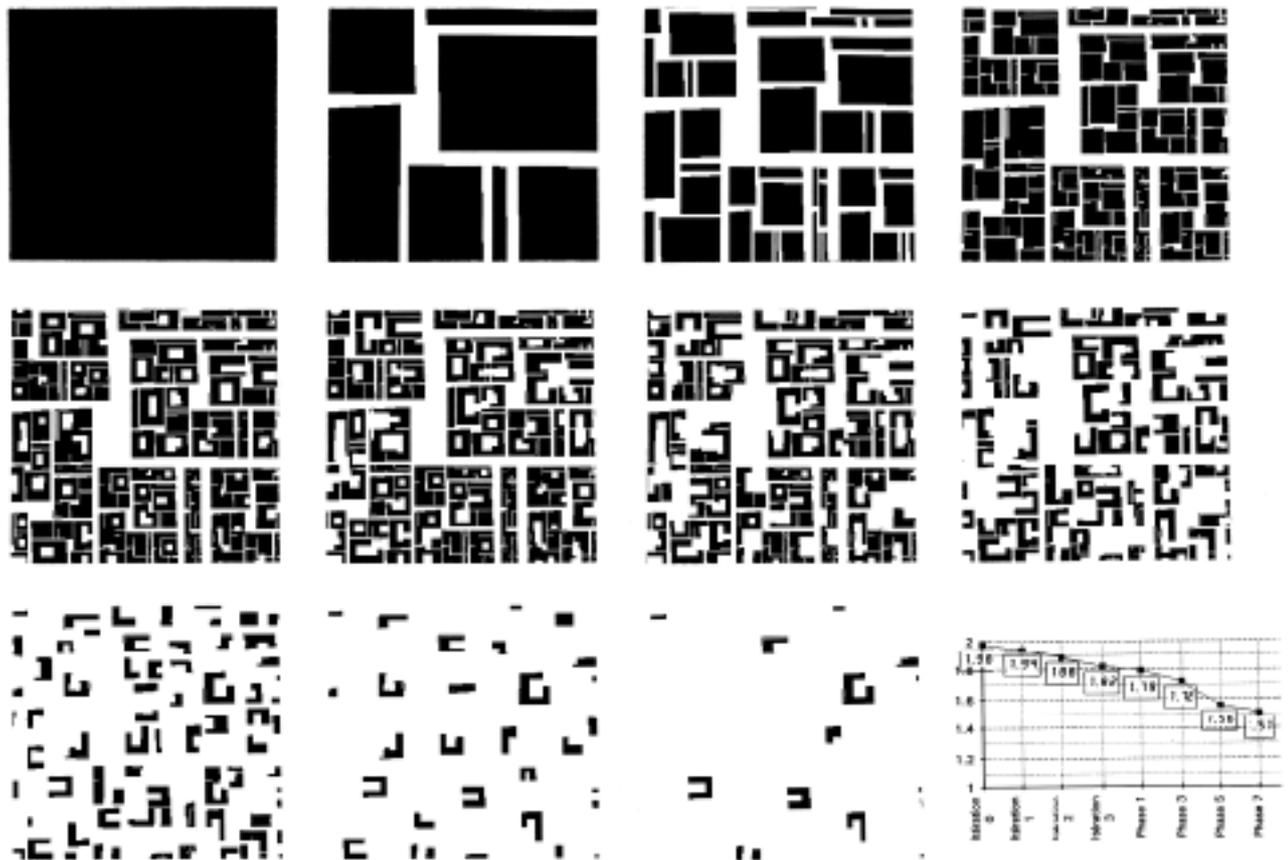


Fig. 2 : Simulation d'un tissu urbain et dimensions fractales correspondantes.

On a introduit la notion de dimension locale en un secteur de la structure étudiée, afin de pouvoir rapporter, à l'échelle de l'élément, ses niveaux d'organisation spatiale. On a confirmé l'hypothèse de la multifractalité de la maille urbaine. Un dispositif automatique d'estimation dimensionnelle locale (utilisant un algorithme de mesures multifractales) par segmentation de tissu est actuellement en cours de validation.

Pour quantifier l'influence de la représentation cartographique dans le dimensionnement fractionnaire du tissu urbain, nous avons ensuite procédé à une série de simulations tissulaires. Ces simulations consistent à construire un tissu urbain virtuel par itération d'une lacune (espace non construit ayant le rôle de générateur) dans un quadrilatère (surface construite de départ qui représente l'initiateur). Les résultats obtenus confirmant le caractère local de la fractalité du tissu virtuel, (dont le comportement morphologique est multifractal). Ils mettent l'accent sur l'influence globale du facteur de forme spécifique à chaque échantillon du tissu urbain sur la lacunarité, ce qui est confirmé par le calcul des rapports périmètre/surface de chaque îlot du tissu (Fig. 2). Ces premiers résultats partiels montrent que l'indicateur fractal propre aux structures urbaines peut être appliqué :

- d'une part, à l'échelle de la ville dans le but d'effectuer une discrétisation des tissus ayant la même homogénéité structurelle (Fig. 3),
- et, d'autre part, à plus grande échelle, pour caractériser la diffusivité des îlots, immeubles et parties d'ouvrages dans le but de définir le coefficient de diffusion sonore applicable en milieu urbain.

Perspectives

Cette approche nouvelle du tissu urbain étant acquise, il reste à définir la propriété acoustique de l'élément étudié.

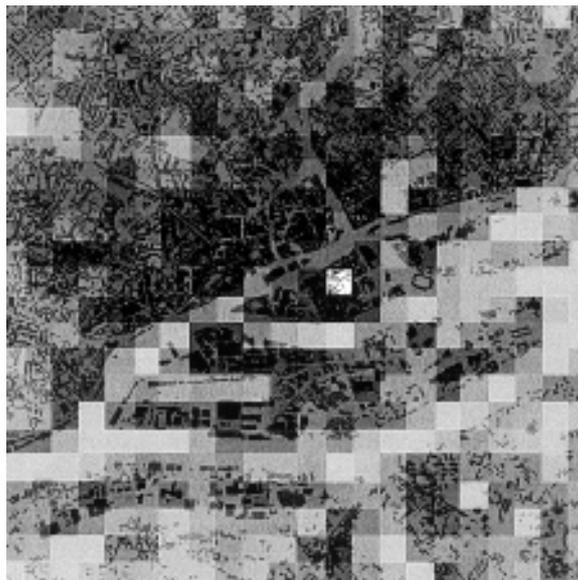


Fig. 3 : Mesure multifractale du cœur historique nantais.

Nous pourrions alors paramétrer les objets urbains aux différentes échelles d'appréhension de leur forme, la structure dimensionnelle des géométries utilisées dans l'architecture conditionnant la qualité acoustique de l'environnement construit.

C'est donc bien par la maîtrise de l'échelle des éléments constitutifs de l'espace urbain que la qualité du champ acoustique extérieur peut être projetée. Ceci nous permettra, à terme, de poser les bases d'une instrumentation acoustique du projet urbain prenant en compte la complexité structurelle de l'interaction entre propagation des sources sonores et paramétrage local des phénomènes d'auto-organisation morphologique de la ville. ■