

# Effets sensibles en milieu urbain. Analyse in situ et expérimentation virtuelle

**Annie Luciani,**  
ACROE,  
INPG,  
46, avenue Félix Viallet,  
38031 Grenoble CEDEX,  
Tél. : 04 76 57 46 69,  
Fax : 04 76 57 48 89,  
E-mail : annie.luciani@imag.fr

**Nicolas Tixier,**  
CRESSON,  
UMR CNRS 1563,  
Ecole 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

**L'**objectif de cette recherche<sup>1</sup> rejoint la préoccupation commune à de nombreuses autres études, à savoir le développement d'outils permettant de représenter et de modéliser l'environnement sonore urbain. Pour arriver à ce début de maîtrise, on trouve deux types de travaux : les premiers, visant directement à une simulation des conditions objectives de production sonore, s'appuient principalement sur des études acoustiques et physiques<sup>2</sup>, les seconds s'intéressent plutôt à la caractérisation des effets et de leur perception. Concernant le terrain expérimental, on retrouve là aussi deux orientations : les méthodes en univers "bien contrôlé" et les méthodes en univers "peu contrôlé". De fait, ces dernières doivent inclure plus fortement la notion d'émergence de l'effet et par là même, permettent d'aborder les ambiances<sup>3</sup> en contexte.

C'est dans cette nécessité du in situ que s'ancre notre approche de la perception des phénomènes sensibles. Les méthodes utilisées sont conséquentes à ce choix. La simulation est conçue comme un outil de validation de catégories de phénomènes.

Elle sert dans un premier temps à trouver une cause potentielle de l'émergence de ces catégories. De plus, les

simulations choisies se fondant sur des modèles physiques sont, on l'espère, mieux placées que les modèles purement psycho-cognitifs pour participer à une passerelle vers les modèles physiques objectifs et donc vers un retour sur l'environnement construit.

## Les concepts

### Un outil interdisciplinaire, la notion d'effet sonore

L'approche de l'environnement sonore par le CRESSON se fonde sur une analyse des phénomènes in situ à partir de techniques d'observation, d'enregistrement, de mesure et d'interprétation inédites [3]. Parmi ces techniques, on peut citer les parcours d'écoute qualifiée (adaptation des parcours commentés, visant à établir in situ des descriptions de perception en mouvement - fig. 1), l'observation récurrente ou encore l'écoute réactivée. Ces travaux ont conduit à l'élaboration d'un répertoire d'effets sonores [4]. Ils sont définis de manière transversale à partir des représentations relevant de disciplines différentes : acoustique physique et appliquée, architecture et urbanisme, psychologie et physiologie de la perception, sociologie et culture du quotidien, esthétique musicale et électroacoustique, expression scripturaire et médiatique.

Dans le prolongement des outils d'analyse de l'environnement sonore que sont l'objet sonore défini par Pierre Schaeffer, et le paysage sonore décrit par Robert Murray Schafer, l'effet sonore se propose comme descripteur des situations vécues de la vie quotidienne. Ce type d'analyse a permis d'isoler des effets majeurs en milieu urbain tels que la métabole, la coupure, le masque, l'ubiquité...

1. Cette recherche met en partenariat le Cresson (Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain - Ecole d'architecture de Grenoble), l'Acroë (Association pour la recherche et la création sur les outils d'expression - INPG - Grenoble) et l'IREC (Institut de recherche sur l'environnement construit - EPFL - Lausanne).

La recherche ainsi que la thèse associée (sous la direction de Jean-François Augoyard) bénéficient de la participation financière de la Région Rhône-Alpes (attribution 1997).

2. On peut parmi les travaux les plus récents citer la thèse de Judicaël Picaut [1]. Ce travail entre dans le cadre du projet "Vers un logiciel prédictif des ambiances sonores urbaines" (PIR-Villes CNRS, cf. *intra*).

3. Pour une définition de la notion d'ambiances architecturales et urbaines, on peut se référer à l'article [2] de Jean-François Augoyard.

Comme illustration, on peut prendre un effet de masque en milieu urbain issu de parcours d'écoute qualifiée lors du cheminement près d'un rond-point routier. Un effet de masque se caractérise par la présence d'un son qui, par son niveau ou la répartition de ses fréquences, recouvre complètement ou partiellement un autre son [4, p. 78]. L'effet est alors décrit par le ressaisissement des différents relevés entre eux (fig. 2) :

- des mesures (fort accroissement en intensité du bruit routier en bordure du rond-point, dynamique progressive dans l'émergence) ;
- des commentaires ("Oh là là, ici le bruit me couvre tout..." ou encore "je vois le tramway, mais je ne l'entends même pas...") ;
- des observations en lien avec les enregistrements sonores (souvent les personnes accélèrent leur marche, ou encore lors des descriptions en parcours, elles suspendent leur phrase et attendent d'avoir le dos au rond-point pour la reprendre...).



Fig. 1 : Le parcourant écoutant est équipé d'un double système d'enregistrement synchronisé :

- L'écoute amplifiée : micro directionnel + perche dirigée par l'écouter + enregistrement D.A.T. de l'environnement sonore + casque (la bande est étalonnée en niveau dB(A), permettant une exploitation métrologique ultérieure).
- Commentaires : micro-cravate + enregistrement Dictaphone de ses descriptions.

## La notion de modèle dynamique

Pour de nombreux effets (métabole, masque...) le résultat des analyses in situ montre qu'un trait essentiel de leur caractérisation est l'existence d'une organisation spatio-temporelle complexe et d'une évolutivité de cette organisation qui se fonde sur des comportements collectifs fortement non linéaires. L'ACROE travaille essentiellement sur la modélisation physique et la simulation numérique pour le son, l'image, l'organisation sonore et l'organisation visuelle. On peut parler d'expérimentation virtuelle au sens où la simulation numérique d'un modèle physique joue dans l'expérimentation un rôle similaire à une maquette matérielle et dans les cas qui nous préoccupent, d'expérimentations sur le sensible. La modélisation abordée ainsi produit des sons et des images, c'est-à-dire des phénomènes sensibles observables.

Les modèles dynamiques tels que définis et pratiqués à l'ACROE sont des modèles physiques de phénomènes observables, qu'ils soient ou non objectivables. Le qualificatif de "physique" s'applique donc à la nature du modèle, non à la chose observée. Les modèles sont qualifiés de "physiques" en ce sens qu'ils exploitent et satisfont les descripteurs et principes fondamentaux de la physique, en l'occurrence les notions de force, de comportement local et le principe d'action - réaction. Les comportements globaux sont par principe des comportements émergents d'un ensemble de comportements locaux en interaction réglémentés par le principe d'action-réaction au plus bas niveau. Vu ainsi, un modèle physique se présente comme un "réseau" de comportements locaux en interaction bilatérale et simultanée. On voit alors qu'ils sont :

- plus généraux que les réseaux de neurones qui n'implémentent pas le principe d'action-réaction ;
- plus puissants, en ce qui concerne la variété de phénomènes globaux émergents, que les modèles à agents, fussent-ils réactifs, puisqu'ils implémentent le principe d'action-réaction à un niveau élémentaire, tandis que les modèles à agents implémentent la réactivité à un niveau macroscopique, par exemple le niveau "cognitif".

Dans ce cadre, ils sont surtout considérés comme de puissants générateurs de dynamiques spatio-temporelles ou acoustico-spatio-temporelles, linéaires ou non-linéaires : fracture / fission, agglomération / fusion, sédimentation / mémorisation... Contrairement aux modèles purement cinématiques ou acoustiques, ils portent en eux-mêmes la notion d'émergence du phénomène. En ce qui nous concerne, ils sont en particulier utilisés pour synthétiser non seulement des sons instrumentaux mais également des organisations sonores, non seulement des déplacements et des déformations, mais aussi des évolutions temporelles complexes. Ils sont également bien adaptés pour modéliser des comportements collectifs (flots de véhicules, de piétons, mais aussi des ensembles d'événements sonores).

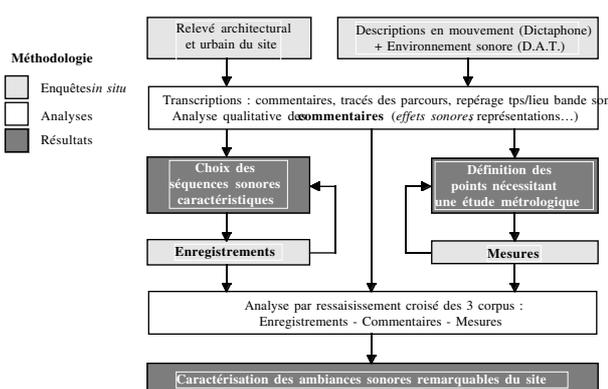


Fig. 2 : Parcours d'écoute qualifiée - schéma méthodologique

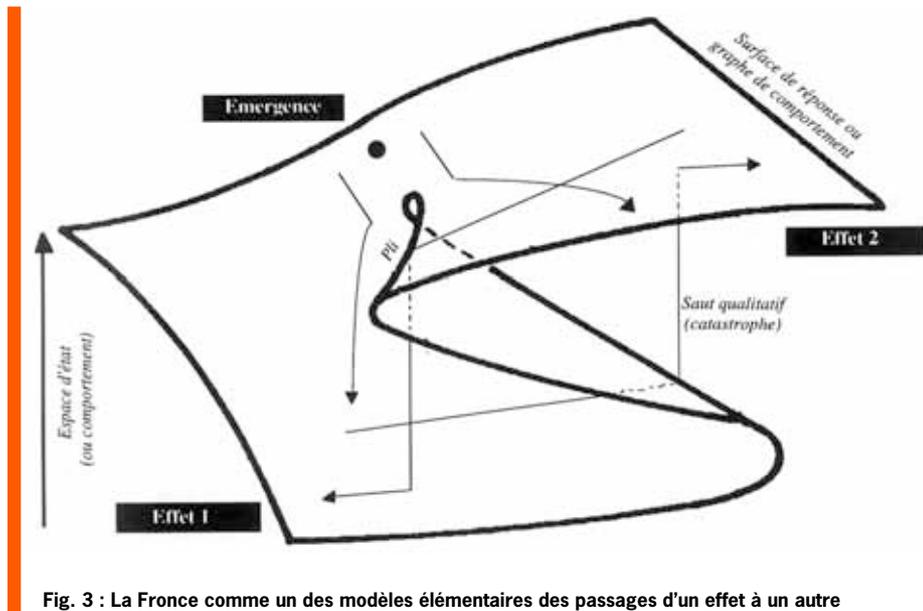


Fig. 3 : La Fronce comme un des modèles élémentaires des passages d'un effet à un autre

## Etudes et résultats

### Analyses morphodynamiques de phénomènes sensibles

L'hypothèse principale de cette recherche est qu'une des composantes significatives majeures dans la perception de certains phénomènes sensibles se situe dans la dynamique et l'organisation spatio-temporelle par lesquels ils s'actualisent en interaction avec un sujet en contexte. Pour cela, deux approches morphodynamiques<sup>4</sup> qui peuvent s'avérer complémentaires ont été abordées [5]. La première, liée à la Théorie des Catastrophes de René Thom, utilise des schémas analytiques abstraits (catastrophes élémentaires), pour rendre compte de discontinuités perceptives significatives. Il s'agit de représentations qui utilisent un espace topologiquement qualitatif décrivant des lieux de singularités et de bifurcations [6]. Tout en représentant de façon discursive les modes d'apparition d'un effet ainsi que les passages d'un effet à un autre, ces schémas permettent une nouvelle structuration du champ des effets en traitant la question même des passages de la structure à l'effet.

La seconde approche s'appuie sur l'étude des émergences de comportements collectifs et de figures d'interactions. Elle a permis de mettre en évidence certains phénomènes morphodynamiques de structuration du sensible, ceci autant dans les configurations spatiales d'un ensemble de personnes dans un espace, que dans la perception de certains phénomènes sonores. Il a donc été choisi de prendre deux objets d'étude très différents :

#### - Les formes dynamiques émergentes dans les conduites ordinaires citadines (en particulier à travers

l'exemple d'un sas composé de portes automatiques dans un espace public). Dans les interactions, on observe des notions de laminarité, d'élasticité des groupes, de volume psycho-

4. Théories qui cherchent à décrire, voire à expliquer l'apparition, le maintien et la disparition de formes.

physique... autant de critères de nature causale que l'on retrouve comme analogues aux composantes majeures des modèles physiques (masse, élasticité, viscosité) [5].

- **Un effet sonore : l'effet de métabole** (définition succincte : effet perceptif décrivant les relations instables entre les éléments composant un ensemble sonore. Il comporte deux critères fondamentaux : celui de l'instabilité de la structure perçue dans le temps et celui de la distinctibilité des parties ou de l'ensemble dans une composition sonore donnée [4, p. 86]).

Ces deux objets d'étude s'ancrent dans le champ des ambiances architecturales et urbaines puisqu'ils ont, a minima, besoin de la dimension spatiale et temporelle pour s'incarner et qu'ils engagent un rapport sensible au monde. En cela ils permettent pour leur étude une approche transversale (par les théories morphodynamiques) et interdisciplinaire (étant à la fois forme construite et physique, forme perçue et forme représentée).

Initialement très différents et par là même séparés, ces deux objets d'étude sont censés trouver des correspondances par l'utilisation d'un même outil (le modèle physique) et d'une même démarche expérimentale (cf. le schéma final - fig. 7); la métabole pouvant aussi être considérée comme une des figures possibles observée dans les comportements collectifs observables. Il s'agit bien alors d'étudier des effets qui relèvent principalement d'une organisation perceptive (coupure, masque, métabole...).

### Synthèses morphodynamiques de phénomènes sensibles

Les expériences menées par l'ACROE en matière de synthèse de catégories d'effets sensibles par modèles physiques, et qui trouvent usage dans l'analyse de catégories d'effets d'ambiance, sont celles qui font état d'un certain degré de non-linéarité et rendent compte de phénomènes chaotiques, auto-similaires ou de changement d'échelle. Ils sont une étape dans ce que Jean Petitot [6] appelle "le problème de la transformation de non-linéarités

au niveau signal, en véritables phénomènes critiques, porteurs de catégorisations perceptuo-cognitives". Les principaux résultats dans ce domaine sont :

- la modélisation des phénomènes d'agglomération, d'avalanches et de maintien de l'agglomération par les avalanches et effondrements [7], et la modélisation des transformations entre les états laminaires ou tourbillonnants ;
- l'homogénéisation de ces deux types de modélisation et la possibilité de passer, par simple variation paramétrique, de quelque chose qui serait des "sables", à quelque chose d'autre qui serait de la boue, ou de l'eau ou de la fumée, sachant que "sable", "boue", "eau" ou "fumée", sont en fait des catégories perceptuo-cognitives ;
- une approche du problème du multi-échelle par la notion d'esquisse et d'enrichissement en création artistique musicale par composition de modèles physiques.

Ce dernier point permet d'illustrer la notion d'effet sonore par utilisation du modèle physique. Il est un des éléments de la thèse d'Eric Incerti sur les structures vibrantes [8]. Il s'agit d'un objet sonore dans lequel deux échelles sont perceptibles : par exemple **une trame** et un **enrichissement** par rapport à la trame qui ne détruit pas la perception de celle-ci. La maîtrise de cet effet, en création musicale par exemple, permettrait de définir une esquisse que l'on raffinerait par la suite.

Le modèle physique qui a permis de maîtriser cet effet est composé de :

- deux structures vibrantes, l'une appelée "**porteuse**" (par exemple un modèle de corde harmonique ajustée en fréquence et en temps), l'autre "**diffusante**" (elle introduit un effet de modulation sur chacun des modes de la porteuse en les remplaçant par un "paquet" de modes très proches) ;
- un opérateur : la multiplication topologique de structures (produit d'un chapelet par un agglomérat - fig. 4) ;

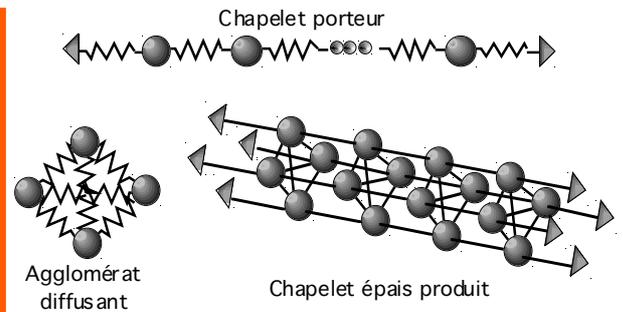


Fig. 4 : Exemple d'une diffusion / modulation par agglomérat

- Les deux structures ont des paramètres différents : la première donne la trame, le timbre principal (harmonicité, hauteur, durée), la seconde l'enrichissement, mais c'est le rapport paramétrique adéquat entre les deux qui donnent le taux d'épaississement des modes de la trame (fig. 5).

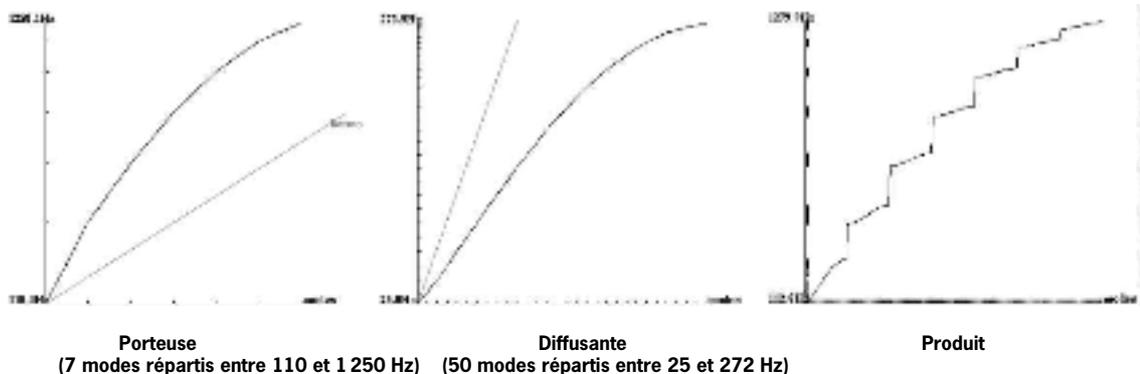


Fig. 5 : La notion d'esquisse et d'enrichissement sonore

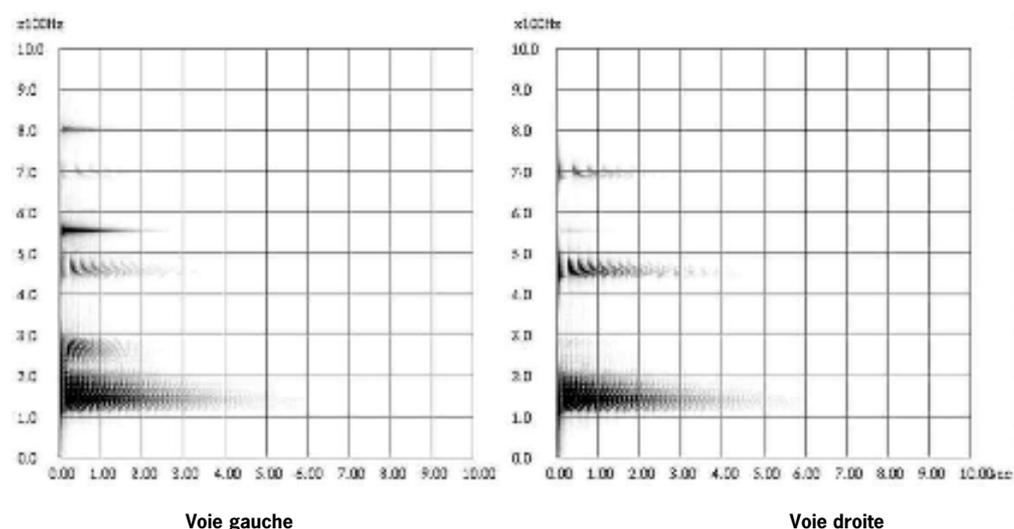


Fig. 6 : Sonogramme correspondant

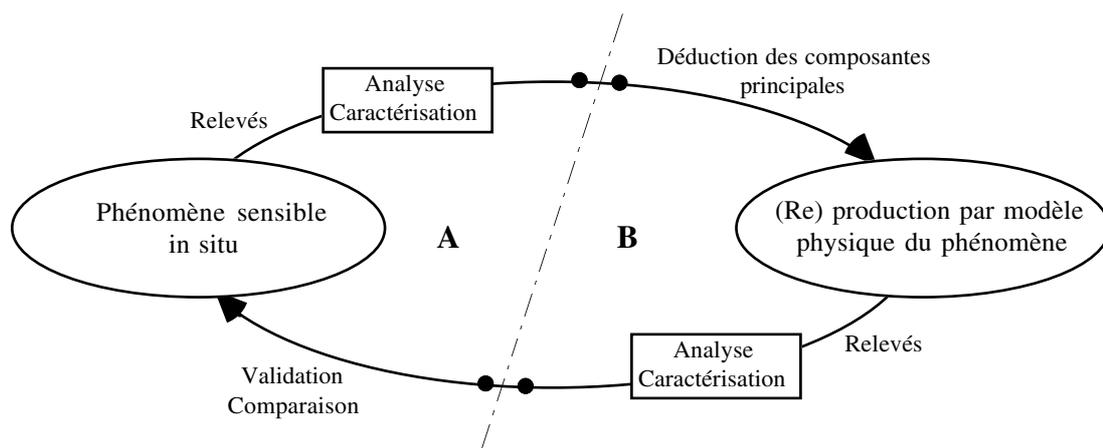


Fig. 7 : Méthodologie générale

Avec le mode de combinaison choisi, l'enrichissement est nettement plus marqué (donc plus sensible) dans les graves que dans les aigus (fig. 6). Des modes de combinaisons plus complexes donnent un effet inverse, plus en accord avec la nature logarithmique de la perception auditive.

## Perspectives

Les atouts du modèle physique pour aborder les phénomènes de structuration du sensible en milieu urbain sont nombreux :

- c'est un modèle causal offrant une similarité avec l'in situ pour l'émergence de phénomènes observables par un processus d'induction puis d'expérimentation, autant par le canal visuel, le canal auditif, que par les interactions gestuelles et proprioceptives ;
- le modèle physique permet de travailler directement avec la notion d'interaction ;
- le cadre bâti n'est plus un simple élément de décor, il devient actif par le paramétrage des interactions. On rejoint ainsi la nécessité montrée par les études de terrain<sup>5</sup> de prendre en compte les réciprocitys entre l'espace et les pratiques s'y actualisant. Il s'agit d'une optique auto-organisatrice ou plutôt co-organisatrice : l'espace induit des pratiques et des événements autant que les pratiques, les événements configurent cet espace ;
- les expérimentations virtuelles qui en sont issues permettent à l'instar de l'in situ de poser des questions liées à l'observation :

Quels espaces substrats choisir pour quels observables ?  
A quel emplacement est l'observateur, est-il en situation statique ou dynamique ?

Quelles interrelations sont à prendre en compte entre l'observateur et l'espace observé ?

A partir des observations sensibles et objectives de phénomènes sonores

et visuels, cette recherche vise à reconstruire, par un processus d'abstraction, leurs traits pertinents supposés et par là même apporter la preuve de cette pertinence. Elle vise également à faire émerger des structures communes et sous-jacentes aux phénomènes visuels, sonores et moteurs.

Cette démarche implique une réciprocity dans le choix et dans l'utilisation des outils et des méthodes employés autant pour la partie concernant les expérimentations et leurs relevés (in situ ou virtuel) que pour celle de l'analyse et de la caractérisation des phénomènes observables.

Cette confrontation par la mise en boucle des deux approches (A et B) a un double but :

- par la démarche soustractive supposée par l'analyse, dégager les traits pertinents et les composantes principales des effets répertoriés ;
- par l'usage d'un outil de construction d'effets supposés similaires, tenter d'élaborer des outils de maîtrise de ces effets pour l'architecte et le maître d'œuvre.

## Références bibliographiques

- [1] J. Picaut, *Modélisation des champs diffus par une équation de diffusion - Application à l'acoustique des salles et à l'acoustique urbaine*, Thèse de doctorat de l'Université du Maine, mars 1998.
- [2] J.F Augoyard, *L'environnement sensible et les ambiances architecturales*, L'Espace Géographique, n° 4, 1995, pp. 302-318.
- [3] Coll. (sous la dir. de J.P Thibaud et M. Grosjean), *L'espace urbain en méthode*, Ed. Parenthèses, Marseille, à paraître.
- [4] J.F Augoyard, Torgue (H), *Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, Marseille, 1995.
- [5] N. Tixier, *Apports de théories morphogénétiques à l'approche des ambiances construites*, Mémoire de D.E.A., Cresson, Grenoble, 1997.
- [6] J. Petitot, *La sémiophysique : de la physique qualitative aux sciences cognitives*, in *Passion des Formes* (sous la dir. Porte M), ENS Editions, Fontenay-St Cloud, 1994, pp. 499-545.
- [7] A. Luciani, A. Habibi, E. Manzotti, *A Multi-scale Physical Models of Granular Materials*, Proc. of Graphics Interface '95, 16-19 May 1995, Quebec City, Canada - pp136-146.
- [8] E. Incerti, *Synthèse de sons par modélisation physique de structures vibrantes : application pour la création musicale par ordinateur*, Thèse de l'INPG, Spécialité Informatique, Grenoble, 19 septembre 1996.

5. Voir les nombreux travaux du CRESSON, particulièrement ceux menés par Grégoire Chelkoff et Jean-Paul Thibaud sur les espaces publics ou ceux à un autre niveau du tenant écologique en psychologie de la perception (par la non séparation du couple action / perception et la notion d'offrandes, de prises qu'offre l'environnement).