

UNIVERSITE DE NANTES
Ecole polytechnique de l'Université de Nantes

ECOLE DOCTORALE
Mécanique, Thermique et Génie Civil
DE NANTES

Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain (CRESSON)
Ecole d'Architecture de Grenoble

Année 2001

THESE DE DOCTORAT

Discipline : Sciences pour l'ingénieur
Spécialité : Architecture

présentée et soutenue publiquement par

ARLAUD Blaise

le lundi 29 octobre 2001.

à l'Ecole d'Architecture de Grenoble

VERS UNE INFOGRAPHIE
DE L'AMBIANCE SONORE URBAINE

VOLUME 1

(Texte)

Jury :

Bernard DEBARBIEUX (rapporteur) : Directeur du laboratoire TEO Université Joseph-Fourier, CNRS

Willi WEBER (rapporteur) : Professeur au CUEPE et à l'Institut d'Architecture de Genève

Georges DESCOMBES : Professeur à l'Institut d'Architecture de Genève

Pierre-Yves NIZOU : Professeur à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes

Jean-Pierre PENEAU : Professeur à l'Ecole d'Architecture de Nantes, Directeur de l'UMR 1563

Jean-Marie RAPIN : Chef de service adjoint au CSTB de Grenoble

Directeur de thèse :

Jean-François AUGOYARD : DR1 CNRS, Directeur adjoint de l'UMR 1563

Laboratoire CRESSON (Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain)
Ecole d'Architecture de Grenoble, 60 Av. de Constantine, B.P. 2636, 38036 GRENOBLE CEDEX 2

N° ED 0367-018

Centre de Ressources Électroniques sur les Villes



Cette thèse a été numérisée et mise en ligne dans le cadre du
programme de numérisation de thèses de Crévilles
<http://crevilles.org>

À Lucie...

AVANT-PROPOS

Durant les trois années et demi nécessaires à la réalisation de cette thèse, ainsi que lors de la phase préparatoire de DEA, j'ai eu la chance de bénéficier de l'encouragement, de l'aide et de la collaboration de nombreuses personnes que je tiens à remercier ici.

Ma reconnaissance va en premier lieu à mon directeur de recherche, Jean-François Augoyard, dont les disponibilités, les qualités humaines et les compétences ont permis de guider mes réflexions et d'assurer un suivi constructif du travail.

Elle va également à l'ensemble de l'équipe du laboratoire CRESSON pour leurs judicieux conseils prodigués lors des séminaires doctoraux, et plus particulièrement à mes deux codirecteurs de recherche : Pascal Amphoux dont les conseils ont orienté l'appréhension de certains champs théoriques, et Olivier Balaÿ sans lequel la réalisation du logiciel "*Chaos*" n'aurait pas été possible puisque c'est dans le cadre de l'un de ses mandats de recherche qu'il a été effectué.

Au sein de ce laboratoire, j'ajoute encore une mention spéciale à Françoise Cholat pour la diligence avec laquelle elle a bien voulu s'occuper de toutes les formalités administratives, ainsi qu'à Nicolas Rémy pour les nombreux et divers services rendus.

Par ailleurs, je tiens également à remercier toute l'équipe du laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information (LISI), et particulièrement Sylvie Servigne, Myoung-Ah Kang et Anne-Claire Chanlon, pour leurs précieuses informations concernant l'élaboration d'un SIG, ainsi que pour la réalisation informatique du prototype.

Je suis également redevable au Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique (FNRS) pour la bourse de recherche qu'il m'a octroyé durant trois ans (bourse Marie Curie Research Training Grants, TMR n° 83EU-0551865).

Mes chaleureux remerciements vont également à Florence Marguerat et Lucie Steiner pour le fastidieux travail de relecture mené avec perspicacité, ainsi qu'à toutes les autres personnes qui, de près ou de loin, ont grandement facilité la réalisation de ce travail.

Enfin, j'adresse un grand merci à l'ensemble de ma famille pour leur soutien inconditionnel, et tout particulièrement à ma femme et mes deux filles pour leur infinie patience.

Résumé

VERS UNE INFOGRAPHIE DE L'AMBIANCE SONORE URBAINE.

Partant du constat que les cartes de bruit actuelles (quantitatives) doivent nécessairement inclure des données qualitatives pour être plus opérantes, ce travail propose d'explorer quelques pistes pour montrer comment on peut représenter les qualités d'une situation sonore urbaine sur une carte.

S'appuyant sur les trois caractères fondamentaux de l'espace sonore humain (*temporalité, discrétion, métabole*), ainsi que sur les principales approches théoriques de la qualité sonore développées à ce jour (*les objets sonores, les effets sonores, les notions d'environnement, de milieu et de paysage sonores, les ambiances sonores*), il cherche à voir comment une carte des qualités sonores peut être possible. Pour ce faire, il propose de multiples cartes, destinées chacune à aborder certains des problèmes cités précédemment, et réalisées lors de deux étapes de recherche successives (l'une sur support papier et l'autre sur support informatique, SIG).

Par un bref retour analytique, il cherche ensuite à voir ce qui a pu être réalisé (introduction du temps sur la carte, multiples aspects qualitatifs traités, etc.), ce qui s'est avéré irréalisable (représentation exhaustive des effets ou des ambiances sonores), ainsi que les limites des systèmes proposés (en particulier en ce qui concerne la répartition spatiale des phénomènes et l'approche sensible des individus).

Sur la base de ces expériences, il esquisse alors une première ébauche de ce que pourrait être un cadre théorique et méthodologique global de la représentation des qualités de l'espace sonore humain. Et enfin, il propose quelques nouvelles pistes de recherche susceptibles de faire avancer l'étude de la cartographie sonore qualitative.

Summary :

TOWARDS AN INFOGRAPHIC REPRESENTATION OF URBAN SOUND ATMOSPHERE

Assuming as necessary that the existing quantitative noise maps must include qualitative data in order to be more effective, this work intends to explore some ways to show how can one represent the qualities of an urban sound situation on a map.

Based on the three fundamental characters of the human sound environment (*temporality, discretion, metabolic effects*) as well as on the main theoretical approaches of sound quality which have been developed so far (*sound objects, sound effects, environment, milieu and soundscape, sound atmospheres*), this work attempts to see how a map of sound quality may be possible. On this respect, it proposes multiple maps, each one intended to approach some of the problems mentioned above. These maps were carried out during two successive research's stages (the one on paper support and the other on computer support, GIS).

Through a brief analytical backward it attempts to see: what could be carried out (introduction of temporality on the map, multiple qualitative aspects, etc.), what turns out to be unrealisable (exhaustive representation of *sound effects* or atmospheres (called *ambiances* in French), as well as the limits of proposed systems (especially the ones concerning the phenomena's spatial distribution and the individuals' sensitive approach).

Therefore, based on these experiences, it outlines the first steps of what might be a theoretical and methodological global frame for the representation of human sound space qualities. Finally, it proposes some new research aspects susceptible to advance the research of the qualitative sound cartography.

Mots-clés : Cartographie, Infographie, Système d'Information Géographique, Qualité sonore, Environnement sonore, Paysage sonore, Ambiance sonore, Acoustique.

Keywords : Cartography, Infography, Information Geographic System, Sound Quality, Sound Environment, Soundscape, Acoustics

Ecole polytechnique de l'Université de Nantes, Discipline Sciences pour l'ingénieur, Spéc. Architecture
Rue Christian Pauc, BP 50609, 44306 NANTES CEDEX 3

UMR 1563, Laboratoire CRESSON (Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain)
Ecole d'Architecture de Grenoble, 60 Av. de Constantine, B.P. 2636, 38036 GRENOBLE CEDEX 2

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
1. SITUATION DU SUJET ET OBJECTIFS.....	5
2. PROBLÉMATIQUE.....	11
3. HYPOTHESES - UNE EXPLORATION MÉTHODOLOGIQUE.....	27
4. MÉTHODES	30
CHAPITRE 1 : ETAT DE LA CARTOGRAPHIE SONORE.....	32
1. INTRODUCTION	33
2. QU'EST-CE QU'UNE CARTE ?.....	34
3. LES CARTES DE BRUIT	55
4. LES CARTES SONORES QUALITATIVES.....	74
5. CONCLUSION DE L'ETAT DE LA RECHERCHE.....	83
CHAPITRE 2 : UNE CARTOGRAPHIE DES QUALITÉS SONORES ENVIRONNEMENTALES SUR SUPPORT PAPIER	85
1. INTRODUCTION	86
2. LA RECHERCHE D'UN SYSTÈME CARTOGRAPHIQUE.....	88
3. APPLICATION SUR UN SITE DONNÉ.....	111
4. LA RÉALISATION ET LA LECTURE DES CARTES.....	143
5. CONCLUSION DE CETTE PREMIERE APPROCHE.....	148
CHAPITRE 3 : UNE PROPOSITION DE SIG INTÉGRANT DES DONNÉES SONORES QUALITATIVES.....	149
1. INTRODUCTION	150
2. PRÉSENTATION DES BASES DE DONNÉES DU LOGICIEL "CHAOS".....	156
3. FONCTIONNEMENT DU LOGICIEL "CHAOS" (PRINCIPE D'UTILISATION).....	179
4. CONCLUSION DE CETTE SECONDE APPROCHE.....	185
CHAPITRE 4 : ACQUIS, LIMITES ET PERSPECTIVES.....	188
1. LES ASPECTS QUALITATIFS TRAITÉS.....	189
2. LES LIMITES DES SYSTÈMES CARTOGRAPHIQUES PROPOSÉS.....	206
3. DEMARCHES PROSPECTIVES.....	211
CONCLUSION	224
BIBLIOGRAPHIE	230
TABLE DES MATIÈRES.....	235
TABLE DES FIGURES	241
ANNEXES ET PLANCHES.....	VOL. 2

INTRODUCTION

1. SITUATION DU SUJET ET OBJECTIFS

Une perception plurisensorielle

En plus de ses récepteurs intéroceptifs (douleurs internes) et proprioceptifs (équilibre, degré de contraction et de tension des muscles), l'être humain dispose de cinq centres sensitifs extéroceptifs : les yeux, les oreilles, la muqueuse nasale, la langue et la peau. Il ne vit pas replié sur lui-même, mais est ouvert au monde qui l'entoure par ce que l'on nomme communément les cinq sens de la perception humaine : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher. Le rapport au monde de chaque individu est donc organisé par une perception plurisensorielle. Et c'est l'intégration de l'ensemble de ces informations sensorielles qui permet une appréciation globale du monde.

Or, le temps où ce monde était entièrement naturel est depuis longtemps révolu. En effet, au cours de son évolution, l'homme, en quête de progrès, a petit à petit modifié son mode de vie et son environnement ; si bien que de nos jours, il n'existe presque plus d'espaces sur notre planète qui ne soient transformés par la main de l'homme. L'être humain n'est donc plus uniquement soumis à un environnement naturel auquel il doit s'adapter, mais il est également le maître d'œuvre de son propre environnement.

Cette constatation est particulièrement évidente en milieu urbain, où la quasi-totalité de l'environnement est aménagé et organisé par l'homme. Or, actuellement, une grande partie de la population mondiale vit en ville et l'explosion démographique est telle qu'il est probable que cette situation s'accroisse encore dans un avenir proche. Si l'on désire permettre à cette population urbaine de bénéficier des meilleures conditions de vie possible, il importe donc de chercher à maîtriser l'évolution de la qualité de nos villes en fonction de l'ensemble de nos perceptions sensorielles.

La dimension sonore, un sujet de préoccupation majeur

Parmi les nombreuses relations sensibles que l'homme entretient avec l'environnement, seule la perception auditive est prise en compte dans ce travail. Depuis longtemps, le bruit est en effet une des sources de préoccupation principale des habitants en milieu urbain.

Un sondage mené par l'INSEE en 1996 sur l'évaluation par les Français de leur environnement montre par exemple que le bruit est la principale préoccupation de 40% des ménages questionnés, la pollution de l'air ne concernant 18% des personnes interrogées¹. De même, un sondage SOFRES de 1992 cherchant à identifier les critères de choix d'un logement pour les 20 prochaines années confirme que l'isolation au bruit est le premier critère (47%) devant la taille du logement (45%), la qualité du quartier (28%) ou l'ensoleillement (28%)²

Cependant, notre culture étant principalement orientée vers le visuel, la plupart des choix d'aménagement urbain dépendent surtout de critères visuels ou organisationnels (alignements, gabarits, esthétique des façades, fonctionnalité, etc.).

La situation sonore est donc bien souvent le résultat d'une multitude de choix politiques, urbanistiques et architecturaux, dont l'aspect acoustique n'a pas toujours été pris en compte de manière approfondie, faute de connaissances suffisantes.

Le rôle des aménageurs urbains

La demande sociale toujours croissante pousse cependant les aménageurs urbains à s'intéresser de plus en plus à la dimension sonore. Ils sont en effet conscients que leurs choix, tant politiques qu'urbanistiques ou architecturaux ont une influence certaine sur l'environnement sonore. Malheureusement, leurs compétences en acoustique sont souvent limitées et ils ne disposent que de peu d'outils susceptibles de les informer efficacement sur la situation sonore d'un site ou sur les influences possibles de leurs éventuelles interventions.

L'objet de ce travail est donc de voir comment fournir aux architectes, urbanistes et aménageurs urbains, des outils susceptibles de les aider à mieux appréhender la dimension sonore et à l'intégrer dans leurs démarches projectuelles.

¹ CRENNER E. : *Le cadre de vie, comment le perçoit-on ?*, INSEE première, n° 476, 1996

² Information tirée de : ROULIER Frédéric : *Le milieu sonore d'Angers, Essai d'une géographie du bruit*, Thèse de doctorat géographie sociale n°405, Université d'Angers Département de géographie, CARTA - UMR 6590 ESO, Angers, 1998, p. 6

La nécessaire prise en compte de la qualité sonore

Pendant longtemps, les études sur la dimension sonore se sont limitées à la notion de nuisances et au traitement de celles-ci. Depuis l'Antiquité au moins, les villes ont en effet généré des bruits indésirables, sources de gêne et d'inconfort, et au cours du temps, des réglementations de plus en plus complexes ont été mises au point pour limiter ces nuisances. Les Romains avaient par exemple défini des horaires pour limiter la circulation des chars en ville, et à l'heure actuelle, il existe dans la plupart des pays industrialisés toutes sortes de réglementations, normes et ordonnances acoustiques. La plupart de ces dispositions légales se basent principalement sur l'intensité sonore perçue. Elles utilisent les notions de l'acoustique pour décomposer les sons en niveaux de bruit.

Par l'intermédiaire de la mesure ou de l'estimation, cette approche quantitative permet de répondre aux exigences normatives et de repérer les situations critiques (niveaux de bruits très élevés). Il est ainsi possible de mettre en place des stratégies défensives telles que l'installation de murs antibruit, la mise en place de déviations, etc.

Cette démarche néglige cependant de nombreux aspects et n'offre qu'une compréhension très partielle de la situation sonore. Elle ne tient en effet pas compte des autres dimensions physiques, de l'aspect sémantique du son et des nombreux autres facteurs qui interagissent sur notre perception du monde sonore.

La seule approche quantitative entraîne donc parfois des solutions constructives mal adaptées à la situation. Il est en effet fréquent de trouver des situations où le confort acoustique n'est pas satisfaisant et pour lesquelles rien n'est entrepris, les exigences minimales étant juste respectées, ainsi que des cas où de gros moyens sont investis pour réduire le niveau de bruit de quelques décibels, sans pour autant améliorer réellement le bien-être sonore des habitants.

Pour toutes ces raisons, **il s'est avéré nécessaire de ne plus limiter la recherche sur l'espace sonore urbain à l'approche quantitative du son, mais d'aborder également la notion de qualité.**

Le centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain (CRESSON), à Grenoble, travaille depuis 1979 dans ce sens, et la présente étude s'inspire en grande partie des principaux travaux et publications de ce laboratoire.

La carte comme outil de médiation privilégié

Pour informer les aménageurs sur la dimension sonore qualitative d'un site urbain, plusieurs outils de communication sont à notre disposition. Le plus utilisé est certainement l'écriture. C'est le mode de communication qui permet le mieux de détailler les différents aspects de l'analyse sonore d'un site et d'abord, de manière ordonnée, chacun des sujets désirés. Le spécialiste rédige un rapport, souvent volumineux, et l'aménageur doit le lire, le comprendre (ce qui ne lui est pas toujours facile), et même le maîtriser et le mémoriser pour pouvoir intégrer ces informations dans sa démarche projectuelle.

Pour permettre d'appréhender plus facilement la situation sonore, on peut envisager de "donner à entendre", par exemple au moyen d'une bande son, une retranscription de séquences sonores caractéristiques enregistrées *in-situ*. Ce mode de présentation permet à chacun de se figurer, et même de ressentir, la situation sonore d'un lieu. Il ne permet toutefois ni d'indiquer clairement les éléments sur lesquels on peut agir et dont on doit tenir compte, ni de rendre compte de l'évolution de la situation suivant le lieu. Ce mode de communication s'avère par conséquent très intéressant, mais pour être réellement opératoire, il paraît nécessaire de le compléter par des informations spatialisées, susceptibles de rendre compte des résultats des analyses effectuées.

Dans ce sens, l'outil le plus facile d'accès pour l'aménageur urbain, celui qui lui permet d'obtenir le plus rapidement toutes sortes de renseignements, est probablement la carte. Déjà Aristote reconnaissait que "*la vue est, de tous nos sens, celui qui nous fait acquérir le plus de connaissances et nous découvre une foule de différences*" (*Métaphysique*, A, 980a), et de nos jours, il est généralement convenu que "*dans notre culture l'œil prédomine*"³. L'homme, et particulièrement les planificateurs de l'espace urbain (architectes, urbanistes, etc.), ont donc depuis longtemps l'habitude d'utiliser le visuel pour représenter tout ce qui les entoure. **Notre recherche propose par conséquent de chercher un moyen de cartographier une situation sonore qualitative.**

³ AUGOYARD Jean-François: La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?, *Le Débat* n°65, Paris, Ed. Gallimard, mai-août 1991, p.52

La demande de cartes qualitatives

Dans le domaine de la cartographie sonore, l'un des acquis du CRESSON est que *"Pour être plus opérante, la cartographie du bruit doit évoluer vers une représentation plus générale de l'environnement sonore. Elle devra nécessairement inclure des données qualitatives..."*⁴. Cette constatation est maintenant généralement admise par l'ensemble des personnes ou services concernés par la cartographie sonore, qu'il s'agisse des autorités, des concepteurs de cartes ou de leurs utilisateurs.

En effet, plusieurs travaux récents sur la cartographie sonore ou sur les représentations de l'environnement sonore dans la gestion de la lutte contre le bruit montrent les insuffisances de la seule approche quantitative.

Lors d'une enquête effectuée auprès des municipalités sur la cartographie sonore, Martine Leroux indique par exemple que *"si une majorité des répondants estime les cartes de bruit satisfaisantes, ils ne sont qu'environ la moitié à considérer le Leq comme un indice fiable... Leurs appréciations comportent un grand nombre de restrictions ; elles soulignent l'aspect statique des cartes, l'insuffisance des critères acoustiques pris en compte, les limites d'une représentation qui ne considère bien souvent que le bruit routier..."*⁵.

A l'issue de son inventaire sur les cartes de bruit européennes, Constantinos Vogiatzis conclut également par la nécessité d'intégrer le *"paramètre psychosocial et surtout la signature acoustique de la ville perçue par son habitant"*,⁶ afin de permettre la corrélation entre les sons présents et les effets produits sur les habitants.

Enfin, dans son enquête sur l'imaginaire sonore politique, Yves Chalas repère trois grands groupes de représentation de l'environnement sonore urbain : *"Le registre de la physique du bruit"*, *"Le registre qualitatif du bruit"*, *"Le registre de l'action concertée sur le bruit"*⁷. S'il s'accorde à dire que chacun a son efficacité propre, il souligne la forte attente des gestionnaires de l'espace urbain pour intégrer la dimension qualitative.

⁴ AUGOYARD Jean-François, TORGUE Henry et al., *Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, Marseille, 1995, p. 12

⁵ LEROUX Martine, *Enquête auprès des municipalités sur la cartographie sonore*, ML consultant, Paris, 1996, p.49

⁶ VOGIATZIS Constantinos : *Inventaire des cartes de bruit européennes et application d'une méthodologie basée sur l'écoute réactivée*, ET&T Consulting Engineers Ltd, N. Ppsichiko (Greece), s.d. (1997), 109 p. (Ministère de l'environnement, GEUS II n° 93311)

⁷ CHALAS Yves : *L'imaginaire sonore politique, Analyses des représentations de l'environnement sonore dans la gestion urbaine de lutte contre le bruit*, CRESSON, Grenoble, 1998, p. 37

Selon lui, ceux-ci sont en effet maintenant conscients des limites et de l'efficacité relative de la seule approche physique pour aborder les notions de gêne et de confort. Ils constatent que "*... les bruits ne sont pas seulement des faits quantitatifs, mais aussi des faits sémantiques, c'est-à-dire pleins de significations de tous ordres, sociales, existentielles, culturelles, identitaires, communicationnelles, etc.*"⁸

Au moment où la demande pousse de plus en plus les aménageurs urbains à intégrer la dimension sonore dans leurs prises de décisions, l'approche qualitative commence donc également à faire partie de leurs préoccupations majeures. Cependant, ceux-ci la jugent souvent d'un abord trop complexe et ne peuvent consacrer que peu de leur temps pour se pencher sur ce problème. Il devient alors nécessaire de leur proposer un outil facile d'accès, permettant d'appréhender rapidement les qualités sonores des sites sur lesquels ils travaillent.

Afin de répondre à cette demande tout à fait d'actualité, **notre travail cherche donc à voir comment on peut représenter des qualités de l'espace sonore humain sur une carte.**

⁸ CHALAS Yves : *op.cit*, p. 56

2. PROBLEMATIQUE

Comme nous venons de le voir, il serait très utile aux aménageurs urbains de pouvoir disposer d'une carte des qualités sonores. L'idéal serait donc que nous puissions leur proposer un tel outil à l'issue de ce travail.

Mais cet objectif est-il réaliste ? La qualité sonore peut-elle vraiment se cartographier ?

Avant d'aborder cette question principale, il nous paraît en premier lieu important de faire s'entrechoquer deux questions de base qui, par les contradictions qu'elles mettent en évidence, permettent de bien mesurer le degré de complexité d'une telle démarche : Qu'est-ce qu'une qualité sonore ? Et que peut faire la carte ?

2.1. Qu'est-ce que la qualité sonore ?

Pour aborder cette question, deux angles d'approche nous semblent possibles : de quels outils théoriques et méthodologiques dispose-t-on pour analyser la dimension sonore qualitative ? Quelles sont les principales qualités intrinsèques de l'espace sonore ?

2.1.1. Les outils d'analyse théorique de la qualité sonore

Les premières véritables recherches sur la qualité sonore datent des années soixante - soixante-dix, période à laquelle s'opère un rapprochement entre les désirs des concepteurs de l'espace et ceux des musiciens. En effet, d'une part les architectes, paysagistes et plasticiens s'intéressent de plus en plus à la "musicalisation" de l'environnement sonore, et d'autre part, les musiciens intègrent de plus en plus les sons de l'environnement dans leurs compositions.

Deux chercheurs ont alors apporté des concepts clés qui permettent d'aborder certains aspects de la dimension sonore qualitative.

L'objet sonore et les signifiants

Tout d'abord, les travaux de Pierre Schaeffer ont permis de mettre en évidence la notion d'objet sonore⁹. Nous ne revenons pas ici sur sa définition précise mais rappelons toutefois que ce terme peut être compris comme la "matière" impalpable qui constitue le son. Ce n'est donc ni l'objet producteur du son (cloche, bande magnétique, etc.), ni le signal physique, ni l'intentionnalité perceptive qui en est faite. Cependant, l'objet sonore ne signifie rien en tant que tel, c'est l'interprétation que l'on en fait qui

⁹ SCHAEFFER Pierre : *Traité des objets musicaux*, Ed. Seuil nouvelle édition, Paris, 1966, pp. 261-274.

lui donne un sens. Or c'est précisément ce sens qui permet l'évocation et la reconnaissance. Pour notre étude, il paraît donc plus intéressant de s'intéresser non pas à l'objet sonore dans sa réduction maximale, mais à ce que Pierre Schaeffer nomme *les signifiants*¹⁰. Ce concept, mis en évidence lors d'une étape dans le processus de réduction à l'objet désigne en effet simplement les sons que l'on entend, non séparés de leurs concepts. On peut ainsi envisager la représentation d'éléments sonores en tenant compte de leurs contenus sémantiques.

Le paysage sonore

A cette même époque, R. Murray Schafer¹¹ invente le néologisme *Soundscape* (paysage sonore) pour introduire la dimension esthétique dans la représentation de l'environnement sonore. Il utilise à cet effet la bande son pour enregistrer la nature et la reconstruire à la manière d'une composition musicale. Il met ainsi en scène des paysages sonores et donne à entendre la réalité comme une œuvre de la nature.

Comme le montre Jean-François Augoyard¹², il reprend ainsi les trois grandes caractéristiques de la notion de paysage visuel - élaborée à la fin de la Renaissance avec les progrès de la perspective - pour les adapter à la dimension sonore.

- *La distanciation* : c'est-à-dire le fait que l'on se retire de ce que l'on observe, que l'on opère un certain recul. Il s'agit alors non plus de porter un regard extérieur, mais une écoute distante sur le monde qui nous entoure.
- *La représentation* : c'est-à-dire que ce n'est pas la portion de nature observée elle-même, mais la représentation que l'on s'en fait. Il s'agit alors non plus de présenter l'espace depuis un point de vue, mais depuis un point d'écoute ou d'enregistrement.
- *L'artéfaction* : c'est-à-dire que l'on adopte une attitude contemplative. Il s'agit alors non plus de regarder, mais d'écouter le paysage comme si c'était une œuvre d'art.

On peut donc dire que si le paysage visuel peut être défini comme une portion d'espace présentée de manière esthétique à la vue d'un observateur, le paysage sonore peut être défini comme une séquence sonore présentée de manière esthétique à l'oreille d'un auditeur.

¹⁰ SCHAEFFER Pierre : *op. cit.* p. 268

¹¹ SCHAFER R. Murray : *Le paysage sonore*, Ed. J.C. Lattès, Fondation de France, 1979, 388 p.

¹² AUGOYARD Jean-François : La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?, *Le Débat* n°65, Paris, Ed. Gallimard, mai-août 1991, pp. 51-59

A partir de ces deux travaux, la recherche a été féconde dans ce domaine, en particulier en France, au Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain de Grenoble (CRESSON). Depuis 1979, ce laboratoire interdisciplinaire a en effet développé de nombreux concepts et diverses méthodes d'analyses permettant d'aborder la dimension sonore qualitative. Nous ne présenterons pas ici l'ensemble de ces recherches, mais uniquement celles qui nous sont apparues les plus utiles pour notre démarche cartographique.

L'effet sonore

Tout d'abord, l'ouvrage le plus abouti en la matière est certainement le répertoire des effets sonores de Jean-François Augoyard et Henry Torgue¹³. Partant du principe que "*Ni le concept de paysage sonore, trop large et trop flou, ni celui d'objet sonore, trop élémentaire..., ne permettent de travailler commodément à l'échelle des conduites quotidiennes comme à l'échelle des unités pertinentes de l'espace architectural et urbain*"¹⁴, il s'est agi, pour les chercheurs de ce laboratoire, de proposer un outil permettant de décrire l'espace sonore humain au niveau des règles opératoires.

Afin de prendre en compte les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'environnement sonore urbain, leur méthode a été d'entreprendre, sur la base de recherches *in situ*, une démarche d'analyse qui intègre la mesure, le descriptif spatial et l'enquête psychologique. Pour permettre à ces trois disciplines de cohabiter, il leur est apparu nécessaire de trouver une notion descriptive à la fois utile et appropriée pour chacune d'elles. La notion d'effet sonore a été proposée dès 1978 par J.F. Augoyard en raison de son intérêt pluridisciplinaire, de son adéquation à l'échelle des situations urbaines et de sa capacité à intégrer d'autres dimensions que la dimension esthétique.

Cet ouvrage ne se contente donc pas de cataloguer les différents effets sonores mis en évidence lors des multiples études de terrain (écho, coupure, masque, anamnèse, irruption, chorus, etc.). Il les définit précisément, les classe selon une démarche typologique et propose, pour les plus importants, différentes approches analytiques selon les secteurs de connaissances suivants :

- la psychologie et la physiologie de la perception
- l'acoustique physique et appliquée
- la sociologie et la culture du quotidien
- l'esthétique musicale, l'architecture et l'urbanisme
- les expressions scripturaires et médiatiques

¹³ AUGOYARD Jean-François, TORGUE Henry (Dir.) : *Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, Marseille, 1995, 174 p.

¹⁴ AUGOYARD Jean-François, TORGUE Henry (Dir.) : *op. cit.* p.8

Toutefois, comme le souligne J.-F. Augoyard dans l'introduction, l'effet sonore ne doit pas être considéré comme un concept. Il est plutôt un paradigme, dans le sens où il permet un discours général sur les sons, mais ne peut se passer d'exemples. L'effet sonore est donc un outil transversal qui, bien qu'on puisse le nommer, ne peut être ni cantonné dans une discipline, ni associé à une cause unique. Mi-objectif, mi-subjectif, l'effet sonore est à la fois événementiel et situé entre action et perception.

L'identité sonore et les notions d'environnement, de milieu et de paysage

La notion d'identité sonore a été mise en évidence par Pascal Amphoux, à l'issue d'un important travail sur la qualité sonore des espaces publics européens¹⁵. Cependant, comme le souligne l'auteur ; *"L'identité sonore est un horizon par principe inatteignable. Jamais on ne pourra prétendre cerner l'identité de quelqu'un ou de quelque chose. Comment le pourrait-on de l'identité sonore d'une ville ?"*¹⁶

Il propose cependant de l'aborder par une analyse trilogique qui décompose notre perception de ce qu'il nomme le Monde sonore en trois écoutes différenciées : *l'écoute environnementale, l'écoute médiale et l'écoute paysagère.*

Selon ses propres définitions :

- *"L'environnement sonore désigne l'ensemble des faits sonores objectivables, mesurables et maîtrisables du Monde sonore..."*
- *Le milieu sonore désigne l'ensemble des relations fusionnelles, naturelles et vivantes qu'entretient un acteur social avec le Monde sonore...*
- *Le paysage sonore désigne l'ensemble des phénomènes qui permettent une appréciation sensible, esthétique et toujours différées ("altérée") du Monde sonore."*¹⁷

Il effectue ainsi un redéploiement des trois instances - *"donnée sonore"*, *"action sonore"* et *"perception sonore"* à l'intersection desquelles J.F. Augoyard situe l'effet sonore - pour aborder le Monde sonore selon trois approches différenciées : le *connu*, le *vécu* et le *sensible*¹⁸.

¹⁵ AMPHOUX Pascal et al. : *Aux écoutes de la ville*, IREC, rapport n° 94, EPFL, Lausanne, 1991, 320 p.

¹⁶ AMPHOUX Pascal : *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble et IREC, rapport n°117, EPFL, Lausanne, 1993, vol. 1, p.4

¹⁷ AMPHOUX Pascal : *op cit.* 1993, vol. 1, pp. 37-38

¹⁸ AMPHOUX Pascal et al. : *op cit.* 1991, p. 231

L'environnement est mis en évidence par l'analyse de ce qui est *connu* : mesures acoustiques, faits et qualités acoustiques objectivables (reconnaissables et admis par tous). L'idée de milieu, qui émerge des expressions habitantes, correspond à l'analyse du *vécu*. Enfin, la notion de paysage, issue de phénomènes esthétiques, fait appel à la sensibilité de la perception, au *senti*.

Un outil de description du Monde sonore		
Environnement sonore	Milieu sonore	Paysage sonore
Faits objectivables, mesurables et maîtrisables	Relations fusionnelles, naturelles et vivantes	Phénomènes sensibles, esthétiques et "différent"
Représentation	Expression habitante	Saisie contemplative
Qualité acoustique	Confort sonore	Beauté phonique
Ecouter	Ouïr	Entendre
Critères de Qualité	Critères de Qualification	Critères de Qualitativité
Connu	Vécu	Senti

Figure 1

Un outil de description du Monde sonore, Amphoux Pascal, cours Ecologie de l'environnement construit, DEA CRESSON 1996

Sur la base de cette proposition, il a ensuite mis au point des techniques d'enquêtes et condensé les résultats de ses différents travaux dans un répertoire de concepts susceptibles de repérer, d'analyser et de décrire de nombreux aspects d'un environnement, d'un milieu ou d'un paysage sonore sur un site donné¹⁹.

Ces concepts s'avèrent très intéressants puisqu'ils permettent de nommer et de répertorier de nombreuses caractéristiques relatives à la dimension sonore qualitative et fournissent ainsi un langage commun à l'ensemble des disciplines concernées.

Nous aurons ultérieurement l'occasion de revenir plus précisément sur ces différentes caractéristiques puisqu'elles ont servi de base de réflexion à notre première démarche cartographique (cf. chapitre 2 § 2.1.4).

¹⁹ AMPHOUX Pascal : *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble et IREC, rapport n°117, EPFL, Lausanne, 1993, 2 vol.: 45 & 38 p.

L'ambiance sonore

La notion d'ambiance est certainement la plus complexe de toutes celles abordées au CRESSON. Son implication précise n'est d'ailleurs toujours pas clairement établie et fait actuellement l'objet de nombreuses discussions.

Pour l'aborder, rappelons tout d'abord que l'ambiance n'est pas que sonore. Elle est plurisensorielle. C'est en effet la combinaison de l'image, des sons, des odeurs, de la température, des courants d'air, etc. qui nous permet d'apprécier pleinement une ambiance.

Ensuite, la simple définition de l'ambiance²⁰, par l'utilisation des termes "matériel" et "moral", montre bien qu'une ambiance sonore n'est pas définie uniquement par les conditions extérieures agissant sur l'individu (signaux physiques repérables et décomposables dans une situation spatiale). Elle dépend aussi, entre autres, des interactions entre ces signaux et les perceptions (sensibles) et actions (usages) des sujets, ainsi que des représentations sociales et culturelles²¹.

L'ambiance est donc plurisensorielle et pluridisciplinaire.

Pour mieux appréhender la complexité de cette notion, nous renvoyons nos lecteurs à un important article²², ainsi qu'à un récent ouvrage collectif publié sur le sujet²³, et rappelons simplement ici les principales modalités d'un phénomène d'ambiance *in situ* telles qu'elles sont présentées par Jean-François Augoyard (voir Figure 2).

Nous nous apercevons ainsi que le traitement d'une ambiance sonore dépend non seulement de nombreux facteurs (signaux sonores, perceptions différenciées des individus, interactions entre actions et perceptions, représentations sociales et culturelles, implications normatives, rapports forme/espace/temps), mais également de l'analyse croisée entre chacun de ceux-ci.

²⁰ *Atmosphère matérielle et morale qui environne une personne, une assemblée, etc., voir atmosphère, climat, entourage, milieu* : Larousse trois volumes en couleur, Paris, Edition 1979

²¹ AUGOYARD Jean-François : cours Ambiance 1, DEA CRESSON, 1996

²² AUGOYARD Jean-François : L'environnement sensible et les ambiances architecturales, *L'espace géographique n°4*, Paris, 1995, pp. 302-318

²³ ADOLPHE Luc (Dir) : Ambiances architecturales et urbaines, *Les cahiers de la recherche architecturale 42/43*, Editions Parenthèses, Marseille, 1998, 251 p.

Comme le démontre J.F. Augoyard²⁴, l'analyse de l'ambiance sonore fait donc appel à des disciplines aussi diverses que les sciences pour l'ingénieur, la psycho-physiologie, l'esthétique fondamentale, la sociologie des interactions, l'épistémologie, l'axiologie et les sciences de la conception (architecture, urbanisme, etc.).

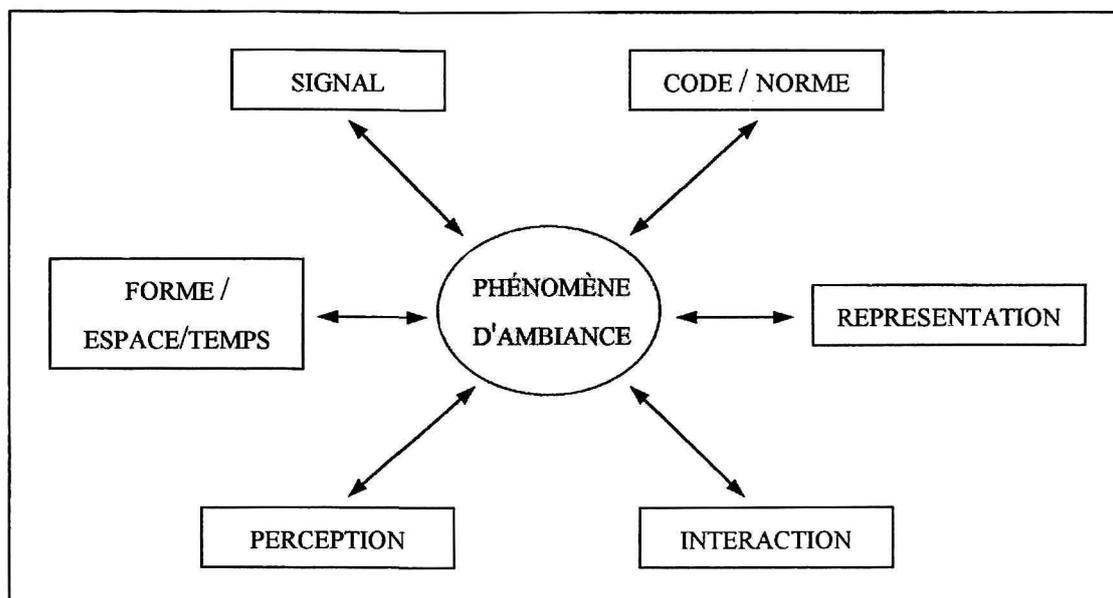


Figure 2

Modalité d'un phénomène d'ambiance in situ ; Augoyard Jean-François : *Eléments pour une théorie des ambiances architecturales et urbaines*, in Adolphe Luc (Dir) : *Ambiances architecturales et urbaines, Les cahiers de la recherche architecturale 42/43*, Editions Parenthèses, Marseille, 1998p.19

Notre travail ne s'intéressant qu'à la dimension sonore, nous pourrions nous inspirer de cette approche pour tenter d'aborder la cartographie des ambiances sonores. Cependant, comme nous pouvons le constater, la notion d'ambiance fait appel à de nombreuses disciplines et prend trop de facteurs en compte pour que nous puissions envisager de les représenter tous sur une carte, dans toute leur complexité.

Bien que le titre de notre travail soit "*Vers une infographie des ambiances sonores urbaines*", il faut donc le comprendre comme un but inaccessible, un rêve, une utopie, que nous ne pourrions certainement jamais atteindre mais que nous pouvons seulement tenter d'approcher.

²⁴ AUGOYARD Jean-François : cours Ambiance 2, DEA CRESSON, 1996

2.1.2. Les méthodes d'analyse de la qualité sonore

Outre les différents outils descriptifs de la qualité sonore que nous venons d'aborder, plusieurs méthodes d'analyses qualitatives de l'espace sonore urbain sont à notre disposition. Il ne s'agit pas ici de les présenter exhaustivement, mais simplement de montrer qu'elles existent et que nous pouvons les utiliser. Un important recueil collectif venant de paraître à ce sujet²⁵, nous en rappelons donc simplement le sommaire (cf. ci-dessous) et renvoyons les lecteurs à la lecture de cet ouvrage.

1. OBSERVER : LES COMPORTEMENTS IN SITU
 - Jacques COSNIER : *L'éthologie des espaces publics*
 - Sophie MARIANI-ROUSSET : *La méthode des parcours dans les lieux d'exposition*
2. ACCOMPAGNER : LES DESCRIPTIONS EN MARCHÉ
 - Emmanuelle LEVY : *Saisir l'accessibilité : les trajets-voyageurs*
 - Jean-Yves PETITTEAU et Elisabeth PASQUIER : *La méthode des itinéraires : récits et parcours*
 - Jean-Paul THIBAUD : *Décrire le perceptible : la méthode des parcours commentés*
 - Grégoire CHELKOFF : *Formes, formants, formalité : catégories d'analyse de l'environnement urbain*
3. EVOQUER : REACTIVATIONS SENSORIELLES
 - Jean-François AUGOYARD : *L'entretien sur écoute réactivée*
 - Pascal AMPHOUX : *L'observation récurrente*
4. S'ENTRETENIR : LES RESSOURCES DE LA PAROLE
 - Yves CHALAS : *L'analyse figurative des pratiques d'habiter*
 - Jean-François AUGOYARD : *La conduite du récit*
 - Lorenza MONDADA : *L'entretien comme événement interactionnel*

Toutes ces méthodes ne s'appliquent cependant pas uniquement à la dimension sonore. Par ailleurs, elles sont très diverses, tant du point de vue des théories abordées que de celui des modes opératoires. Elles peuvent donc souvent traiter d'une même idée de manière différente et s'avérer par conséquent complémentaires.

En outre, en l'état actuel de leurs développements, elles sont la plupart du temps difficiles d'accès pour le profane. Leurs cadres théoriques et leurs modes de procédure sont en effet souvent relativement complexes et nécessitent un apprentissage avant de pouvoir être maîtrisés correctement.

Comme nous le verrons ultérieurement (cf. chapitres 2 et 3), les méthodes utilisées dans le cadre de nos travaux se sont plus particulièrement inspirées de celles de l'*Observation récurrente* (Pascal Amphoux), de l'*Entretien sur écoute réactivée* (Jean-François Augoyard) et des *Parcours commentés* (Jean-Paul Thibaud), plus spécifiquement adaptées à l'analyse de l'espace sonore.

²⁵ GROSJEAN Michèle, THIBAUD Jean-Paul (Dir.) : *L'espace urbain en méthode*, Ed. Parenthèses, Marseille, 2001, 266 p.

2.1.3. Les qualités intrinsèques de l'espace sonore

Outre ces différentes approches théoriques et méthodologiques de la qualité sonore, l'espace sonore est encore caractérisé par trois propriétés fondamentales mises en évidence par Jean-François Augoyard dans deux articles publiés en 1991²⁶, la temporalité, la discrétion et la métaphore.

La temporalité

Premièrement, le caractère le plus remarquable d'un espace sonore est certainement la temporalité. La simple définition physique du son nous conforte dans cette idée. Elle considère en effet celui-ci comme une sensation auditive engendrée par une onde acoustique émise par les corps animés d'un mouvement vibratoire. C'est-à-dire qu'un son se propage sous forme d'ondes mécaniques par une succession de vibrations dans l'air. Et c'est précisément cette succession de vibrations échelonnées dans le temps qui nous permet, par l'intermédiaire de l'oreille, d'entendre des sons.

Pour percevoir ces sons, l'oreille elle-même est également tributaire du temps. Elle ne peut qualifier des sons que s'ils existent au-delà de certains seuils temporels. On connaît par exemple la constante de temps mécanique de l'oreille (seuil temporel nécessaire à la perception de la hauteur par les filtres cochléaires, 5ms) et la constante de temps d'intégration physiologique de l'oreille (seuil temporel nécessaire à l'influx nerveux pour distinguer deux événements sonores se succédant, 50ms)²⁷. Pour bien entendre, l'oreille a par conséquent besoin que les sons existent dans le temps.

Par ailleurs, chaque son n'est pas stable tout au long de son existence, il apparaît, perdure ou évolue puis disparaît. Pierre Schaeffer, dans son analyse de l'objet sonore, distingue trois phases temporelles du son (voir Figure 3) :

1. la phase d'établissement ou l'attaque, correspondant à la "naissance" du son
2. la phase d'entretien, nommée également durée ou tenue, inexistante pour les sons de type percussion
3. la phase d'extinction, dépendant principalement de la résonance.

²⁶ AUGOYARD Jean-François : Les qualités sonores de la territorialité humaine, *Architecture et Comporement*, Vol 7, n°1, 1991, pp.13-24 ; La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?, *Le Débat* n°65, Paris, Ed. Gallimard, mai-août 1991, pp. 51-59

²⁷ SCHAEFFER Pierre : *Traité des objets musicaux*, Ed. Seuil, nouvelle édition, Paris, 1966, pp.206-208

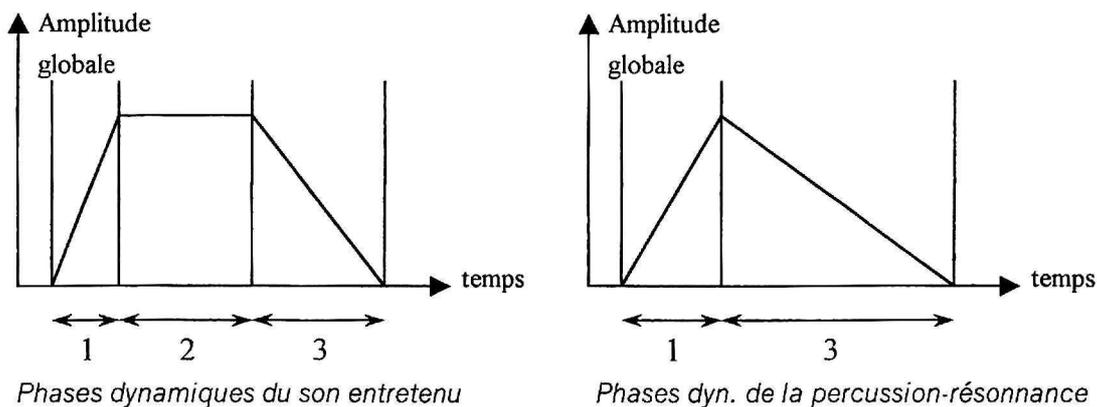


Figure 3

Phases dynamiques du son, Schaeffer Pierre, *Traité des objets musicaux*, Ed. du Seuil, nouvelle édition Paris, 1966, p.225

Les sons ne pouvant exister que sur une certaine durée, il n'y a par conséquent pas de son sans temps.

Par ailleurs, si l'on dépasse la seule analyse du signal ou de l'objet sonore pour s'intéresser à l'aspect sémantique du son, on s'aperçoit que notre perception sonore s'organise également en fonction du temps qui passe. Ce n'est en effet que par *accumulation* d'informations et *rétroaction* qu'il nous est possible de construire le sens de ce que l'on entend.

Cette constatation permet à Jean-François Augoyard d'affirmer que "*le son est du temps qualifié*"²⁸ ou autrement dit que le son ne peut pas être qualifié hors du temps.

La discrétion

Deuxièmement, l'espace sonore est un espace discret, au sens latin de *discretum*. C'est-à-dire qu'il n'est pas directement superposable avec l'espace réel ou visuel. En effet, comme nous venons de le voir, chaque son se propage dans l'espace dans toutes les directions. Au cours de cette propagation, il évolue et se transforme par la simple atténuation de l'air ou par l'action des obstacles qu'il rencontre sur son chemin. Il peut ainsi être atténué, filtré, masqué, réverbéré, etc.

Par ailleurs, les sources sonores ne sont pratiquement jamais uniformément réparties sur l'ensemble d'un espace. Elles sont au contraire dispersées dans l'espace et peuvent même être mobiles. Les sons que l'on entend ne sont donc jamais les mêmes suivant l'endroit où l'on se trouve.

²⁸ AUGOYARD Jean-François : La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?, *Le Débat* n°65, Paris, Ed. Gallimard, mai-août 1991, p.54

L'espace sonore est donc un "*çà et là*", composé de sons en provenance de sources multiples transformées par l'action de l'environnement spatial, pouvant provenir du lieu dans lequel on se trouve, mais pouvant également venir d'ailleurs.

Comme le soulignent ces articles, "*la distribution des formes sonores du lieu ne correspond donc pas forcément à ce que l'organisation visuelle donne à voir*"²⁹.

L'espace sonore n'implique donc

- ni *la contiguïté*, à savoir que les sons ne sont pas juxtaposés de manière ordonnée les uns à côté des autres,
- ni *l'homogénéité*, c'est à dire que l'ensemble des relations qu'ils entretiennent entre eux ne sera jamais la même sur l'ensemble d'un espace donné.

La métabole

Enfin, l'espace sonore est métabolique. C'est-à-dire que même en un point donné, les relations entre les différents sons en présence ne seront jamais les mêmes dans le temps.

En effet, si nous avons vu que les sons varient constamment en fonction du temps qui passe et selon le lieu d'où ils sont perçus, leur perception simultanée ne peut pas s'organiser selon une figure stable. Ils sont tous en perpétuelle transition entre un état et un autre. Autrement dit, les différents sons en présence s'organisent entre eux par un jeu de masque, de mixage et d'émergence dans lequel "*... les éléments d'un ensemble entrent en rapport de permutation et de combinaisons hiérarchisées sans qu'aucune configuration ne soit durable*"²⁹.

Pour illustrer cette notion, on peut prendre l'exemple de la surface de la mer, où chaque goutte d'eau correspondrait à un son qui, évoluant constamment au gré des vagues, serait tantôt émergent tantôt masqué.

Dans un environnement sonore, comme le démontre Murray Schafer³⁰, il est cependant parfois possible d'observer la dichotomie d'un *rapport figure/fond*. C'est-à-dire que certains sons participent à la création d'un fond sonore, alors que d'autres apparaissent en tant que figures émergentes. Ce découpage, emprunté à la perception visuelle, peut s'avérer très utile pour la cartographie des sons. Toutefois, cet état de fait n'est pas toujours durable et, dans le temps, il n'est pas rare que ce qui paraissait figure devienne fond et inversement. Si un espace sonore peut donc momentanément s'organiser selon un *rapport figure/fond*, il est cependant plus généralement métabolique.

²⁹ AUGOYARD Jean-François : Les qualités sonores de la territorialité humaine, *Architecture et Comportement*, Vol 7, n°1, 1991, p.17

³⁰ SCHAFFER R. Murray : *Le paysage sonore*, Ed. J.C. Lattès, Fondation de France, 1979, pp. 210-211

2.2. Que peut faire la carte ?

N'étant ni cartographe, ni géographe, nos connaissances dans ce domaine ne nous permettent pas d'aborder cette seconde question de manière aussi approfondie que la précédente à ce stade de l'étude. Le premier chapitre de ce travail sera donc consacré à l'approfondissement de ce thème, dans la mesure de nos moyens.

On peut cependant déjà s'interroger sur deux difficultés principales qui nous sont apparues d'emblée, au seul exposé des qualités sonores donné ci-dessus.

- La relation entre l'espace sonore et l'espace de la carte.
- La relation entre l'approche pluridisciplinaire de la qualité sonore et la "monosémie" de la carte.

Pour ce faire. Il nous paraît cependant important de distinguer deux types de cartes :

- Les cartes traditionnelles, sur support papier, telles qu'elles existent depuis de nombreuses années.
- Les cartes informatiques qui offrent de nouvelles perspectives en terme de représentation et de gestion des informations.

2.2.1. L'espace sonore et l'espace cartographique

Les cartes traditionnelles

Tout d'abord, l'espace de la carte, fondé sur des critères cartésiens ou newtoniens, s'oppose point par point aux qualités fondamentales de l'espace sonore.

En effet, si les sons ne peuvent exister qu'en fonction du temps qui passe, la carte ne peut représenter qu'un temps arrêté. La fixité de l'image impose la représentation d'une situation en un instant "t" ou durant une période considérée (situation moyenne).

De plus, si l'espace sonore est "discret" (qui peut comporter aussi bien des sons émis dans l'espace considéré que des sons provenant d'un autre lieu), l'espace de la carte, par les deux dimensions du plan, impose de représenter les éléments à l'intérieur d'un espace géographique fini.

Enfin, si l'espace sonore est "métabolique" (sons en perpétuelles transitions les uns avec les autres dans le temps et dans l'espace), la carte, qui ne peut représenter ni le temps qui passe, ni le "ici et ailleurs" de la "disrétion", paraît peu adaptée pour aborder cette notion.

Ce problème a pu être éludé lors de la réalisation des cartes de bruit, par la représentation de niveaux sonores moyens (sur une période considérée), en leurs lieux d'émission ou de réception. Mais doit-il l'être pour la réalisation de cartes sonores qualitatives ?

Ne serait-il pas au contraire intéressant d'essayer d'aborder certains aspects de la temporalité, de la discrétion et/ou de la métabole sur une carte ? Peut-on imaginer des modes de représentation visuels qui s'approchent du sonore ? Peut-on aborder ces aspects autrement que par des variations spatiales et/ou temporelles ? Le grand écart de nature entre l'espace sonore et la carte interdit-il toute tentative de représentation de ces notions ?

Les cartes informatiques

Ces mêmes questions peuvent également être posées à la carte informatique, quoique celle-ci diffère fondamentalement de la carte traditionnelle quant à ses capacités à prendre en compte ces trois approches. L'affichage sur écran permet en effet la disparition de la fixité de l'image (affichages successifs, animations). L'automatisation du dessin de la carte par l'intermédiaire de bases de données permet d'obtenir différentes visualisations des mêmes éléments. Et les systèmes d'informations géographiques (SIG) offrent la possibilité de croiser les informations sur un même objet graphique.

On peut donc se demander si ces changements ne permettent pas de mieux aborder ces trois qualités fondamentale de l'espace sonore (temporalité, discrétion et métabole). Les affichages successifs et l'animation cartographique peuvent-ils rendre compte de la temporalité sonore ? Les modes de représentation multiples offrent-ils la possibilité d'indiquer les mêmes informations ici ou là (lieu d'émission, lieu de réception, zone de propagation, etc.) ? Les croisements de données permettent-ils de rendre compte de certaines des relations qui s'établissent entre les différents éléments, dans le temps et dans l'espace ? Jusqu'où peut-on aller pour aborder ces trois notions ?

2.2.2. La pluridisciplinarité des qualités sonores et la monosémie de la carte

La seconde question que l'on peut se poser concerne la faisabilité d'une représentation cartographique des différentes approches théoriques de la qualité sonore exposées précédemment (cf. § 2.1.1).

En effet, comme nous avons pu le constater, la plupart des notions, concepts et critères mis en évidence font appels à de nombreuses disciplines. Le *signifiant* permet d'aborder le contenu sémantique du son. Le *paysage sonore* traite de la dimension de

la perception esthétique. *L'effet sonore*, à la fois événementiel et situé entre action et perception, est par nature pluridisciplinaire. Les critères de qualité *environnementaux, médiaux et paysagers* font appel aux trois dimensions connues, vécues et sensibles du Monde sonore. Et *l'ambiance sonore* paraît déjà presque inabordable par l'analyse.

Les éléments que l'on doit représenter sur la carte sont donc tous complexes et multiples. Ils se rapportent à des réalités diverses qui peuvent souvent être abordées de plusieurs manières et interprétées différemment selon les cas.

Or, comme le soulignait déjà Jacques Bertin dans les années soixante, la graphique est *monosémique*. C'est-à-dire que "*... la connaissance de la signification de chaque signe précède l'observation de l'assemblage des signes*"³¹.

Monosémie des cartes traditionnelles

Pour pouvoir comprendre un signe sur une simple carte, le lecteur doit donc connaître à l'avance sa signification. Celle-ci peut être soit présumée (parce qu'évidente et connue de tous), soit indiquée par une courte légende facilement compréhensible.

Or, comment peut-on rendre compte de toute la complexité d'une qualité sonore dans une simple légende ? Certains aspects qualitatifs sont-ils suffisamment explicites pour pouvoir être simplement indiqués de la sorte ? Est-il possible de complexifier la légende, et jusqu'à quel point ? Existe-t-il des variations de signes et de légendes permettant de montrer certains aspects de la diversité ou de la complexité des qualités représentées ?

Monosémie des cartes informatiques

Les mêmes questions se posent naturellement aussi pour les cartes informatiques. Il n'y a en effet aucune raison pour que le changement de support remette en question le principe même de la monosémie. En effet, pourquoi comprendrait-on mieux un signe que l'on ne connaît pas sur un écran plutôt que sur une feuille de papier ?

Cependant, on peut se demander si certaines applications, telles que les menus déroulants, les interfaces de saisie, les liens "hypertextes" et les apports multimédias n'offrent pas de nouvelles manières d'aborder la légende, susceptibles d'approfondir les notions représentées sans complexifier la carte.

³¹ BERTIN Jacques et al. : *Sémiologie graphique*, Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1967 p.6

2.3. Peut-on représenter la qualité sonore sur une carte ?

A l'issue de ces deux précédents questionnements (cf. § 2.2.1 et 2.2.2), on peut maintenant s'interroger sur la faisabilité d'une carte sonore qualitative. Mais cette question est également double. Elle demande de se positionner sur ce que l'on désire représenter et sur la manière de le faire. Il s'agit de se demander quelles sont les qualités sonores que nous pouvons ou devons représenter, et comment nous devons ou pouvons le faire sur une carte. Autrement dit, que représenter et comment ?

2.3.1. Quelles qualités sonores représenter ?

Si la recherche sur la dimension sonore qualitative a déjà pu mettre en évidence de nombreux outils d'analyse (théoriques et méthodologiques), elle est actuellement toujours en cours. Elle prend de plus en plus de facteurs en compte et ne sait plus où s'arrêter. Par exemple, faut-il aller jusqu'à l'exploration individuelle de chacun des sujets ou peut-on s'en tenir à la description d'une moyenne sociale ? Doit-on reconstituer par sondage les désirs prospectifs des usagers ?

De plus, elle propose différentes approches, dont les résultats abordent souvent de manière différente des notions similaires ou des faits sonores identiques. Ainsi par exemple la notion de réverbération peut être traitée comme un effet ou comme un critère de qualité. Le tintement d'une cloche peut être interprété comme un signifiant, un donneur de temps, une signature sonore et/ou un effet d'émergence.

Il n'existe donc pas de facteur unique de qualité sonore, mais une multitude toujours croissante de concepts et de méthodes qui permettent chacun d'aborder certains aspects de la qualité sonore, en fonction de différents points de vue.

Faut-il donc représenter les signaux sonores ou les signifiants avec leurs caractéristiques physiques, sémantiques, temporelles, discrètes et métaboliques ? Est-il plus judicieux de s'intéresser aux effets sonores produits, aux caractéristiques qualitatives repérées ou à tout autre critère de qualité ? Faut-il aborder la perception sensible des habitants, en terme de milieu, de paysage ou d'ambiance ? Une combinaison de plusieurs approches est-elle souhaitable ?

2.3.2. Comment les représenter sur une carte ?

Quelles que soient les qualités sonores retenues pour la cartographie, il faut encore trouver les modes de représentation qui permettent de les mettre en évidence sur une carte ou sur un système infographique. Pour trouver les solutions les mieux adaptées à chaque problème spécifique, il faudrait cumuler les compétences du géographe, du cartographe et de l'informaticien multimédia. Ce regroupement avec un spécialiste du sonore reste à faire. Il paraît cependant évident que la carte ou le support infographique, comme tout autre savoir, disposent d'un champ théorique permettant d'établir des règles et des méthodes d'élaboration. Il conviendra donc de se pencher sur ce champ pour pouvoir en dégager les principaux aspects déterminants pour la cartographie sonore.

A ce stade de l'étude, on peut cependant supposer que les moyens sont divers et multiples et qu'ils risquent fort d'être différents selon les aspects de la qualité sonore que l'on désirera aborder. Là encore, les questions ne manquent pas. Quels sont les modes de représentation possibles pour tel ou tel aspect de la dimension sonore qualitative ? Lesquels sont les mieux adaptés ? Lesquels ne peuvent pas être utilisés et pourquoi ?

2.3.3. L'impossible exhaustivité

Comme nous venons de le voir, les problèmes soulevés par la représentation de la qualité sonore sont très nombreux. Ils dépendent autant du choix des facteurs de qualité à prendre en compte que de celui des modes de représentation à utiliser. Or ces choix peuvent être effectués parmi des concepts et des méthodes de plus en plus nombreux, voir infinis. Ceci d'autant plus que les recherches, tant sur la qualité sonore que sur les supports infographiques, sont encore actuellement en cours et qu'elles mettent chaque jour de nouvelles approches en évidence.

A ce jour, il n'est donc pas possible d'espérer pouvoir traiter de manière exhaustive l'ensemble des qualités sonores d'un site avec tous leurs modes de représentations cartographiques envisageables.

Pourtant, si l'on désire répondre à la question de la faisabilité de la carte sonore qualitative, il est nécessaire d'expérimenter les potentialités des systèmes cartographiques pour aborder la dimension sonore qualitative.

Bien qu'il paraisse impossible de représenter la qualité sonore dans toute sa complexité sur une carte, ce travail pose donc la question :

Comment une carte des qualités sonores est-elle possible ?

3. HYPOTHESES - Une exploration méthodologique

Répondre à cette question de la faisabilité d'une carte sonore qualitative est l'objet de cette thèse. Il s'agit donc de s'interroger sur les conditions de possibilités et sur les modalités. C'est pourquoi notre hypothèse principale est méthodologique.

Mais pourquoi s'interroger sur les méthodes alors qu'il existe déjà plusieurs tentatives de cartographier le bruit ?

- Premièrement, parce qu'il n'est pas évident que la dimension sonore qualitative soit suffisamment prise en compte par les méthodes existantes. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de faire un bilan de l'état des connaissances dans ce domaine dans notre premier chapitre.
- Ensuite, parce que les nouvelles méthodes de cartographie offrent peut-être de nouvelles opportunités, en particulier grâce à l'apport de plus en plus considérable de l'informatique, des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) et des moyens multimédias.
- Enfin, parce que les agences, les services publics, et tous les acteurs de la gestion de l'environnement utilisent de plus en plus ces outils dans l'élaboration de leurs travaux.

3.1. Pas de carte "solution"

Notre première hypothèse est qu'il n'y a pas de carte solution.

En effet, la cartographie du bruit a été en son temps une tentative de spatialiser les problèmes de nuisances. Mais cette solution a été choisie au prix d'une formidable réduction qualitative et même quantitative (seuls les niveaux de bruit ayant véritablement fait l'objet de recherches approfondies). On s'aperçoit donc actuellement que cette approche, qui permet de résoudre de nombreux problèmes, n'offre pas de solution satisfaisante pour répondre à l'ensemble des questions soulevées par la gestion de l'environnement sonore.

Or comment pourrait-il en être autrement d'une carte qualitative ?

Il n'y a en effet aucune raison pour que le simple fait de s'intéresser à la qualité permette tout à coup de mettre sur une carte l'ensemble des informations nécessaires pour répondre à toutes les interrogations possibles sur le sonore. Ceci d'autant plus que, comme nous l'avons vu précédemment, les problèmes soulevés par cette démarche sont très nombreux et n'ont que très rarement été abordés jusqu'à présent.

En l'état actuel des connaissances dans ce domaine, rien ne nous permet donc de sélectionner les informations à représenter pour rendre compte au mieux des qualités sonores, ni de définir la manière dont celles-ci doivent être transcrites pour pouvoir être perçues correctement. Faut-il définir des ambiances de référence, des critères de qualité, des signaux sonores caractéristiques, des effets sonores ou tout autre chose ? Ces informations doivent-elles toutes être représentées ensemble, en tout point de l'espace, à toute échelle, à tout moment, etc. ?

Autrement dit, nous ne savons ni ce que nous devons ou pouvons représenter, ni comment nous devons ou pouvons le faire. Or ces deux questions sont intimement liées. Le mode de représentation dépend naturellement des éléments ou des informations à traiter. Mais inversement, c'est aussi l'efficacité de certains modes de représentation qui permet ou non de rendre compte de certaines caractéristiques, soit individuellement (chacune pour elle-même), soit en relation les une avec les autres (superpositions, variables de couleur, etc.).

C'est donc un travail novateur qu'il faut effectuer et, comme toujours dans ce cas, il convient de ne pas trop vite se précipiter sur une solution, que celle-ci soit cartographique ou qu'elle exploite le potentiel infographique.

3.2. L'hypothèse exploratoire

Notre deuxième hypothèse est qu'il faut procéder à une exploration approfondie de ce qui existe et de ce que l'on peut faire en terme de cartographie et d'infographie en général, par rapport aux exigences sonores. Ceci nécessite de creuser les implications théoriques et pratiques des différentes possibilités offertes.

Il s'agit donc en premier lieu d'expérimenter divers modes de représentation susceptibles de mettre en évidence certains aspects de la qualité sonore. Dans le cadre de la thèse, une telle exploration devra en outre être finalisée. Or, comme nous l'avons vu précédemment les facteurs de qualité sonore sont très nombreux. Ils sont même en perpétuelle augmentation au fur et à mesure de l'avancée de la recherche. Par ailleurs, les possibilités de représentations sont également multiples. Elles dépendent de choix initiaux (2D ou 3D, échelle, etc.) et de l'outil utilisé pour les applications cartographiques, informatiques et multimédias.

Il ne sera donc pas possible de tester l'ensemble des possibilités de représentation de toutes les qualités sonores possibles et imaginables. Des choix devront donc être effectués parmi des critères paraissant opérants et des modes de représentation appropriés.

A l'issue de cette démarche exploratoire, nous espérons alors pouvoir tirer quelques généralités susceptibles de montrer ce qu'il est possible de faire et ce qui ne l'est pas, ainsi que les limites des cartes envisagées. Sur cette base, nous pourrions alors proposer quelques nouvelles pistes de recherche pour d'éventuels autres systèmes de représentation possibles.

Pour conclure, nous dirons donc que, s'il paraît impossible de représenter l'ensemble des qualités sonores d'un site donné sur une carte et qu'il n'existe donc pas de solution unique, l'approche méthodologique proposée devrait au moins partiellement répondre aux interrogations suivantes :

- **Est-il possible de représenter des qualités sonores sur une carte ?**
- **Comment pouvons-nous le faire ?**
- **Quelles sont les limites des systèmes proposés ?**
- **Comment pouvons-nous les faire évoluer ?**

4. MÉTHODES

Pour mener à bien cette recherche, le travail est organisé en plusieurs étapes successives :

- Tout d'abord, il s'agit de nous familiariser avec la notion de cartographie (fondements, règles, apports de l'informatique) et de voir ce qui a déjà été réalisé dans le domaine de la cartographie sonore (cf. chapitre 1).
- Ensuite, nous proposons de réaliser des essais de cartes sonores qualitatives en suivant deux démarches opposées et complémentaires.
 - La première commence par chercher un système cartographique capable de représenter, sur un support papier, certaines caractéristiques qualitatives environnementales de la dimension sonore (faits et caractéristiques connus et objectivables). Puis elle tente ensuite de l'éprouver sur un terrain expérimental (cf. chapitre 2).
 - La deuxième démarche repose au contraire sur une analyse sonore qualitative déjà menée sur un site donné et intégrant également certains aspects vécus et sensibles de la dimension sonore³². Il s'agit alors d'exploiter le potentiel de la carte, cette fois informatique (SIG), pour rendre compte des différents résultats de cette étude (cf. chapitre 3).
- Enfin, sur la base des cartes et des systèmes cartographiques réalisés, nous prévoyons un retour analytique sur la problématique afin de tenter de répondre aux questions posées à l'issue de nos hypothèses (cf. chapitre 4).

Cette succession de phases nous paraît intéressante dans le sens où elle nous permet, dans un premier temps, de présenter la notion de cartographie telle que nous l'avons envisagée et de faire un bilan de l'état actuel de la recherche sur les cartes sonores.

Nos deux démarches exploratoires devraient mener à la réalisation finalisée de deux systèmes cartographiques - l'un sur support papier et l'autre sur support informatique - permettant chacun d'aborder différents aspects de la qualité sonore présentés dans notre problématique.

³² BALAY Olivier et al. : *Les indicateurs de l'identité sonore d'un quartier, contribution au fonctionnement d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, Convention INGUL n° 95 03 046, CRESSON, Grenoble, INRETS, Lyon, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p.

L'utilisation de deux démarches opposées (l'une partant des contraintes de la carte pour représenter certains critères de qualité, et l'autre cherchant à aborder le maximum d'informations connues, vécues et sensibles repérées lors de l'analyse détaillée d'un site donné) devrait également permettre d'élargir le champ des possibilités.

Le retour analytique devrait ensuite permettre non seulement de repérer les principaux avantages, inconvénients et limites des cartes réalisées, mais également de tirer quelques généralités susceptibles d'orienter les recherches futures vers une cartographie des qualités sonores.

A ce stade de notre présentation, il ne nous semble pas utile de détailler plus avant nos méthodes, étant donné que cette thèse est justement méthodologique, et que nous allons traiter ce sujet tout au long de notre travail. Les différentes démarches relatives au développement de chacune des phases présentées ci-dessus seront toutefois indiquées en introduction de chaque chapitre.

CHAPITRE 1

ETAT DE LA CARTOGRAPHIE SONORE

Ce chapitre a pour but de faire l'état des connaissances en matière de cartographie sonore. Il s'intéresse dans un premier temps à la définition de la carte, aux principales règles de la cartographie, ainsi qu'aux apports de l'informatisation de la carte. Ensuite, il propose une analyse détaillée des cartes de bruit existantes ainsi qu'une première exploration des cartes sonores qualitatives déjà réalisées. Enfin, il conclut par la nécessité de poursuivre la recherche sur la cartographie des qualités sonore.

1. INTRODUCTION

Avant de débiter ce chapitre, il est important d'indiquer que celui-ci se limite uniquement aux approches cartographiques basées sur un plan géographique précisément situé. Il ne s'intéresse donc ni aux représentations verticales (coupes), ni aux multiples autres modes de représentation graphique possibles pour le sonore, tels que les partitions musicales, les représentations techniques (oscillogrammes, histogrammes, sonagrammes), les dessins ou les peintures suggestives, etc.

En effet, bien que nos premières recherches nous aient permis de répertorier certains de ces aspects³³, cette démarche n'a pas été approfondie dans cette étude, étant donné que deux travaux effectués en parallèle dans le même laboratoire se penchaient déjà sur ces questions³⁴. Nous renvoyons donc les lecteurs intéressés par ces sujets à ces différents documents et concentrons, pour notre part, notre attention sur l'approche strictement cartographique.

A cette fin, nous allons tout d'abord nous interroger sur la nature même de la carte afin de tenter d'en dégager les principaux fondements théoriques et méthodologiques. Nous espérons ainsi enrichir notre connaissance en cartographie et mettre en évidence quelques principes fondateurs nécessaires à l'élaboration de cartes des qualités sonores.

Ensuite, nous proposons de faire un état de la recherche en matière de cartographie sonore (quantitative et qualitative), afin de repérer les principaux atouts et limites des cartes existantes et de tenter de voir en quoi et comment celles-ci doivent ou peuvent encore évoluer.

³³ ARLAUD Blaise : *Vers une cartographie qualitative de l'environnement sonore urbain, Le quartier du Garet à Lyon*, DEA Université de Nantes, UMR 1563, CRESSON, Grenoble, 1996, pp 27-31.

³⁴ REGNAULT Cécile : *Les représentations visuelles de l'espace sonore*, Thèse de doctorat, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes, UMR 1563, CRESSON, Grenoble, 2001, à paraître
VESLIN Guillaume : *Vers une méthode de représentation graphique synthétique des ambiances*, DEA Université de Nantes, UMR 1563, CRESSON, Grenoble, 1998, 207 p.

2. QU'EST-CE QU'UNE CARTE ?

Avant de nous pencher sur les cartes sonores, il nous paraît utile de nous questionner sur la nature même de la carte. Selon le dictionnaire, la définition la plus courante de la carte dans l'acception qui nous intéresse est la suivante : *"Figuration conventionnelle sur un plan de la répartition des phénomènes géographiques à la surface du globe"*³⁵.

La simplicité d'une telle définition n'est toutefois qu'apparente car il existe une multitude de cartes différentes. Elles peuvent être réalisées sur pratiquement tous les supports (papier, pierre, écran, sable, etc.), se référer à toutes sortes d'espaces (géographiques, galactiques, intérieurs, imaginaires, etc.), se rapporter aux sciences les plus diverses pour représenter toute sorte de phénomènes, avoir des échelles, des modes de représentation, d'utilisation ou de lecture différents, etc.

Pour définir la carte, il paraît par conséquent difficile de s'appuyer sur sa matérialité ou sur l'objet qu'elle représente. En effet, comme le dit Christian Jacob : *"On ne peut définir la carte d'après son objet ou d'après une constante dans les moyens de la représentation. Les renseignements fournis par l'étymologie et les variations lexicales ne nous instruisent pas d'avantage, puisqu'ils mettent l'accent sur le support ou sur le contenu graphique, voir sur le représenté géographique, autant de détours métonymiques qui ne définissent pas la carte elle-même"*³⁶.

Mais alors qu'est-ce qui relie toutes les cartes entre elles, quel est leur dénominateur commun ?

Pour répondre à cette question, Christian Jacob propose de s'intéresser en premier lieu non pas à la forme ou au contenu de la carte, mais à sa fonction³⁷ : il s'agit de se demander à quoi sert une carte.

³⁵ LAROUSSE trois volumes en couleur, Paris, Edition 1979

³⁶ JACOB Christian : *L'empire des cartes*, Ed. Albin Michel, Histoire, Paris, 1992, p. 41

³⁷ JACOB Christian : *op. cit.*, 1992, p. 29, *"la carte n'est pas un objet mais une fonction."*

2.1. La fonction de la carte (La carte comme médiation)

Reprenant les travaux de J.B. Harley, qui définit la carte comme un médiateur entre le monde mental intérieur et le monde physique extérieur³⁸, C. Jacob considère la carte comme une médiation technique, intellectuelle et sociale. Il dit de celle-ci qu'elle est un "artefact" permettant "la matérialisation d'un schéma qui naît dans l'esprit. La carte est ce qui permet de concrétiser ce schéma mental, de l'objectiver et de l'offrir à la reproduction, au complément et au commentaire, mais aussi d'en faire un objet social, communicable et diffusable"³⁹.

Sous sa dimension technique, la carte ne cherche en aucun cas à être une reproduction à l'identique de la réalité, mais se sert de divers procédés graphiques, de calculs, de mesures, etc., pour concrétiser, symboliser et mettre en évidence des informations qu'elle souhaite véhiculer. Les techniques utilisées pour parvenir à cette matérialisation peuvent être très différentes selon les cultures et le degré d'avancement de la graphique. Mais ce qui compte le plus, ce n'est pas tant la technique utilisée que le pouvoir de communication ou de médiation que cette technique permet.

En passant par la symbolisation, la carte devient un véritable outil de médiation intellectuelle. Elle offre une distance à la réalité qui permet de voir, de penser, de redécouvrir et d'analyser l'espace sous différents aspects qui n'apparaissent pas lorsque l'on regarde l'espace réel. Elle permet la "reconstruction d'un espace visible" ou la "construction d'un espace invisible" et donne ainsi la possibilité de voir ce qui n'a jamais été vu par "la matérialisation d'un ordre intellectuel abstrait de l'univers empirique"⁴⁰.

Enfin, la carte ne fait pas que de transmettre des informations. Elle est également le support d'une communication sociale. Elle permet le partage des connaissances, participe à la création d'une mémoire collective et génère le dialogue et le commentaire.

³⁸ HARLEY, J. Brian : "The map and the development of the History of Cartography", *The History of Cartography I, Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean*, University of Chicago, 1987, p.1-42

³⁹ JACOB Christian : *op. cit.*, 1992, p. 48

⁴⁰ JACOB Christian : *op. cit.*, 1992, p. 51

2.2. Des cartes géographiques aux cartes de "l'invisible"

Depuis très longtemps déjà, l'homme utilise la carte pour représenter et médiatiser son environnement : "*Les plus anciennes représentations graphiques découvertes sont des cartes géographiques gravées sur argile, et qui datent vraisemblablement du 3^{ème} millénaire avant J.-C.*"⁴¹. Bien que ce mode de représentation soit très ancien, il n'a cependant connu qu'une très lente évolution due principalement aux progrès artistiques.

C'est principalement au XVIII^e siècle, avec les nets progrès scientifiques de cette époque, que les cartes ont connu un fort regain d'intérêt. C'est en effet à cette période que sont par exemple apparues, grâce au développement de la géodésie, les premières tentatives de schématisation précise de l'altitude, même si la figuration du relief existait déjà sur les premières cartes connues⁴². C'est également à cette époque que l'homme a commencé d'utiliser le plan pour représenter autre chose que l'espace visible⁴³. De véritables systèmes de signes, possédant chacun leurs propres lois et significations, ont petit à petit été mis au point, et la notion de graphique est apparue.

De nos jours, les développements technologiques nous ont permis d'obtenir des cartes géographiques très détaillées de la surface de notre planète. Et surtout, bien que durant des siècles les cartes se soient limitées à la représentation de la nature visible, il est actuellement fréquent d'utiliser la cartographie pour représenter, par l'intermédiaire de signes légendés, de nombreux phénomènes non visibles, abstraits. Il nous est ainsi possible de cartographier des choses très diverses comme par exemple des facteurs climatologiques, des répartitions de gibier (voir Figure 4), des événements historiques (voir Figure 5), etc.

⁴¹ BERTIN Jacques et al. : *Sémiologie graphique*, Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1967, p. 7

⁴² ELEB-BAILLY Anne : *Cartes et figures de la terre*, Centre Georges Pompidou, n° d'édition 206, Paris, 1980, pp. 335-345

⁴³ Une des plus anciennes représentations de phénomènes non visibles est le "tableau poléométrique" édité en 1782 par Dupain-Triel et mis au point par Charles de Fourcroy (*P. de Dainville*, Revue "Population", Paris, 1959). Il représente sur un tableau les surfaces géographiques des villes européennes par des carrés de surfaces proportionnelles et offre ainsi une "catégorisation urbaine" par groupements visuels.

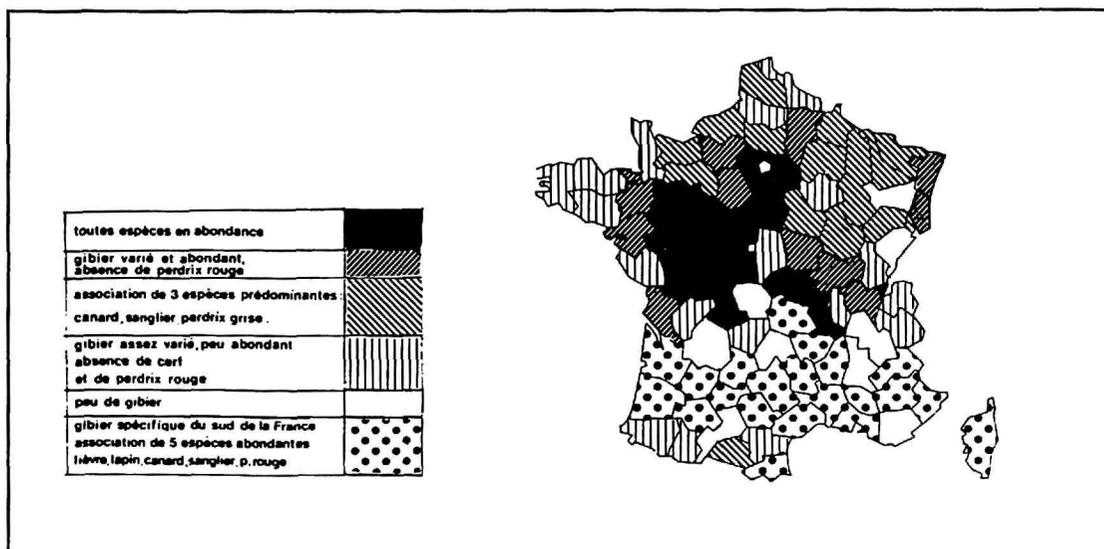


Figure 4
Carte de la répartition du gibier en France, Dubut Claude et Bonin Serge, *Cartes et figures de la terre*, Centre Georges Pompidou, n° d'édition 206, Paris, 1980, pp. 316-328

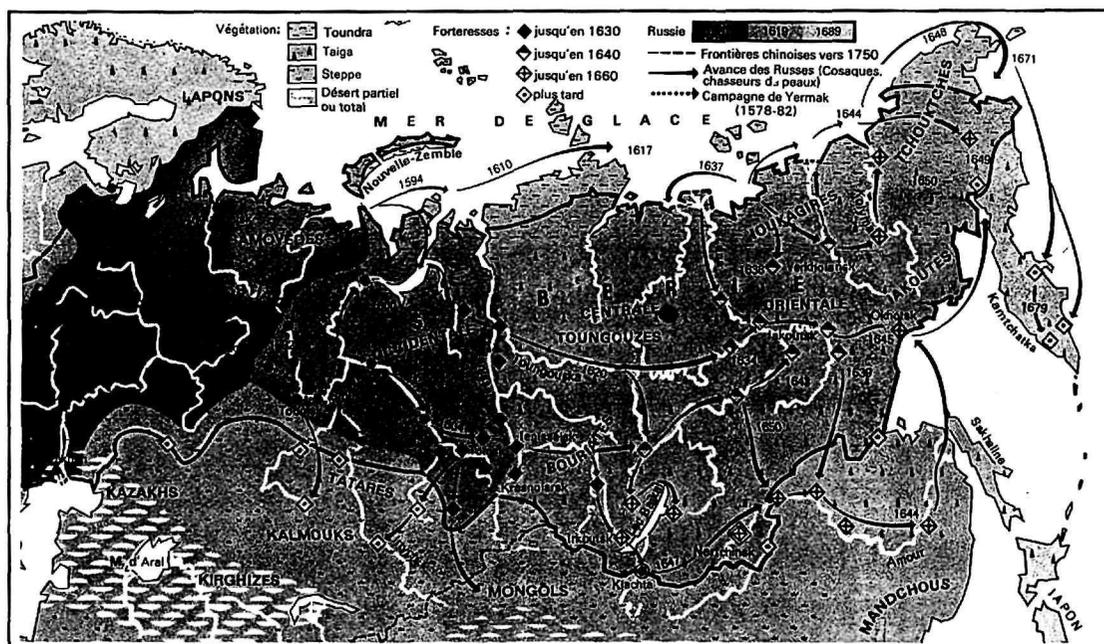


Figure 5
Carte des migrations historiques, époque classique/Russie (1613-1730), *Atlas Historique*, Stock, 1979, p. 268.

2.3. Processus de communication et usages de la carte

Si les développements de la graphique nous permettent maintenant d'envisager la cartographie d'à-peu-près n'importe quel phénomène visible ou invisible (et en ce qui nous concerne plus particulièrement du monde sonore), il convient de nous interroger sur les différents facteurs qui influencent le processus de médiation de la carte, ainsi que sur la manière dont ceux-ci peuvent modifier l'usage que l'on peut faire de la carte. Selon l'approche pragmatique de la consultation de la carte, C. Jacob propose de "*...définir la carte comme la convergence de trois variables : un support (ou espace de représentation), un référent (ou espace représenté), et le regard d'un usager ou, plus généralement, d'un spectateur*"⁴⁴. Selon cette définition, on s'aperçoit que l'usage qui peut être fait d'une carte ne dépend pas uniquement du choix des éléments, événements ou phénomènes représentés, mais également du choix du support et de l'espace considéré (référent), ainsi que des utilisateurs potentiels.

Pour nous en convaincre, nous n'allons pas nous étendre sur les multiples types de cartes existants et sur les différents éléments qui peuvent y être représentés. Ce détour risquerait de nous emmener trop loin des principales préoccupations de notre travail. Nous allons simplement reprendre chacun de ces aspects, et tenter de voir comment le choix du support et du référent peut influencer l'usage que l'on peut faire de la carte, et comment l'usager intervient dans le processus de médiation.

2.3.1. Le support

Du choix du support dépend la possibilité de rendre la carte *mobile ou immobile*⁴⁵, c'est-à-dire de pouvoir la transporter pour la consulter *in-situ* ou d'opter pour une interrogation à distance, permettant une analyse hors contexte. Une carte maritime, routière ou de randonnée doit par exemple impérativement être consultable sur place, alors qu'une carte des productions pétrolifères doit pouvoir rendre compte des différences selon les emplacements géographiques, opération qui ne nécessite pas de présence physique sur le site.

Du support dépend également le choix d'une *carte éphémère* ou d'une carte destinée à durer : *carte monument*⁴⁶. Pour indiquer un itinéraire ou les répartitions spatiales d'un phénomène à un interlocuteur en ayant un besoin immédiat, une simple esquisse sur un coin de nappe, une surface de sable ou même avec le doigt levé en l'air peut s'avérer suffisante. Inversement, il arrive que la fonction même de la carte soit de

⁴⁴ JACOB Christian : *L'empire des cartes* Ed. Albin Michel, Histoire, Paris, 1992, p. 109

⁴⁵ JACOB Christian : *op. cit.*, 1992, pp. 113 - 115

⁴⁶ JACOB Christian : *op. cit.*, 1992, pp. 54 - 56

conserver des informations ou même de transmettre un message aux générations futures. Dans ce cas le choix du support doit être adapté à la durée à laquelle est destiné son contenu.

2.3.2. Le référent

La notion de référent s'applique uniquement à l'espace de référence représenté. Elle ne s'étend pas à tous les éléments représentés sur la carte, même si hors du contexte purement géographique, la carte ne se réfère plus seulement à l'espace mais également aux éléments, phénomènes ou événements (visibles ou invisibles) qu'elle représente. En effet, le propre de la cartographie - par opposition avec la graphique - est que ces éléments, quels qu'ils soient, sont toujours représentés sur un espace de référence. Il s'agit donc de voir comment le choix de ce référent spatial, ou autrement dit de la portion d'espace représentée sur la carte, peut en influencer l'usage.

Premièrement, les espaces non représentés ne pouvant fournir aucune indication, il est évident que la carte ne pourra être utilisée que pour l'espace qu'elle prend en considération. Du choix du référent spatial dépend donc naturellement l'espace représenté, c'est à dire la portion géographique concernée par la carte.

Deuxièmement, selon la taille de cet espace (le monde, une ville, un îlot de bâtiment, etc.), l'échelle de représentation est différente, et par conséquent les informations que l'on peut cartographier ne sont pas les mêmes. Si nous prenons par exemple le cas d'une carte routière, elle ne peut pas être réalisée pour l'ensemble de la planète avec le détail de toutes les rues et chemins. Soit celle-ci devient illisible (informations trop petites), soit elle doit avoir une taille telle que son utilisation en devient impossible. Inversement, si on la réalise pour un terrain trop petit, par exemple un îlot de bâtiment, on ne voit plus apparaître que quelques portions de rues et il est impossible d'en déduire un itinéraire. Du choix du référent spatial (espace représenté et échelle) dépend donc l'usage que l'on peut faire des éléments représentés sur la carte.

Enfin, il est possible de cartographier des phénomènes ou des événements qui n'ont pas véritablement de configuration géographique, mais qui sont situés spatialement sur des portions d'espace considérées (points, lignes ou zones). Pour illustrer ce cas, prenons l'exemple d'une carte des densités de population. Elle peut être effectuée sur n'importe quel territoire, pourvu que les variations du phénomène "nombre de personnes" soient représentées selon une variable légendée et ordonnée de la même manière sur l'ensemble de la carte. On peut ainsi aussi bien montrer les variations de densité de population sur la surface du globe que dans un quartier d'habitation. La fonction de la carte n'est dans ce cas pas remise en cause quelle que soit la taille du terrain représenté. Ce qui change cependant c'est le degré de précision de la variable

"nombre de personnes". A l'échelle du monde, elle est étalonnée par millions d'habitants, alors qu'à celle du quartier, cette variable n'excède certainement pas la centaine d'individus. Nous nous apercevons donc que lors de la représentation cartographique de phénomènes ou d'événements non situés géographiquement de manière précise, mais moyennés sur des portions d'espace (par exemple par maillage), le choix de l'échelle du terrain représenté n'influence pas la fonction de la carte, mais détermine le degré de précision de la représentation du phénomène. Du choix du référent spatial dépend donc le degré de précision des informations représentées sur la carte.

2.3.3. L'utilisateur

Toute carte est un média de communication destiné à transmettre des informations. Or pour qu'il y ait transfert d'informations, il faut nécessairement un interlocuteur. C'est l'utilisateur de la carte. Son importance ne doit pas être négligée car c'est de ses compétences que dépend la réussite de la médiation de l'information. Il doit être à même de reconnaître et de comprendre tous les éléments représentés sur la carte. En effet, comme dans le cas du langage - où une personne ne maîtrisant pas un dialecte ne peut pas comprendre ce qui lui est dit dans celui-ci - l'utilisateur d'une carte ne connaissant pas la nature des éléments représentés ne peut pas les interpréter. Il n'y a alors pas de communication.

Dans notre société, l'homme est toutefois habitué à la lecture cartographique. La compréhension de l'espace géographique ne lui pose la plupart du temps pas de problème. Cependant, les informations supplémentaires qui lui sont données à voir doivent impérativement être explicitées pour pouvoir être comprises. Une carte de la France représentant l'ensemble des départements selon des variables de niveaux de gris ne signifiera par exemple rien tant que l'on ne saura pas ce que ces variables expriment. Seul l'ajout d'un titre ou d'une légende (par exemple : nombre de chômeurs) pourra donner un sens à cette carte.

Par ailleurs, chaque carte doit permettre à l'utilisateur de répondre à une ou plusieurs questions : où se trouvent tels éléments, comment se répartissent tels phénomènes, etc. ? Il est donc important de bien définir ces questions et d'organiser la carte de manière à y répondre avec le plus d'efficacité possible. Là encore, l'utilisation des titres et des légendes est primordiale pour permettre à l'utilisateur de se poser les bonnes questions, c'est à dire celles qui font l'objet de la carte.

De la connaissance des compétences des usagers et de la précision des titres et des légendes, dépend donc la qualité du transfert d'information et par conséquent, de la fonction médiatrice de la carte.

2.4. Les règles de la cartographie

Une fois les objectifs de la carte clairement établis, il s'agit encore de la réaliser de manière à ce qu'elle rende compte, au mieux, des différents éléments représentés. Or, pour qu'une carte soit efficace (maximum d'informations avec un minimum de moyens), il ne suffit pas de juxtaposer différents signes censés apporter des informations. Pour être perçus et interprétés de manière satisfaisante, ceux-ci doivent être mis en relation sur le plan de sorte que l'on puisse visualiser les interactions qu'ils entretiennent les uns avec les autres.

Afin de comprendre comment s'organise cette lecture cartographique, nous allons ci-après reprendre les principales règles fondamentales de la représentation graphique.

2.4.1. La graphique selon Jacques Bertin

Dans les années soixante, un important travail de clarification des moyens et des objectifs de la cartographie a été effectué par Jacques Bertin. Les résultats de ses recherches sont publiés dans un important ouvrage de référence en la matière⁴⁷. Ils sont également repris par Serge Bonin dans un ouvrage consacré surtout à leurs applications pratiques⁴⁸. Depuis cette date, de nombreuses autres recherches ont naturellement été entreprises sur la cartographie, en particulier en ce qui concerne l'utilisation des couleurs, le flou des limites, le passage à la cartographie automatique, etc. Les principales théories ainsi que les principes fondamentaux élaborés par ces auteurs restent cependant valables et ne sont pas remis en cause.

La graphique, langage visuel

La cartographie, comme toute représentation graphique, est un langage visuel. Elle peut servir à la fois de mémoire artificielle (*enregistrer*), d'outil de transmission de l'information (*communiquer*) et d'instrument de recherche (*traiter*). Sur une carte, les relations entre les multiples signes différenciés peuvent être facilement mises en évidence, pour chaque fonction de la carte, selon trois modes de lecture correspondants :

- la lecture détaillée d'une carte : *l'information enregistrée doit être exhaustive mais pas forcément mémorisable dans son ensemble*
- la mémorisation de l'image globale : *l'information communiquée doit être simple pour être mémorisable, mais pas forcément exhaustive*
- l'analyse de l'information : *l'information traitée doit être mémorisable pour les comparaisons et exhaustive pour les choix*

⁴⁷ BERTIN Jacques et al. : *Sémiologie graphique*, Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1967, 431 p.

⁴⁸ BONIN Serge : *Initiation à la graphique*, Ed. Epi, nouvelle édition, Paris, 1983, 170 p.

La graphique est monosémique

La graphique et l'image figurative obéissent à des lois différentes, ce sont deux langages séparés. Sur une image figurative, par exemple une photo, la signification succède à l'observation et se déduit de l'assemblage des signes. On dit que le signe est polysémique. Le travail de lecture se situe entre le signe et la signification. L'identification de ces signes étant fonction du symbolisme personnel de chaque observateur, le choix de ceux-ci est donc infiniment discutable, mais reste totalement libre.

Sur une carte, chaque élément doit être défini à l'avance, qu'il soit universellement admis comme tel, ou qu'il fasse l'objet d'une description légendée. La connaissance de la signification doit précéder l'observation de l'assemblage des signes. Ceux-ci sont donc *monosémiques*. Ils nécessitent l'accord de tous les participants sur leur signification.

La graphique est universelle

Contrairement au langage parlé ou écrit (pour lequel un mot en français n'est pas forcément compris par un Allemand), la perception d'une image est quasi universelle. Elle sera comprise quel que soit l'âge, le niveau d'instruction, la nationalité et la langue, pour autant que les clefs de lecture soient connues ou indiquées (culture et légendes).

La graphique dispose de trois variables sensibles

Alors que la perception sonore ne peut transmettre des renseignements que par une succession d'informations dans le temps, la graphique, par son système de représentation spatial, permet la lecture simultanée de plusieurs informations. Autrement dit, les sons sont perçus au fur et à mesure du temps qui se déroule, alors que les signaux visuels donnent une image synthétique instantanée. En un instant, la perception sonore ne permet donc que de différencier un son ou une syllabe, tandis qu'une représentation graphique permet de fournir une image globale dans son intégralité. Ces constatations conduisent Jacques Bertin à dire que si la perception sonore ne dispose que de deux variables sensibles : *le son et le temps*, la perception visuelle en compte trois : *la variation des tâches*⁴⁹ *et les deux dimensions du plan*.

⁴⁹ Par tâches, il faut entendre ici les différentes informations que peut contenir la carte. Chaque tâche représente la réponse à une question posée. Un même signe peut par exemple remplir plusieurs tâches en fonction de différentes variables visuelles (par ex. forme = signification, taille = intensité, etc.).

2.4.2. Quelques principes fondateurs

Outre ces règles fondamentales de la sémiologie graphique, qu'il nous a paru nécessaire d'exposer en détail, de nombreux autres renseignements, puisés principalement dans ces mêmes ouvrages, nous ont amenés à examiner quelques principes généraux nécessaires à la réalisation d'une carte efficace et facile à lire.

La "grammaire" graphique

Comme pour le langage écrit ou parlé, la compréhension d'une carte repose sur l'application d'une "grammaire", sur des lois de construction. Celle qui nous est apparue la plus importante pour la représentation du son, est celle de l'ordonnance selon l'importance. Il est en effet fréquent de vouloir représenter un phénomène sur une carte selon une variable ordonnée⁵⁰. Dans ce cas, il est nécessaire, pour que cette ordonnance soit facilement visualisée, d'utiliser un code graphique qui la mette en évidence. Prenons par exemple le cas des niveaux de bruit. Leur indication sous forme de chiffres nécessite la lecture exhaustive de chacun de ceux-ci pour pouvoir savoir quels sont les endroits les plus bruyants. Pour faciliter la lecture, il est donc souhaitable de représenter ces niveaux par un système graphique ordonné en faisant correspondre l'intensité du son avec celle du niveau de gris ou la taille du signe (par exemple plus le niveau est élevé, plus le signe est foncé ou grand). Il est ainsi possible de visualiser instantanément les variations approximatives des niveaux suivant le lieu.

La représentation systématique des critères choisis

Pour des raisons de commodité de lecture, il est impossible de représenter de manière exhaustive sur une carte tous les facteurs influençant notre perception d'une situation sonore. Il est donc nécessaire d'opérer un choix de critères à représenter. Mais une fois ce choix effectué, tous les critères retenus doivent être représentés de manière systématique sur l'ensemble de la carte. L'absence de signe en un endroit du plan est en effet obligatoirement perçue comme l'absence du critère correspondant en ce même lieu sur le terrain.

⁵⁰ C'est à dire selon une échelle de valeur, par exemple du plus au moins fort.

Les six principales variables visuelles

Un signe est susceptible de répondre à autant de questions qu'il donne d'informations. Chaque information donnée par un signe correspond à une composante de sa représentation. Et chaque composante peut être mise en valeur par une des six variables visuelles disponibles (voir Figure 6). Un seul signe peut donc donner plusieurs informations différenciées en utilisant ces différentes variables. Un signe représentant un son peut par exemple informer sur son intensité (valeur de gris), sa nature (forme du signe), sa durée (taille du signe). Quel que soit l'élément représenté, il ne peut cependant varier sur la carte qu'en fonction des six variables visuelles suivantes.

Variable visuelle :	Symboles de points	Symboles de lignes	Symboles de surfaces
Taille			
Forme			
Valeur de gris			
Texture			
Orientation			
Teinte			

Figure 6

Tableau des variables visuelles, Brunet Roger, *La carte, mode d'emploi*, Ed. Fayard / Reclus, Paris, 1987, p.48

Pas plus de trois variables pour une lecture instantanée

Les travaux de J. Bertin démontrent cependant que "*lorsque l'information nécessite plus de trois variables, on ne peut construire une figure qui réponde spontanément à tous les types de questions*"⁵¹. Cela signifie que notre œil n'est capable d'intégrer, en un même instant, que trois variables sur un même signe. Dépassé ce nombre, il n'est plus possible de lire la carte de manière instantanée. Il est naturellement possible d'augmenter le nombre de composantes, mais leur compréhension nécessite alors plusieurs perceptions successives. La lecture devient difficile et la mémorisation pratiquement impossible. La carte est de ce fait moins efficace.

Les règles garantes de la fonction

Outre les quelques principes généraux exposés ci-dessus, l'utilisation de la graphique et a fortiori de la cartographie est soumise à de nombreuses règles de construction et de lisibilité particulières. Chaque fois que nous voulons représenter quelque chose, il est en effet nécessaire d'utiliser un mode de représentation. Et chacun de ces modes de représentation (plan géographique, perspective, cartogramme, anamorphoses, maillage, variables visuelles sur un point, une ligne, une zone, etc.) est régi par divers procédés permettant de l'exploiter correctement et le plus efficacement possible.

Nous n'allons cependant pas tous les passer en revue ici. L'analyse de la graphique n'est en effet pas l'élément central de notre recherche et cet exposé serait beaucoup trop long en regard de l'ensemble du travail. Nous reviendrons cependant ultérieurement sur certains de ces procédés, lorsque nous aurons à les utiliser pour notre cartographie sonore.

A ce stade, nous nous contentons de savoir que ces règles existent et qu'il faut être très prudent lors de la réalisation d'un système cartographique si l'on veut que celui-ci réponde efficacement à sa fonction de transfert d'information et de médiation.

Nous rappelons simplement que la structure de la carte - c'est-à-dire sa matérialité, ses modes de représentation de l'espace et des attributs, ainsi que ses systèmes de codifications graphiques légendés - doit dépendre de l'usage que l'on désire en faire et répondre à des règles graphiques très précises pour pouvoir être perçue efficacement par un usager et susciter le questionnement et la réflexion.

⁵¹ BERTIN Jacques et al. : *Sémiologie graphique*, Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1967, p. 154

2.5. Apparition des cartes automatiques

Au cours de ces dernières décennies, l'informatique a pris une part de plus en plus importante dans tous les domaines de l'activité humaine. Son prodigieux développement s'est naturellement aussi étendu à la cartographie, et il est actuellement fréquent (voir systématique) de faire appel aux techniques informatiques lors de la réalisation d'une carte. C'est l'apparition des cartes automatiques ou, autrement dit, de la cartographie assistée par ordinateur : l'infographie.

2.5.1. Les changements fondamentaux

Cette informatisation opère une véritable révolution dans le domaine de la cartographie. Les possibilités de stockage d'informations dans une base de données, et les lectures différenciées qu'offre ce nouveau support, permettent la disparition de la fixité de l'image. On passe ainsi d'un mode de représentation visuel figé (la cartographie) à un instrument de traitement graphique de l'information évolutif selon la demande (l'infographie).

En effet, dans une carte automatique, la représentation passe par une base de données relative aux trois dimensions de l'espace (les localisants) et aux informations que l'on souhaite représenter (les attributs). Or comme le dit Sylvie Rimbert⁵², cette démarche *"...entraîne la prise en considération d'éléments techniques et conceptuels contemporains qui élargissent considérablement la notion de carte"*.

Ce sont selon elle :

- *Les traitements statistiques et géométriques des attributs servant à déterminer leurs formes cartographiques en taxons ponctuels, linéaires, planaires (ou "aréaux").*
- *Un code graphique assurant la liaison entre taxons et symboles que l'on appelle la "légende de la carte". Sans légende on ne peut faire le lien entre les attributs et l'information spatiale.*
- *Un support cartographique soit fixe, sur papier, soit éphémère, sur écran, soit numérique, sur fichier informatique. Il y a ainsi des cartes "réelles", des cartes "virtuelles observées", des cartes "virtuelles à néo-données", des "visualisations carto-graphiques".*

Nous nous apercevons donc que l'apport de l'informatique entraîne d'innombrables possibilités de stockage de données et de traitements mathématiques et graphiques de celles-ci. Il permet également de varier les modes de représentation de ces données (ou de combinaisons mathématiques de celles-ci), en fonction des choix de visualisation désirés.

⁵² RIMBERT Sylvie : *Carto-graphies*, Ed. Hermès, Paris, 1990, p. 26

Il est ainsi possible, avec la même base de données, d'obtenir différentes cartes sur différents supports, et variables à l'infini dans les limites des systèmes, programmes et périphériques informatiques utilisés. Ces changements fondamentaux modifient non seulement la façon de produire des cartes, mais également la manière dont elles sont distribuées, perçues et utilisées. C'est donc tout le processus de médiation qui est différent.

2.5.2. Les principaux apports de la cartographie automatique

Comme nous venons de le voir, le principal apport de la cartographie automatique est certainement la possibilité de faire évoluer la carte selon les besoins. En effet, comme le dit Sylvie Rimbert : *"Une carte ou une image digitalisées peuvent donner lieu à de multiples formes de sorties selon les traitements mathématiques appliqués aux données et selon les périphériques d'ordinateurs employés. Ce sont ces possibilités de passage d'une forme à l'autre, ces "trans-formations", qui constituent l'apport le plus nouveau de l'informatique à la cartographie thématique"*⁵³.

Ces transformations paraissent pouvoir se situer à tous les niveaux :

- Au niveau de l'espace (maillage, carroyage, anamorphose, etc.)
- Au niveau du point de vue (plan–coupe–perspective, orientation, échelle, etc.)
- Au niveau des attributs (données modélisables, néo-données issues d'une transformation mathématique ou graphique de données observées, croisement de données ou de néo-données, etc.)
- Au niveau des modes de représentation (points-lignes-zones, symboles, couleurs, épaisseurs, trames, etc.)
- Au niveau temporel (actualisation des données, succession temporelle de données, animations, etc.)
- Au niveau du support (écran, impression, etc.)

Les outils infographiques permettent donc de modifier ou d'adapter la représentation selon les choix du concepteur ou de l'utilisateur. Il est par exemple possible de visualiser un même espace de différentes manières afin d'en percevoir différents aspects, de rendre compte de mêmes attributs sous différents angles par des représentations distinctes, d'actualiser automatiquement la carte par une simple correction de la base de données, et même de la faire évoluer en temps réel, accéléré ou ralenti⁵⁴.

⁵³ RIMBERT Sylvie : *Op. cit*, 1990, p. 26

⁵⁴ La création de données avec composantes temporelles (par exemple situation à l'instant T), permet en effet de créer des animations par succession de situations, soit instantanément, la base de données étant par exemple automatiquement réactualisée par un appareil de mesure, soit de manière différée par stockage des données. Il est ainsi possible de visualiser l'évolution temporelle d'un phénomène.

La cartographie automatique permet donc de traiter l'information non plus de manière statique sur les deux dimensions du plan, mais de manière dynamique selon les trois dimensions de l'espace, en intégrant la temporalité.

Son mode de fonctionnement (base de données et dessin automatique) permet également de simuler des situations en visualisant instantanément ce que cela donne en modifiant certaines données. La carte passe ainsi d'un rôle purement informatif sur une situation à un véritable outil d'analyse visuelle.

Par ailleurs, l'apparition des applications multimédias donne encore plus de puissance à ce type de représentation. Elle permet en effet d'intégrer à la carte des images (photos, croquis, etc.), des pages de texte, des graphiques complémentaires, et même des bandes son ou des animations vidéo.

2.5.3. Les moyens de la cartographie automatique

Si nous avons vu que le procédé de décomposition de la carte automatique en base de données, analyse de ces données, et modes de représentation différenciés sur divers supports, permet, par le biais de l'informatique, d'effectuer rapidement toute sorte de transformations selon la question que l'on se pose ou la visualisation que l'on souhaite, nous cherchons maintenant à voir quels sont les moyens à notre disposition pour effectuer toutes ces opérations.

Nos compétences en informatique étant limitées, nous n'avons pas la prétention de relater ici l'ensemble des outils informatiques nécessaires ou utiles à la création de cartes automatiques. Nous nous contentons d'exposer les principaux supports informatiques de base qui nous paraissent nécessaires pour élaborer une carte automatique. Ce sont :

- Les bases de données informatiques, permettant d'une part de stocker celles-ci selon un classement ordonné et de les réactualiser facilement, et d'autre part de les mettre en relation les unes avec les autres par différents systèmes de recherche.
- Les programmes de calcul permettant de traiter ces données et de les faire évoluer en fonction de ce que l'on désire en faire.
- Les programmes de rendu permettant de rendre compte spatialement de ces données ou des résultats des calculs sur un écran ou une feuille imprimée.
- Les systèmes d'exploitation permettant de créer les liens nécessaires entre les différents programmes et de proposer un mode d'utilisation de l'ensemble.

Pour chacune de ces applications, il existe une multitude de logiciels que l'on peut se procurer dans le commerce. Ils ont tous leurs avantages et leurs inconvénients, mais ne sont pas forcément tous compatibles les uns avec les autres. Lorsque l'on désire réaliser une cartographie automatique, il est donc nécessaire de bien les choisir en fonction des besoins spécifiques de la carte et de leur compatibilité respective.

Par ailleurs, selon le type de cartographie envisagé, certaines applications n'existent pas - ou en tout cas pas sous la forme désirée - dans le commerce. Il est alors nécessaire, soit de compléter un logiciel existant (ce qui est souvent impossible), soit de créer son propre logiciel compatible avec ceux déjà utilisés.

On s'aperçoit donc que la réalisation d'une carte automatique nécessite non seulement des compétences cartographiques, mais également une bonne connaissance des logiciels existants et de la programmation informatique.

2.5.4. L'engouement pour les systèmes d'information géographique

Depuis quelques années, il existe des systèmes informatiques qui intègrent plusieurs de ces fonctions, et en particulier la représentation cartographique de données géographiquement situées. Ce sont les systèmes d'information géographique, les SIG.

Ils peuvent être définis comme "*...la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné*"⁵⁵, et sont construits selon un concept de base très simple :

- une base de données graphiques localisées : localisation, forme et dimension de l'objet (informations géométriques)
- une base de données alphanumériques : les attributs décrivant l'objet (informations sémantiques),
- un système de relation entre les deux.

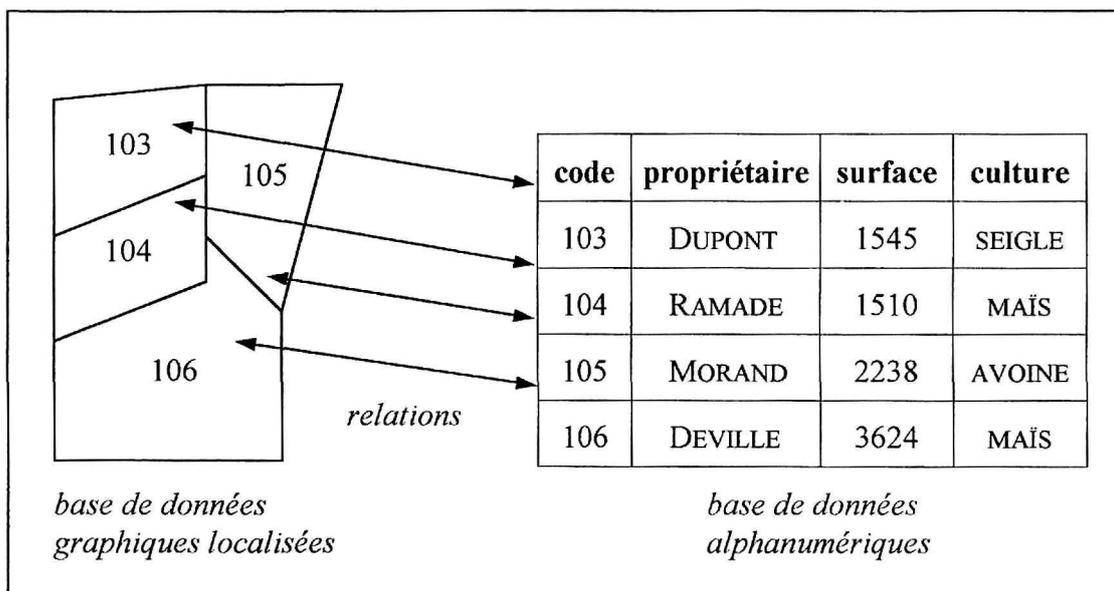


Figure 7

Principe de base d'un SIG, *Systèmes d'information géographique, conseil, assistance, conception, mise en œuvre*, Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement de l'Ouest, Nantes, 1997, 4p. (Fiche produit 97.4 du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement)

⁵⁵ DENEGRE Jean et SALGE François : *Les systèmes d'information géographique*, 1996

Ce mode de fonctionnement permet l'acquisition, la gestion et l'analyse d'informations géographiques, selon deux modes de représentation numérique :

- le mode vecteur : les objets ponctuels, linéaires ou zonals sont décrits par un ensemble de points déterminant leurs contours
- le mode raster ou matriciel : l'ensemble de la carte est représenté sous la forme d'une matrice de points

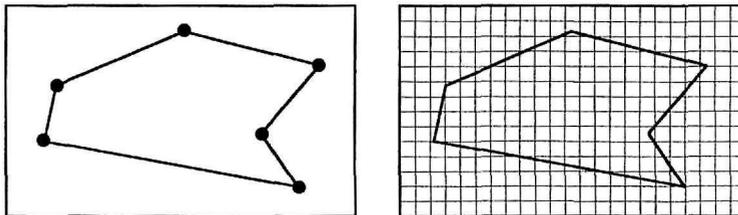


Figure 8
Les deux modes de représentation numérique d'un SIG, le mode vecteur (à gauche) et le mode raster (à droite)

En utilisant l'un ou l'autre de ces deux modes de représentation, il est possible d'effectuer n'importe quelle carte par la juxtaposition d'objets de base. De plus, les relations existantes entre les objets graphiques localisés et les données qui leurs sont attribués permettent d'opérer toutes sortes de requêtes préalables susceptibles de déterminer les objets à représenter et/ou leurs modes de représentation (couleur, etc.).

Il est donc possible de modifier la carte en fonction des questions que l'on se pose. Notre exemple ci dessus (voir Figure 7), permet par exemple de dessiner la carte des champs de seigle (seul le terrain de M. Dupont apparaîtra), celle des différences de cultures (chaque terrain sera par exemple colorié avec une couleur correspondant à son attribut), celle des cultures de maïs de plus de 2000 m² (champ de M. Deville repéré par requête multiple), etc.

Plus que de simples cartes dessinées par ordinateur, les SIG sont donc de véritables outils d'analyses permettant de répondre, par une visualisation cartographique, aux cinq questions fondamentales suivantes :

- *Où* : Localisation d'un objet ou d'un ensemble d'objets de même type dans l'espace,
- *Quoi* : Inventaire des objets présents dans un lieu,
- *Comment* : Mise en évidence des relations existantes entre les objets (analyses spatiales),
- *Quand* : Prise en compte des évolutions et changements intervenus sur les objets au cours du temps (analyse temporelle),
- *Et si* : Simulation de scénario d'évolution, projection dans l'avenir.

Outils efficaces d'aide à la connaissance de territoires, les SIG se développent aujourd'hui dans tous les secteurs où la dimension de la localisation constitue un enjeu. Ils sont donc fréquemment utilisés par les aménageurs urbains (administrations, collectivités territoriales, bureaux d'étude, etc.) comme aide à la décision lors de la gestion ou de l'analyse de l'espace urbain, ainsi que pour l'étude de projets d'aménagements.

Par ailleurs : *"Il faut entendre par SIG l'ensemble de l'organisation des hommes, des données, des procédures et des outils nécessaires à son fonctionnement et non pas uniquement le logiciel qui assure les opérations informatiques ou les bases de données elles-mêmes"*⁵⁶.

Comme nous l'a indiqué le LISI⁵⁷, la réalisation d'un SIG passe donc par le choix de différentes données nécessaires à son fonctionnement :

- Les données de base (objets à représenter et attributs, à organiser en base de donnée),
- Les données d'analyse (calculs et requêtes à effectuer sur les attributs),
- Les données de visualisation (modes de représentation des objets, en fonction ou non d'attributs ou d'analyses spécifiques, du choix du point de vue, de l'échelle, etc.),
- Les données d'utilisation (modes de lectures et d'introduction des données, procédures et outils d'utilisation du système).

Il s'agit donc non pas uniquement de remplir des données dans un logiciel existant, mais de concevoir un outil informatique susceptible de permettre la médiation et l'analyse de son contenu.

2.5.5. Une nouvelle forme de médiation

Pour illustrer certaines des possibilités offertes par l'automatisation de la carte et les SIG, ainsi que pour montrer comment l'utilisation de l'informatique peut modifier la manière dont sont médiatisées les informations, nous proposons de vous présenter l'atlas mondial Encarta de Microsoft, édition 1998, sur CD-ROM.

Il ne s'agit pas de vanter les mérites de ce produit, mais cet exemple à l'avantage d'utiliser bon nombre de ces nouvelles applications informatiques et de proposer un système de consultation des données facile et attractif.

⁵⁶ *Systèmes d'information géographique, conseil, assistance, conception, mise en œuvre*, Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement de l'Ouest, Nantes, 1997, p. 2 (Fiche produit 97.4 du Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement)

⁵⁷ Laboratoire d'ingénierie des systèmes d'information, Université Claude Bernard, INSA Lyon

Tout d'abord, sur ce logiciel, le monde n'est pas morcelé comme dans un atlas traditionnel. Il est représenté en entier, sous sa forme de globe. Pour en appréhender sa surface, il est possible de le faire tourner, de s'en approcher et de s'en éloigner. La visualisation varie alors en fonction du point de vue, et l'échelle de représentation (degré de précision des informations) en fonction de l'éloignement. L'utilisateur peut ainsi choisir son référent spatial en fonction des questions qu'il se pose.

De nombreux espaces de référence prédéfinis sont également proposés (par exemple les continents, les pays, les régions, les cours d'eau, les agglomérations, etc.). Par un simple "clic" de souris sur la partie du globe choisie, un choix de référent est proposé et la carte se met alors à l'échelle de celui-ci et adapte sa représentation en fonction de ses particularités (le choix d'un cours d'eau implique par exemple le surlignage de celui-ci). Pour certains de ces référents spatiaux prédéfinis, des informations complémentaires multimédias sont proposées (fiches par pays, textes sur la topographie, le climat, la culture, etc., images, sons et vidéos de la vie locale et des animaux, accès à des sites Internet, etc.). La carte ne se limite donc plus à la localisation des éléments représentés mais permet d'approfondir la connaissance de ces éléments.

Cette double approche (choix du référent spatial par déplacement sur la surface du globe et informations complémentaires sur celui-ci) permet, de manière ludique, de parcourir le monde et d'en pénétrer les lieux. Il s'ensuit une impression qui, même si elle n'est que partielle, peut s'apparenter au voyage.

La carte elle-même ne se limite pas à la représentation de l'espace géographique. En effet, parallèlement au choix du référent (espace représenté), il est possible de sélectionner les informations que l'on souhaite voir cartographiées (espace géographique, politique, tectonique, climatique, humain, vue satellite, etc.). De nombreuses cartes statistiques par pays sont également proposées (population, économie, agriculture, environnement, énergie, etc.). Il est donc très facile de comparer toutes ces données sur les référents de notre choix, et par conséquent de mener l'analyse à l'échelle désirée.

Par ailleurs, le système de base de données mis en œuvre permet de mener toute sorte de recherches automatiques. Outre son choix de recherches thématiques, il permet par exemple d'effectuer une requête sur n'importe quel lieu du monde et de le faire apparaître en surlignage au centre de la carte, avec toutes les informations qui lui sont rattachées. Il est également possible d'effectuer des recherches simples ou combinatoires (et, ou, *, etc.) sur n'importe quels autres attributs par un système de mots clefs. L'ordinateur recherche alors dans les titres ou les textes de tous les éléments, le mot (ou la combinaison de mots) demandé et propose tous les textes,

images, sons, etc. qui les contiennent. Par rapport à la carte traditionnelle, ce système présente l'immense avantage de donner très rapidement l'accès à l'information. Il permet même certains usages quasi impossibles sans cette informatisation tels que le repérage d'un lieu dont nous ne connaissons que le nom mais dont nous n'avons aucune idée de la localisation (est-ce en France, au Japon, etc. ?), ou la recherche exhaustive de l'ensemble des données sur un thème particulier, comme c'est le cas dans une encyclopédie informatique.

Pour aborder la troisième dimension de l'espace (l'altitude), cet atlas informatique propose un simulateur de vol en trois dimensions. Il est ainsi possible de se déplacer au-dessus d'un territoire et d'en explorer le relief. Bien que cette fonction soit à ce stade plus ludique que réellement efficiente,⁵⁸ elle permet de visualiser la planète en 3D et par conséquent de contempler le relief depuis n'importe quel point de l'espace.

Par ailleurs, si cet atlas n'autorise pas l'actualisation des données par l'utilisateur (et par conséquent la transformation de la visualisation selon l'évolution de la situation), il lui offre cependant la possibilité d'ajouter des informations sur la carte sous forme de symboles graphiques avec textes associés, classables par thèmes. A défaut de pouvoir modifier ou corriger la carte, il a ainsi la possibilité de la compléter.

Pour finir le rapide tour d'horizon de ce logiciel, indiquons encore que son système d'exploitation permet facilement de passer d'une information ou d'une visualisation à l'autre, de revenir en arrière, d'obtenir à tout moment l'échelle et la légende de la carte ainsi que les coordonnées d'un point ou les distances entre deux points. Par l'intermédiaire de périphériques appropriés, il permet également de copier ou d'imprimer toute carte, tout texte ou toute image visualisée.

Sur la base de cet exemple, voyons maintenant comment l'apport de l'informatique modifie le processus de médiation de la carte.

L'usager de la carte fait bien plus que percevoir des informations soumises à sa réflexion, son analyse ou son commentaire. Il interagit avec la carte pour obtenir les informations qu'il souhaite. Il passe ainsi du rôle de spectateur, à celui d'acteur. C'est lui qui décide de la carte qu'il désire en fonction de la question qu'il se pose et des informations dont il dispose. Il y a interaction entre son action et sa perception.

Le processus de médiation ne s'effectue donc plus uniquement du concepteur vers la carte et de la carte vers l'usager, ainsi qu'entre les différents usagers, mais devient tributaire des choix du lecteur, qui devient donc utilisateur-acteur.

⁵⁸ car sans liens avec les autres informations, exception faite des noms des localités principales et des couleurs de sol (bleu = eau - brun et vert = sols - blanc = neige)

2.6. Que retenir de cette définition ?

Bien que nous n'ayons fait que survoler la question de la définition de la carte, en omettant volontairement à ce stade l'analyse de l'ensemble du corpus cartographique, nous pensons toutefois avoir pu en dégager les principales caractéristiques.

C'est avant tout un outil de médiation, de partage des connaissances et de communication sociale. Elle ne se limite pas à la description de l'espace géographique, mais offre par la re-présentation symbolique une distance à la réalité permettant de soumettre à l'appréciation toute sorte d'éléments, de phénomènes ou d'événements visibles ou invisibles.

En outre, le processus de communication de la carte impose de s'interroger non seulement sur les différents éléments que l'on désire y représenter, mais également sur son support, son référent spatial et ses usagers. Chacun de ces aspects est en effet susceptible d'influencer la fonction médiatrice de la carte et par conséquent l'usage qui peut en être fait.

Par ailleurs, la carte, qu'elle soit informatisée ou non, est soumise à une sémiologie, à des règles graphiques strictes. Chaque élément qui y est représenté doit donc tenir compte de celles-ci. Un mauvais choix de représentation risque en effet d'altérer l'opérationnalité de la carte, d'induire à l'erreur ou au mensonge⁵⁹, voir même de la rendre inutilisable.

De plus, l'apport de l'informatique permet la disparition de la fixité de l'image, sa transformation. Il permet de traiter l'information non plus de manière statique, mais de manière dynamique, selon les trois dimensions de l'espace, en intégrant la temporalité et les moyens multimédias. La représentation peut donc évoluer au gré des souhaits du lecteur (points de vue, échelle, attributs, moment ou période, etc.) qui devient ainsi utilisateur-acteur.

Avant d'envisager la réalisation d'une cartographie, il paraît donc important de bien définir les informations qui doivent être transmises et à qui, de manière à utiliser les meilleurs outils, supports, modes de représentation et d'utilisation, en fonction des objectifs de médiation.

⁵⁹ MONMONIER Mark : *Comment faire mentir les cartes*, Ed. Flammarion, Paris, 1993, 232 p.

3. LES CARTES DE BRUIT

L'approche la plus courante pour cartographier les sons nous vient de l'acoustique. C'est celle de la représentation des niveaux de bruit mesurés ou estimés.

En effet, dès qu'il fut possible, en particulier grâce à l'invention du sonomètre, de mesurer les niveaux de bruit, l'unité logarithmique choisie, le décibel, a permis de fixer des relations entre des impressions subjectives (c'est calme, c'est bruyant, etc.) et des valeurs métrologiques. Les niveaux de bruit ont donc rapidement été utilisés pour qualifier un environnement sonore. Ces niveaux étant variables dans le temps et dans l'espace, des modes de saisie permettant d'obtenir des valeurs moyennes sur une durée déterminée ont été mis au point⁶⁰, et la carte s'est imposée comme outil de représentation des différents résultats suivant les dispositions spatiales.

C'est en 1938, à Berlin, que l'on réalise l'une des premières cartes du bruit. Depuis, de nombreuses villes, dans toute l'Europe, se sont dotées de telles cartes. A ce jour, celles-ci sont presque toutes conçues de manière à répondre aux exigences légales (normes, réglementations, etc.). Elles traitent donc le plus souvent des nuisances sonores mesurables et/ou calculables (estimation, modélisation) pour lesquelles des valeurs limites ont été définies : par exemple les bruits de circulation routière ou ferroviaire, les bruits industriels, etc.

Les objectifs généraux de ces cartes (énoncés dès 1938 à Berlin) sont en principe les suivants :

- Réaliser un diagnostic général des niveaux de bruit urbain,
- Etablir un zonage acoustique tenant compte des divers types de source de bruit,
- Prévoir l'impact sonore des nouvelles activités,
- Faciliter la prise de décision concernant les nouvelles planifications urbanistiques,
- Evaluer la distribution des niveaux sonores dans l'espace et dans le temps,
- Relever des données concrètes en vue des éventuelles transformations de la législation concernant le bruit urbain.

A ce jour, il n'existe cependant aucun système cartographique permettant de répondre de manière détaillée et précise à tous ces objectifs en même temps. Chaque municipalité a donc réalisé sa propre carte du bruit en fonction des moyens à sa disposition (effectifs, matériel, programmes informatiques, temps, etc.), de la taille de son agglomération, des normes et recommandations en vigueur, ainsi que de ses besoins et désirs spécifiques. Elles sont par conséquent presque toutes différentes.

⁶⁰ On utilise par exemple très fréquemment le niveau équivalent (Leq). Il correspond au niveau constant pendant toute la durée de la mesure, communiquant au récepteur la même énergie que le niveau de pression variable effectivement perçu pendant le même laps de temps : $Leq = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L/10} \times dt$

Sur la base du travail de Martine Leroux sur la cartographie sonore effectué auprès des municipalités françaises⁶¹, de l'inventaire des cartes de bruit européennes de C. Vogiatzis⁶², ainsi qu'en fonction de nos investigations et observations personnelles, nous allons tenter ci-après de montrer cette diversité.

3.1. Les modes de représentation

La première constatation que l'on peut faire est que ces cartes utilisent différents modes graphiques pour représenter les niveaux de bruit. Les trois modes de représentation les plus courants, déjà mis en évidence par Martine Leroux, sont les cartes à points, les cartes à lignes et les cartes à zones. Ils peuvent à notre avis être complétés par deux autres catégories complémentaires encore peu exploitées : les cartes en 3D et les cartes animées.

3.1.1. Les cartes à points

Les cartes à points sont des cartes qui représentent les niveaux de bruit estimés pour une période déterminée, en chacun des points représentés sur la carte. Elles ont l'avantage de donner des résultats précis pour chaque point retenu, mais ne permettent pas de donner d'indication entre les emplacements estimés. Plus que de véritables cartographies des niveaux sonores – c'est-à-dire permettant d'établir l'évolution du phénomène dans l'espace - ces cartes sont surtout des situations géographiques de résultats de mesures ou de calculs.

Cet état de fait révèle toujours une incomplétude de la carte ne permettant pas de connaître les niveaux en tous points de l'espace (voir Annexe 1.1). Cependant, en multipliant les points (par exemple au milieu de chaque façade, voir Annexe 1.2), ce système permet de donner des indications précises pour chaque bâtiment, même si le doute subsiste toujours en différents lieux.

3.1.2. Les cartes à lignes

Ces cartes représentent les niveaux de bruit estimés pour une période déterminée le long de sources linéaires (voies de circulation) ou d'alignements de façades.

Ces lignes peuvent être représentées à l'axe des sources de bruit (réseau routier ou ferroviaire). Les niveaux indiqués sont dans ce cas estimés identiques des deux côtés de la voie de circulation (voir Annexe 2.1). Elles peuvent également être dédoublées

⁶¹ LEROUX Martine : *Enquête auprès des municipalités sur la cartographie sonore*, ML consultant, Paris, 1996, 54 p.

⁶² VOGIATZIS Constantinos : *Inventaire des cartes de bruit européennes et application d'une méthodologie basée sur l'écoute réactivée*, ET&T Consulting Engineers Ltd, N. Ppsichiko (Greece), s.d. (199?), 109 p. (Ministère de l'environnement, GEUS II n° 93311)

de part et d'autre des voies de circulation, le long des alignements de façades, de manière à différencier chaque côté des voies (voir Annexe 2.2).

Quel que soit le degré de précision choisi, ce système permet d'indiquer des variations de valeurs devant les façades tout le long d'un axe de circulation. Il ne donne cependant aucune indication concernant les variations de valeurs dans les espaces ouverts (parcs, zones villas, etc.). En effet, quelle que soit la méthode de relevé des niveaux (mesures et/ou calculs), ceux-ci sont généralement donnés par tronçon de rue ou de voie, avec une distance régulière à l'axe de circulation.

Ce mode de représentation est donc particulièrement bien adapté à un tissu urbain dense (bâtiments continus et alignés le long des axes de circulation, îlots fermés, etc.). Dans les cas de tissus urbains plus "lâches" (bâtiments dispersés, sans continuité, à des distances différentes des axes de circulation, derrière des écrans de protection, etc.), les niveaux au droit des façades peuvent cependant être très différents devant chaque bâtiment. L'unification des résultats, nécessaire à la représentation linéaire d'un seul niveau par tronçon (par exemple estimation le long d'une ligne imaginaire à 10m de l'axe de circulation), risque alors de ne donner que des indications trop approximatives pour pouvoir être vraiment pertinentes et utiles.

3.1.3. Les cartes à zones

Les cartes à zones sont des cartes qui représentent les niveaux de bruit estimés pour une période déterminée sur l'ensemble de la surface du secteur étudié. Elles permettent donc, en théorie, de représenter les niveaux de bruit en n'importe quel point de la carte. Dans la pratique, il est cependant difficile de déterminer ces niveaux avec précision sur l'ensemble de la carte. Or, comme toute carte à zone donne des résultats sur l'ensemble de la surface étudiée, le choix de la méthode de détermination des niveaux de bruits répartis dans l'espace, ainsi que celui de l'échelle de représentation vont directement influencer la précision des résultats et par conséquent l'efficacité et l'exactitude de la carte.

Nous pouvons différencier ces cartes en deux catégories : celles qui donnent des valeurs moyennes sur des secteurs déterminés et celles qui tentent de montrer l'évolution des niveaux de bruit dans l'espace par le principe des courbes isophoniques.

Les cartes de la première catégorie ne permettent pas de montrer les valeurs différenciées à l'intérieur des zones représentées (voir Annexe 3.1). C'est donc une valeur moyenne estimative qui est indiquée pour chaque zone. Ce mode de représentation, s'il ne permet pas de montrer les niveaux de bruit différenciés devant chaque façade de bâtiment, présente cependant l'avantage de montrer clairement ses

faiblesses. Il donne des valeurs indicatives globales qui doivent être vérifiées pour chaque cas particulier.

Les cartes "isophoniques" donnent les contours "exacts" des surfaces à l'intérieur desquelles les niveaux sonores sont conscrits entre deux valeurs (par exemple tous les 3 ou 5 dB). Calculées avec précision, elles permettent de montrer, à une altitude donnée, les plages de niveaux de bruit devant chaque partie de bâtiment (voir Annexe 3.2 et 3.3). Aucune méthode de calcul n'étant cependant fiable à 100%, il faut toutefois prendre ces résultats avec précautions. De plus, nombre de ces cartes sont réalisées à des échelles trop grandes (voir Annexe 3.4) et/ou ne prennent pas en compte les atténuations et réflexions dues aux configurations géographiques et aux constructions existantes (bâtiments, murs antibruit, etc. ; voir Annexe 3.5). Les contours des zones de niveaux de bruit différenciées sont donc parfois très approximatifs voir franchement inexacts. Ces cartes risquent alors fortement d'induire en erreur par l'indication de "frontières sonores" là où elles ne sont pas forcément.

3.1.4. Les cartes 3D

Les développements des logiciels de prévision des niveaux des bruits permettent actuellement à certains de ceux-ci, sur la base de données tridimensionnelles (topographie, sources, bâtiments, etc.), de calculer (plus ou moins précisément selon le logiciel) les niveaux de bruit en n'importe quel point de l'espace.

Si la plupart de ces logiciels proposent un mode de représentation cartographique des résultats sous forme de plan (courbes isophoniques à l'altitude désirée), certains de ceux-ci, offrent également la possibilité d'indiquer les valeurs sur les façades des bâtiments (coupes), ou même selon une visualisation tridimensionnelle (perspective), avec choix du point de vue en rotation et zoom.

Pour des raisons de taille de fichier et de temps de calculs, aucun de ces logiciels ne permet cependant à ce jour de visualiser en perspective, sur un simple PC, les variations de niveaux (courbes isophoniques) sur l'ensemble du territoire d'une ville (par exemple à une altitude de 2m) et sur toutes les façades des bâtiments. Cependant ce ne sont là que des problèmes techniques qui devraient pouvoir être rapidement résolus dans les années qui viennent, grâce en particulier aux progrès annoncés dans le domaine de l'informatique (calculs plus rapides et mémoire supplémentaire).

A titre d'exemple, nous pouvons citer le logiciel MITHRA développé au CSTB de Grenoble et logiciel IMMI commercialisé par Wölfel (voir Annexe 4). Ces deux systèmes permettent en effet de calculer et de représenter les niveaux de bruit en fonction de l'élévation, selon divers degrés de précision et modes de représentation

3.1.5. Les cartes animées

Ce que nous nommons ici "cartes animées" sont celles qui évoluent selon les variations des niveaux de bruit en fonction du temps qui passe. Les seuls exemples que nous connaissons à ce jour sont les cartes réalisées à partir de mesures effectuées en continu en différents points. Elles permettent de montrer, par une animation, les variations de niveaux mesurées aux différents emplacements des microphones. La plupart du temps, leur finalité n'est cependant pas la carte elle-même. Elles ne sont qu'un outil intermédiaire pour une application plus spécifique.

Pour illustrer ces cartes, prenons l'exemple de celle mises au point par l'aéroport de Genève⁶³. Le but est de déterminer le niveau de bruit de chaque avion au décollage et à l'atterrissage, de manière à facturer aux différentes compagnies les taxes d'aéroport fixées en fonction du bruit émis, ainsi que pour valider les estimations faites par calcul et renseigner en cas de plaintes. Quatorze microphones sont placés sur les toits de différents bâtiments et les résultats de ces mesures sont transmis en continu à un logiciel centralisé qui effectue la corrélation entre les valeurs mesurées et les avions présents dans le ciel. Pour visualiser les résultats de ces mesures, une carte a été mise au point qui permet, à tout moment, de lire les niveaux mesurés aux emplacements des microphones. Le stockage des données permet en outre, après coup, de rechercher les niveaux mesurés en différents lieux à un moment précis.

Si des cartes de ce type peuvent s'avérer utiles dans certains cas particuliers, elles ne paraissent pas envisageables pour la gestion des niveaux sonore d'une ville. Le nombre de microphones devrait en effet être beaucoup trop grand et le stockage et l'analyse des données serait problématique.

Cependant, si l'on utilise un système de détermination des niveaux de bruit basé sur le calcul estimatif (par exemple un logiciel de prévision des niveaux sonores de la circulation automobile), on s'aperçoit qu'il est possible d'effectuer des cartes différentes pour chaque moment différencié de la journée en fonction de données "temporelles" (par exemple comptage des véhicules heure par heure). Par succession de cartes périodiques (interpolées dans le temps pour le passage de l'une à l'autre), des animations pourraient donc être réalisées. Il serait alors possible de visualiser les variations des niveaux de bruit non seulement dans l'espace (2D ou 3D), mais également dans le temps. Ces variations temporelles pourraient être exprimées soit par des moyennes effectuées sur des périodes au choix, soit par des successions de périodes, soit par des animations continues en temps réel, accéléré ou ralenti.

⁶³ Système MIABA mis en place dès le début des années septantes (Cf. site Internet www.gva.ch). Signalons toutefois que cet exemple n'est pas unique, mais de plus en plus généralement utilisé par la plupart des grands aéroports (Paris, Lyon, Zürich, etc.).

3.2. Les méthodes d'évaluation

Comme nous l'avons déjà vu ci-dessus, les cartes de bruit ne diffèrent pas uniquement par leurs modes de représentation, mais également par leurs modes de détermination des niveaux de bruit. Ceux-ci peuvent en effet être estimés de différentes manières :

- par des mesures,
- par des calculs estimatifs,
- par une combinaison des deux.

Or le choix du mode d'évaluation influence directement le contenu, la forme, la précision et l'efficacité des cartes de bruit.

3.2.1. Les mesures

Le moyen le plus simple et le plus sûr pour connaître un niveau de bruit en un lieu et à un moment particulier est d'aller le mesurer sur place au moyen d'un sonomètre. Certaines municipalités ont donc adopté ce principe pour la réalisation de leurs cartes sonores. Il s'agit de mesurer, en différents points de la ville, les niveaux de bruit en différentes périodes, puis de les reporter sur une carte.

Les niveaux mesurés

L'unité de mesure généralement retenue est le décibel pondéré A, noté dB(A). Les mesures effectuées s'intéressent principalement aux niveaux équivalents (L_{eq}), indices de gêne retenus pour la normalisation. Il arrive cependant fréquemment que d'autres mesures soient également prises en compte, tels que les niveaux maximums (L_{max}), les niveaux minimums (L_{min}) et les analyses statistiques (L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{99} , etc.). Cependant, quel que soit le type de mesures envisagé, le sonomètre effectue son calcul sur la base de tous les sons entrant dans son microphone pendant la durée de la mesure. C'est donc l'ensemble des bruits présents qui est mesuré, et non pas chaque source sonore individuellement. Si, comme c'est souvent le cas, on ne s'intéresse qu'à un type de source sonore (par exemple le bruit de la circulation), il est alors nécessaire de s'assurer qu'aucun bruit parasite (pluie, vent, cris, chantier, etc.) ne vienne perturber la mesure, ce qui n'est pas toujours possible, en particulier sur une longue durée.

Les emplacements de la mesure

Les emplacements des points de mesures sont déterminés de différentes manières en fonction du choix des informations à communiquer et du mode de représentation souhaité.

Si le désir est de rendre compte des situations ponctuelles les plus gênantes (les plus bruyantes ou dont les affectations sont particulièrement sensibles au bruit : hôpitaux, écoles, logements, etc.), les mesures doivent être réalisées aux points où les niveaux de bruit sont les plus élevés devant chaque affectation (par exemple la fenêtre la plus exposée).

Si, au contraire, le but est de connaître la valeur moyenne sur une ligne ou une surface considérée, les mesures doivent être réalisées aux points les plus représentatifs possibles de la moyenne de l'espace considéré. Cependant, bien que l'expérience permette à l'acousticien de repérer approximativement les emplacements les plus bruyants ou correspondant à une moyenne, il n'est jamais possible d'être certain du choix du meilleur emplacement.

Lors de la conception d'une carte à points par la mesure, nous obtenons donc des valeurs très précises pour chaque point représenté, mais la question de la pertinence des emplacements choisis reste toujours posée. D'autre part, lors de la réalisation, toujours par la mesure, d'une carte des niveaux équivalents le long d'une ligne ou sur une zone urbaine, il est très difficile d'assurer le passage de la discontinuité des points mesurés à la continuité des lignes et zones cartographiées.

Les moments de la mesure

Selon les besoins (type d'analyse souhaitée), moyens (matériel et temps à disposition) et possibilités in-situ (bruits parasites), la durée de ces mesures peut donc être variable. Nous trouvons le plus souvent :

- des mesures effectuées sur de longues périodes (plusieurs journées)
- des mesures sur une journée (24 h.)
- des mesures sur les périodes diurnes et nocturnes de la normalisation
- des mesures sur des périodes choisies (par exemple journée, soirée, nuit)
- des mesures de courte durée (de 15 minutes à 1 heure)

La nécessité même d'un moment de la mesure impose une validité limitée de celle-ci dans le temps. Une mesure sur 24 h. ne peut en effet pas être directement comparée à une autre effectuée sur 15 minutes. De plus, une mesure effectuée à une certaine date peut s'avérer très différente quelques temps plus tard, la situation ayant changé.

Lors de la réalisation d'une cartographie établie sur la base de mesures, il est donc nécessaire d'une part de s'assurer que les périodes prises en compte soient compatibles les unes avec les autres, et d'autre part d'effectuer de nouvelles mesures chaque fois que la situation change (moments différenciés dans la journée, la semaine, etc., changements urbanistiques tels que nouveau plan de circulation, démolition ou construction, etc.).

En conclusion, nous pouvons dire que si la mesure est le seul moyen de connaître exactement les niveaux de bruit globaux, en un lieu précis et à un moment donné, elle ne permet que très difficilement la détermination des niveaux de bruit partiels (une seule source sonore), la délimitation des variations spatiales et le suivi des variations temporelles.

3.2.2. Les calculs prévisionnels

Dans toute l'Europe, la mise en place des réglementations acoustiques destinées au contrôle des nuisances sonores environnementales a poussé les acousticiens à développer des modèles de prévision des niveaux de bruit soumis à la normalisation (bruits routiers, ferroviaires, de l'industrie, des tirs, etc.). Ces modèles permettent d'évaluer les niveaux sonores dus à ces différentes sources de bruit par des calculs estimatifs, eux-mêmes généralement normalisés en fonction des réglementations de chaque pays.

Parallèlement les développements de l'informatique ont permis de concevoir, sur la base de ces modèles de calculs, de nombreux logiciels susceptibles d'estimer la propagation de ces bruits dans l'espace et de représenter la distribution spatiale de leurs niveaux sur une carte. De nombreuses municipalités ont donc eu recours à certains de ces logiciels ou ont créé leur propre système pour établir leurs cartes de bruit.

Les niveaux calculés

Si tous ces logiciels sont conçus pour estimer et représenter des niveaux de bruit normalisés (généralement L_{eq} en dB(A)), ils comportent chacun leurs propres caractéristiques spécifiques. Leurs méthodes d'évaluation diffèrent selon les réglementations en vigueur et les degrés de prise en compte des phénomènes acoustiques. Cependant, pour effectuer leurs calculs, ils s'appuient tous sur des données de base que nous pouvons classer en trois grandes familles :

- *les données relatives aux caractéristiques des sources* : types, niveaux de puissance (ou trafics, vitesses, pentes, etc. pour circulation), moments et durées d'émission, etc.
- *les données relatives aux configurations spatiales* : topographie, cadre bâti, situations des émissions et des réceptions, matériaux, etc.
- *les données relatives aux conditions de propagation* : atténuations distances, effets de sols, écrans, réflexions, diffractions, climatologie, etc.

Plus le logiciel cherchera à être proche de la réalité, plus il nécessitera de données pour effectuer ses opérations. Or le relevé de ces données constitue une des tâches importantes lors de la réalisation d'un cadastre du bruit au moyen de calculs prévisionnels. Il est en effet indispensable de les introduire de manière exacte et exhaustive sur l'ensemble du secteur étudié.

Certains de ces logiciels utilisent donc des méthodes de calcul très simplifiées ne nécessitant que peu d'information. Les résultats obtenus sont généralement corrects pour des situations types, mais souvent très loin de la réalité dans des configurations complexes. D'autres logiciels, beaucoup plus pointus, permettent de garantir des résultats plus fiables. Cependant, quel que soit le niveau d'approfondissement de l'analyse et les modes de calculs utilisés (le plus souvent la projection de rayons), ce ne sont toujours que des modèles approximatifs, et en aucun cas des reproductions à l'identique de la réalité. Le degré de précision des résultats dépend donc de la complexité du modèle utilisé, sans jamais pouvoir en garantir l'exactitude.

Les emplacements des estimations

Cette méthode comporte cependant de nombreux avantages, en particulier en ce qui concerne la délimitation des variations spatiales et le suivi des variations temporelles.

En effet, une fois les données introduites, l'utilisation d'un modèle de calcul ou d'un logiciel de prévision permet de calculer les variations de niveaux de bruit en n'importe quel lieu soit :

- en différents points précis de l'espace (par exemple au centre d'une fenêtre protégée par un balcon), comme c'est le cas pour la mesure,
- le long de lignes de réception (par exemple devant les façades des bâtiments exposés aux bruits, à une altitude donnée),
- sur une surface considérée (par exemple courbes isophoniques à une altitude donnée ou contre une façade de bâtiment),
- sur l'ensemble de l'espace tridimensionnel habité (par exemple au sol et contre les façades des bâtiments).

Les moments de l'estimation

Par ailleurs, l'introduction de données temporelles (moments et durées des émissions) dans certains logiciels permet de calculer les niveaux de bruit différenciés selon plusieurs périodes. Si la plupart des systèmes ne sont conçus que pour les périodes jour et nuit normalisées, certains permettent d'estimer les variations heure par heure et/ou selon le jour de la semaine, la période de l'année, etc.

La faculté des logiciels à estimer les niveaux de bruit par le calcul en fonction de donnée de base modifiables selon le moment (source, espace, matériaux, etc.) offre également un potentiel de simulation. Pour connaître les niveaux de bruit d'une situation imaginaire ou projetée, il suffit en effet de changer les données (par exemple modification du nombre de véhicules, suppression ou ajout d'un bâtiment, remplacement de certains matériaux, etc.) et de relancer le calcul. Il est ainsi possible de tester toutes sortes d'interventions avant réalisation afin de choisir les meilleures options.

En conclusion, nous pouvons dire que les méthodes d'évaluation basées sur des logiciels de prévision permettent d'estimer les niveaux de bruit partiels normalisés (issus uniquement des sources sonores prises en compte) en tous points de l'espace et pour toute période considérée. Elles offrent également la possibilité de prévoir, par la simulation, l'évolution des niveaux de bruit en fonction d'éventuelles modifications. Cependant, les méthodes de calculs employées, même si elles sont parfois très évoluées, ne permettent jamais de garantir l'exactitude des résultats (méconnaissance des niveaux de puissance exacts à la source, simplification des configurations spatiales, négligences de certains phénomènes de propagation, etc.).

3.2.3. Les méthodes mixtes (mesures et calculs)

Afin de garantir une certaine exactitude des résultats tout en permettant la délimitation des variations spatiales et le suivi des variations temporelles, les méthodes mixtes associent la mesure et le calcul. Les niveaux de bruit estimés par le calcul au moyen de logiciels de simulation sont ainsi comparés à ceux obtenus par des mesures réalisées in-situ en différents points caractéristiques.

Cette double approche, cumulant les avantages des deux méthodes de détermination des niveaux de bruit, est souvent choisie par les municipalités pour la réalisation de leurs cartes de bruit. Toutefois, la manière dont sont utilisées chacune des deux méthodes peut varier considérablement d'une situation à l'autre. Dans certains cas, le modèle de calcul utilisé étant relativement fiable, les mesures ne servent qu'à vérifier la précision des résultats et à envisager diverses adaptations permettant de proposer des correctifs pour certaines situations particulières où le modèle s'avère imprécis.

Dans d'autres cas, la méthode de calcul envisagée étant très simplifiée (négligence de certains phénomènes acoustiques ou approximation des données), le modèle ne permet d'obtenir des résultats fiables que pour certaines configurations types et la mesure s'avère indispensable pour la détermination des niveaux de bruit des espaces plus particuliers. La proportion d'investissement dans l'une ou l'autre des méthodes dépend donc de la complexité du modèle utilisé. Plus celui-ci prendra de paramètres en compte, plus il nécessitera l'introduction de données précises et moins il demandera de mesures de vérification. Inversement, plus il sera simplifié, moins il demandera de données mais plus il nécessitera de mesures complémentaires.

En outre l'utilisation simultanée de la mesure et du calcul impose une compatibilité des résultats. C'est-à-dire que pour pouvoir comparer les valeurs obtenues par l'une ou l'autre des méthodes, il est indispensable qu'elles se rapportent toutes deux aux mêmes situations : même lieu, même durée et période d'analyse, mêmes sources sonores prises en compte, etc. Le respect scrupuleux de ces conditions de similitude est le seul moyen de vérifier correctement la fiabilité et les limites du modèle de prévision utilisé. Or comme nous l'avons vu précédemment les mesures prennent en compte tous les sons entrant dans le microphone alors que les calculs ne prennent que les sources introduites dans une base de données. La comparaison est donc souvent difficile. Toutefois, une fois le modèle de calcul validé et ses limites définies, il est possible d'effectuer toutes sortes de calculs prévisionnels (autres situations spatiales, plages temporelles différentes, données sources ou géographiques modifiées, etc.) tout en garantissant, grâce aux mesures de vérification effectuées, une certaine fiabilité des résultats dans les limites du modèle utilisé.

En conclusion, nous pouvons dire que si ces méthodes mixtes imposent une double approche parfois difficile ou coûteuse à mettre en œuvre, elles sont le seul moyen de permettre l'estimation des variations spatiales et temporelles, ainsi que la simulation (calcul prévisionnel), tout en s'assurant de la précision et des limites des résultats (mesures). La difficile comparaison entre les niveaux mesurés et estimés par le calcul montre cependant les limites et les faiblesses du système.

3.3. Les informations transmises et leurs usages

Si nous avons vu que les cartes de bruit peuvent être établies en fonction de méthodes d'évaluation et de modes de représentation divers, elles diffèrent encore par les informations qu'elles véhiculent.

En effet, bien que la grande majorité de ces cartes cherche tout d'abord à établir un "cadastre" du bruit, et donc à représenter la répartition spatiale des niveaux sonores sur une ou plusieurs périodes déterminées, certains de leurs buts peuvent être relativement différents en fonction des désirs et besoins spécifiques des commanditaires. Les niveaux de bruit représentés ne se rapportent par exemple pas toujours aux mêmes phénomènes sonores. Ils ne sont pas forcément traités de la même manière, et surtout, ils sont parfois mis en relation avec d'autres caractéristiques permettant diverses analyses croisées. Les questions que ces cartes suscitent, et donc les usages que l'on peut en faire, ne sont donc pas toujours les mêmes. Ils dépendent des informations à la disposition du "lecteur".

Nous allons tenter ci-après de montrer comment le choix de ces informations - parfois influencé par celui de la forme ou de la méthode utilisée - peut agir sur le questionnement ou l'usage que l'on peut faire de la carte. Il ne s'agit pas de présenter exhaustivement toutes les infinies variables qui peuvent exister d'une carte à l'autre, mais plutôt de mettre en évidence, par quelques exemples caractéristiques, certaines des principales interrelations repérées entre les informations contenues dans les cartes de bruit et les potentialités d'usages de celles-ci.

3.3.1. Les sources sonores

Si toutes les cartes de bruit représentent des niveaux de bruit, ceux-ci peuvent s'appliquer à différentes sources sonores. Il existe en effet :

- des cartes s'intéressant uniquement à une activité spécifique (niveaux de la circulation automobile, du trafic ferroviaire ou aérien, des bruits de l'industrie ou des tirs, etc.),
- des cartes s'intéressant au cumul de plusieurs activités spécifiques (par exemple niveaux des circulations automobile et ferroviaire),
- des cartes s'intéressant à l'ensemble des sources sonores présentes sur le site (niveaux globaux).

Comme nous l'avons vu précédemment, la méthode d'évaluation envisagée favorise le choix de l'une ou l'autre de ces cartes. Les mesures sont plus adaptées à la détermination des niveaux globaux, alors que les calculs prévisionnels et les méthodes

mixtes facilitent l'évaluation des niveaux de bruit par activités (cumulées ou non)⁶⁴. Lors de la réalisation d'une carte de bruit, le choix des sources sonores prises en compte (niveaux partiels, partiels cumulés ou globaux) dépend donc souvent de celui de la méthode de détermination envisagée. Or, le contenu intrinsèque de ces cartes n'est pas le même. Elles ne disent pas la même chose et ne sont donc pas destinées aux mêmes usages.

Les sources sonores uniques

Les cartes de niveaux partiels permettent l'analyse détaillée de l'impact sonore de l'activité considérée (le plus souvent la circulation automobile). Elles servent principalement à vérifier la conformité des exigences légales (dépassements de la norme) et à rechercher (parfois par la simulation) des possibilités défensives d'amélioration en vue de respecter ces exigences (limitation des sources, murs antibruit, etc.).

Les sources sonores multiples

Les cartes de niveaux cumulés indiquent la somme énergétique du bruit produit par deux ou plusieurs activités. Cependant, ces niveaux n'étant la plupart du temps pas normalisés, ces cartes ne sont souvent qu'indicatives. Elles rendent compte de l'impact général des activités prises en compte, mais ne permettent ni de connaître le niveau global (toutes activités confondues), ni de montrer les influences différenciées de chaque activité. Elles ne sont donc que rarement réalisées seules, mais presque toujours en complément d'analyses par activité. En effet, lors de l'utilisation d'un modèle de calcul prévisionnel, certains systèmes permettent de cartographier non seulement les niveaux différenciés de chaque activité prise en considération, mais également le cumul de tout ou partie de ces activités. Ces cartes de niveaux cumulés s'avèrent alors très utiles pour vérifier la pertinence des dispositions défensives envisagées pour chaque source sonore, en fonction des autres sources en présence. On peut ainsi par exemple se demander s'il est opportun de prévoir un mur antibruit le long d'une autoroute alors que la source de gêne principale pour les riverains est due à une voie de chemin de fer, non protégée par le mur en question et pour laquelle aucune disposition n'est envisagée.

⁶⁴ De nombreuses activités ou événements sonores n'étant pas prévisibles et donc pas calculables, il est impossible d'estimer les niveaux globaux par le calcul. Les méthodes mixtes, comparant des résultats mesurés et estimés, ne peuvent de ce fait que s'intéresser aux niveaux partiels (calculables). Les mesures effectuées dans ce cas sont donc sélectives (évitant les bruits parasites non issus des sources prises en compte par le calcul) et ne rendent pas compte de la situation véritablement globale.

L'ensemble des sources sonores

Les cartes de niveaux globaux (issues généralement de mesures brutes, sans tri des événements sonores) indiquent les niveaux de l'ensemble des sons présents sur le site, qu'ils soient soumis ou non à réglementation. Ces cartes permettent de montrer la situation globale au plus proche de la réalité, mais ne permettent pas de vérifier précisément les exigences normatives par activité. Par ailleurs, l'absence d'information concernant les sources principales des nuisances rend les choix d'intervention difficiles. Il n'est en effet pas toujours aisé de prévoir des solutions défensives sans connaître exactement les causes principales des niveaux de bruit mesurés (sont-ils plutôt dus à la circulation automobile, aux tramways, à des travaux, à certaines activités humaines, etc.). Ces cartes ont cependant le mérite de montrer clairement les espaces les plus bruyants et les plus calmes (toutes sources confondues). Elles permettent ainsi de fixer des priorités d'intervention et de revenir plus précisément sur l'analyse détaillée de chaque "point noir" repéré.

La difficile comparaison des cartes de sources sonores différenciées

Si nous avons vu que les cartes de bruit ne représentent pas toujours les mêmes niveaux sonores, elles peuvent toutes être réalisées indifféremment selon l'un ou l'autre des modes de représentation définis précédemment (points, lignes, zones, 3D, animation). Il est donc possible de trouver des cartes d'aspect relativement similaire qui contiennent des informations différentes. Or, si cette similitude peut tenter la comparaison, il faut se garder de le faire trop rapidement. Les niveaux de bruit représentés ne se rapportent pas toujours aux mêmes phénomènes sonores et sont souvent estimés différemment. Ils ne sont donc la plupart du temps pas comparables d'une carte à l'autre.

Ainsi on peut par exemple constater que sur les deux cartes à points proposées en annexe, l'une est établie sur la base de mesures et prend donc en compte l'ensemble des sons présents (Annexe 1.1) alors que l'autre est réalisée sur la base de calculs estimatifs et ne tient compte que du bruit de la circulation (Annexe 1.2).

Cette même constatation peut être faite pour les cartes à lignes (carte Annexe 2.1, réalisée par mesures et carte Annexe 2.2, effectuées par calculs estimatifs), ainsi que pour les cartes à zones et les cartes 3D (Annexes 3 et 4).

Toutes ces cartes peuvent en effet prendre en compte des sources différentes (circulation, trafic aérien, ensemble des sources, etc.), selon plusieurs modes d'analyse (mesures, calculs, photos aériennes, méthodes mixtes), et en tenant plus ou moins compte des effets d'écran, des réflexions des diffractions, des atténuations de sol, etc.

3.3.2. Le traitement des niveaux

Outre les multiples différences que nous avons déjà repérées entre les cartes de bruit existantes, celles-ci divergent encore par la manière dont elles traitent des niveaux.

Le degré de précision

En effet, si quelques exemples cartographiques rendent compte des niveaux exacts mesurés ou estimés en différents points de l'espace, la plupart des cartes représentent des plages de niveaux de bruit à l'intérieur desquelles les niveaux peuvent varier entre un minimum et un maximum déterminé. Or, selon les cartographies, ces plages de niveaux de bruit peuvent être plus ou moins précises. Elles sont le plus souvent calquées sur les réglementations en vigueur (en général plages de 5 dB), mais sont parfois plus larges (par exemple plages de 10 dB) ou plus détaillées (par exemple plages de 3 dB).

Le degré de précision des résultats transmis est donc différent et les usages que l'on peut en faire aussi. Plus ces plages seront petites, plus les résultats seront précis (à condition qu'ils soient justes), et plus elles seront grandes, plus la lecture sera facile et la carte mémorisable (moins de zones différenciées). En outre, seules les cartes dont les plages de niveaux de bruit correspondent à celles des exigences en vigueur permettent de vérifier facilement le respect de celles-ci.

La représentation des niveaux

Par ailleurs, la lisibilité des informations dépend également des modes de représentation choisis pour exprimer ces plages de niveaux de bruit. Les systèmes utilisant des codes graphiques ordonnés (niveaux de gris et tailles) permettent la visualisation instantanée des différences de niveaux, alors que les cartes utilisant des codes graphiques non ordonnés (couleurs ou trames différenciées, etc.) ne permettent que le repérage géographique de chaque plage de niveau de bruit, individuellement, sans montrer leur hiérarchisation (voir Figure 9)

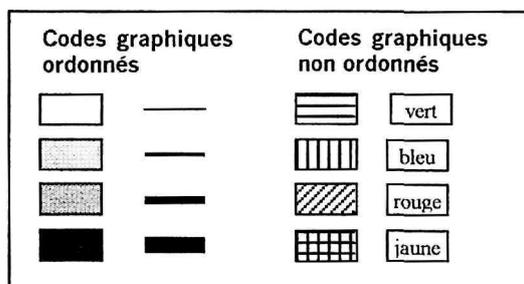


Figure 9

La représentation des niveaux de bruit par des codes graphiques ordonnés (quelques exemples de codes ordonnés et non ordonnés)

Les cartes les plus lisibles sont donc celles qui utilisent des codes graphiques ordonnés. Malheureusement, la plupart des cartes utilisent des variables de couleurs, et bien que celles-ci soient souvent organisées selon la répartition de l'arc-en-ciel, elles ne permettent pas véritablement la hiérarchisation visuelle des niveaux sur la carte.

Les niveaux différentiels

Quelques cartes s'intéressent non pas aux niveaux de bruit en un moment déterminé, mais aux différences de niveaux de bruit entre deux situations temporelles (voir Annexe 5). Il ne s'agit plus alors d'établir un cadastre du bruit, mais de montrer sur la carte les améliorations ou aggravations dues à une intervention ou à un changement de contexte (écran acoustique, réduction du trafic, etc.).

Certains logiciels permettent de réaliser automatiquement ces cartes sur la base des niveaux estimés en différentes circonstances. Avec le même système cartographique, il est ainsi possible soit de visualiser les cadastres de bruit pour chaque situation, soit d'en montrer les différences. Ces systèmes permettent alors le double usage : connaissances des niveaux, connaissances des améliorations et péjorations.

3.3.3. Les indications complémentaires

Certains systèmes cartographiques ne se limitent pas à la représentation des niveaux de bruit, mais les mettent en relation avec certaines caractéristiques spatiales ou sociales (affectations, nombre d'étage, de logements, d'habitants, etc.). Nous n'allons pas passer en revue ici toutes les informations complémentaires qui peuvent être liées à des cartes de bruit. Celles-ci peuvent en effet être très variées en fonction des besoins spécifiques des commanditaires. Sur la base de deux exemples, nous allons simplement montrer en quoi l'ajout de ces informations peut enrichir l'usage que l'on peut faire de ces cartes.

Tout d'abord il y a les cartes qui, en plus du cadastre du bruit sur l'espace géographique, rendent compte visuellement de certaines caractéristiques particulières, liées à diverses problématiques de la gestion des niveaux de bruit. Le cadastre de bruit de la ville de Genève indique par exemple, en plus des niveaux de bruit, le nombre d'étages des bâtiments, ainsi que l'affectation principale de ces étages (voir Annexe 6.1). Les valeurs limites à respecter devant les fenêtres des bâtiments étant en Suisse différentes en fonction des affectations (logement, bureau, commerce, etc.), ces indications permettent de vérifier les dépassements des exigences par étage, en fonction des affectations.

Ensuite, il y a les indications complémentaires répertoriées sous forme de bases de données et permettant d'opérer toutes sortes d'analyses statistiques complémentaires, représentées sous forme de tableaux ou de graphiques. La ville d'Amsterdam s'est par exemple dotée d'un système lui permettant de déterminer le nombre de logements exposés et la longueur des rues par classe de niveaux de bruit du trafic. Il est ainsi possible de visualiser l'incidence de dispositions préventives sur le nombre de logements concernés, ainsi que les longueurs de rue à traiter par classe de niveau de bruit (voir Annexe 6.2).

Enfin, l'utilisation d'un SIG, grâce à son système de base de données spatialisées et informatisées, permet de traiter de nombreuses informations complémentaires et d'effectuer toutes sortes de requêtes ou d'analyses statistiques dont les résultats peuvent être communiqués selon un mode de représentation cartographique.

Comme nous pouvons le constater, l'ajout d'informations complémentaires au cadastre du bruit peut permettre de répondre à de nombreuses interrogations liées à diverses problématiques particulières. La carte ne sert alors plus uniquement de support pour la représentation des niveaux de bruit, mais aussi d'outil d'analyses spécifiques. Elle est alors à même de proposer plusieurs questionnements différents, et donc de multiplier les usages.

3.4. Les apports et les limites des cartes de bruit

Il existe ainsi une multitude de cartes de bruit différentes. Elles varient en fonction du choix des modes de représentation, des méthodes d'évaluation et des informations transmises. Les modes de représentation déterminent la précision des répartitions spatiales et temporelles des niveaux de bruit sur la carte (points, lignes zones, 3D, animations). Les méthodes d'évaluation influencent la justesse des résultats en fonction des niveaux recherchés (précision des mesures et/ou calculs). Et les informations transmises définissent les usages possibles de la carte (simple cadastre de bruit de niveaux partiels, cumulés ou globaux, indication de niveaux différentiels, mise en relation avec d'autres caractéristiques, etc.).

Il n'existe donc pas un modèle de carte de bruit unique et systématiquement utilisé, mais différentes cartes réalisées en fonction d'objectifs différenciés⁶⁵ et comportant chacune leurs avantages et leurs inconvénients. Elles peuvent rendre compte de sources sonore différentes et les niveaux de bruit peuvent être estimés et représentés de manière plus ou moins précise et détaillée en fonction des moyens mis à disposition.

Les niveaux de bruit indiqués ne sont donc bien souvent pas comparables d'une carte à l'autre. Ils sont chaque fois destinés à un usage spécifique et ne doivent être utilisés que dans les limites de leurs champs d'application⁶⁶. Cependant, les objectifs de ces cartes ne sont pas toujours précisément définis et/ou leurs champs d'application ne sont souvent pas clairement indiqués. Il s'ensuit un certain flou quant au contenu et aux usages possibles de ces cartes et leurs utilisateurs peuvent parfois mal les interpréter, les utiliser à mauvais escient, voir même leur faire dire ce pour quoi elles ne sont pas faites. Les cartes de bruit ne sont donc pas si empreintes d'objectivité que l'on veut généralement le croire. En effet, si elles indiquent toutes des valeurs quantitatives chiffrées, les niveaux de bruit qu'elles représentent ne se rapportent pas toujours à la même réalité. Pour utiliser correctement n'importe quelle carte de bruit, il est donc nécessaire de bien se renseigner sur son contenu exact, afin de l'interpréter convenablement (quels sont les niveaux pris en compte, comment sont-ils déterminés, comment sont établies les répartitions spatiales et temporelles, etc. ?).

⁶⁵ Tels que par exemple le respect des exigences normatives (bruits de la circulation automobile, du trafic ferroviaire, aérien, des bruits industriels, de tirs, etc.), la détermination des niveaux globaux, la répartition spatiale précise d'un événement isolé, l'influence d'un dispositif de protection, etc.

⁶⁶ Une carte des niveaux globaux mesurés sur 24 h. ne permet par exemple pas la vérification précise du respect des exigences normatives relatives aux bruits de la circulation automobile (durée non conforme et sources "parasites" incluses dans la mesure).

Bien réalisées et correctement utilisées, la plupart de ces cartes s'avèrent cependant de très bons outils de diagnostic, par exemple pour la vérification du respect des exigences légales. Certaines, de par leurs possibilités de simulation, facilitent également l'aide à la décision concernant la mise en place de stratégies défensives (installation de murs antibruit, mise en place de déviations, etc.).

De plus, afin de palier aux inconvénients cités ci-dessus, la Commission Européenne, dans le cadre de l'élaboration des directives sur le bruit dans l'environnement, étudie actuellement la possibilité d'harmoniser les méthodes de calcul et de mesure pour l'évaluation, la cartographie, la planification et la réduction du bruit⁶⁷. Cette démarche devrait permettre à terme de proposer des modes cartographiques types dont les valeurs, comparables d'une ville à l'autre, correspondront à des niveaux normalisés européens.

Cependant, les niveaux de bruit n'étant pas les seuls facteurs représentatifs de l'environnement sonore, la seule application des normes n'engendre pas forcément le confort. Comme le soulignait déjà Martine Leroux en 1996⁶⁸, ces cartes, qui ne s'intéressent qu'à l'intensité du bruit, sont généralement jugées insuffisantes par la plupart de leurs utilisateurs pour appréhender et gérer la dimension sonore dans toute sa complexité. Si elles s'avèrent utiles pour l'instruction des demandes de permis de construire et l'établissement de plans de circulation en fonction des réglementations en vigueur, elles n'offrent guère d'intérêt ni pour le traitement des plaintes et la sensibilisation du public (bien qu'elles soient souvent considérées comme un outil de communication), ni pour une véritable politique de gestion du monde sonore.

C'est pourquoi, aujourd'hui, de nouvelles perspectives de recherche mènent l'aménageur urbain à prendre en compte des données qualitatives permettant de mieux appréhender la relation des habitants à leur environnement sonore.

⁶⁷ CIDB : *Généralités*, Cahier Acoustique et Technique n° 15 : Actualités, CIDB, Paris, pp.64-65

⁶⁸ LEROUX Martine : *Enquête auprès des municipalités sur la cartographie sonore*, ML consultant, Paris, 1996, p. 49

4. LES CARTES SONORES QUALITATIVES

Les recherches de ces dix dernières années sur le sonore - et en particulier les travaux du CRESSON - ont permis le développement de nouvelles approches analytiques et l'apparition de critères de qualité sonore relevant aussi bien de l'acoustique que des sciences humaines. Bien que l'on commence seulement à envisager l'utilisation de ces théories pour la cartographie sonore qualitative, quelques rares cartes représentatives de certaines qualités sonores ont cependant déjà été réalisées. Si aucune ne permet de traiter les ambiances sonores dans toute leur complexité, chacune permet d'aborder un aspect spécifique de la qualité ou du vécu sonore. Nous allons les présenter ci-après et tenter d'en démontrer les principaux avantages et inconvénients.

4.1. Les cartes de densité de population gênée

Les premières cartes que nous voulons montrer ici ne sont pas véritablement des cartes qualitatives. Ce sont des cartes qui montrent, sur la base d'estimations de niveaux de bruit, le pourcentage de population gênée.

Depuis déjà plus de vingt ans, différentes études ont en effet tenté, par le biais d'enquêtes de population, de mettre en relation les niveaux de bruit avec la gêne ressentie. Ces cartes reprennent donc les résultats de ces études et montrent, sur la base des niveaux de bruit et du nombre d'habitants, la densité de population théoriquement gênée (voir Annexe 7).

Ces cartes sont généralement utilisées pour déterminer des priorités d'intervention lorsque les niveaux de bruit dépassent les exigences légales en de trop nombreux espaces pour pouvoir tous être traités. Elles peuvent également servir à vérifier la pertinence d'un aménagement (mur antibruit, réduction de circulation, nouveau bâtiment, etc.) non plus uniquement en termes de niveaux de bruit, mais en nombre de personnes pour lesquelles la situation sera notablement améliorée.

Malheureusement la notion de gêne n'est pas si simple à établir. Elle ne dépend pas uniquement du niveau de bruit, mais également du sens des sons perçus, de la signification qu'ils revêtent pour chaque écoutant. S'il est en effet exact que dans le cas d'une source sonore plus ou moins neutre, sans signification particulière et sans écarts temporels et fréquentiels trop marqués (tel que par exemple le bruit d'une circulation automobile continue), il est possible d'établir un lien entre un niveau sonore et le pourcentage de personnes gênées, ceci n'est plus possible dès que l'on s'intéresse à l'ensemble de l'environnement sonore. Les seuils de gêne mis en évidence par ces types d'études sont par exemple déjà très différents selon que l'on prend en compte les bruits des circulations automobiles, ferroviaires ou aériennes.

Une étude récente, menée par Henk Miedema⁶⁹ à l'échelle internationale et prenant en compte les résultats des principaux travaux précédents, indique par exemple, pour un même niveau sonore équivalent, des pourcentages de population fortement gênée pouvant aller du simple au quadruple selon que l'on considère les bruits routiers, ferroviaires (généralement moins souvent perçus comme gênants pour un même Leq) ou aériens (généralement plus souvent perçus comme gênants pour un même Leq). De plus, ces indications ne sont valables qu'au-dessus d'un certain seuil de niveau de bruit (env. 60 dB(A)). En effet, comme le souligne Jean-Marie Rapin du CSTB de Grenoble : *"Lorsque le niveau sonore est faible, il n'y a plus d'effet direct tel que l'interférence avec la communication orale et la gêne attribuée au bruit devient essentiellement liée à la signification symbolique qui est sans relation avec le niveau Leq"*⁷⁰.

On s'aperçoit donc que ces cartes de gêne ne sont valables que lorsque les niveaux de la source sonore prise en compte pour l'évaluation du degré de gêne (par exemple la circulation automobile) sont suffisamment élevés pour masquer l'influence des autres sons. Lorsque les sources perçues sont différentes ou multiples, le pourcentage de personnes gênées peut considérablement varier indépendamment du niveau sonore. Qui n'a par exemple jamais été séduit par le très fort bruit du ressac, fortement gêné par un bruit de faible niveau mais qui heurte sa sensibilité, inspiré ou dérangé par l'harmonie ou la cacophonie d'un paysage sonore, etc. ?

La question de la gêne, appliquée à l'ensemble de l'environnement sonore ne peut donc pas être abordée sans tenir compte des qualités des sons perçus et des significations qu'ils véhiculent. Comme le démontre Yves Chalas dans son ouvrage sur l'imaginaire sonore politique, les gestionnaires urbains, ayant constatés que *"...le vécu ne marche pas au pas de la mesure"*, soulignent désormais que *"...les bruits ne sont pas seulement des faits quantitatifs, mais aussi des faits sémantiques, c'est-à-dire pleins de significations de tous ordres, sociales, existentielles, culturelles, identitaires, communicationnelles, etc."*⁷¹.

Il est donc maintenant généralement admis que les cartes de gêne, pour dépasser le stade de la gestion des circulations, doivent nécessairement inclure des données qualitatives et en particulier des informations sur le sens ou la signification des sons perçus.

⁶⁹ MIEDEMA Henk : *Exposure-response relationships for transportation noise*, J.Acoust. Soc. Am. 104(6), 1998, pp. 3432-3445

⁷⁰ RAPIN Jean-Marie, QUESSEVEUR Erwan et al. : *Systèmes d'Information Géographique et Acoustique Urbaine*, convention INGUL n° 9802 CD 058 CSTB, Université Joseph Fourier, Grenoble, 1999, p.8

⁷¹ CHALAS Yves : *L'imaginaire sonore politique, Analyse des représentations de l'environnement sonore dans la gestion urbaine de lutte contre le bruit*, CRESSON, Grenoble, 1998, p. 56

4.2. Une cartographie d'espaces sonores qualifiés

Afin de dépasser la notion de lutte contre le bruit, une étude menée par Alain Léobon et Jean Sapaly⁷² a cherché à cartographier l'environnement sonore non pas à partir de la mesure, mais en fonction de la nature des sons repérés.

Sur la base d'enregistrements sonores effectués en différents lieux stratégiques du site étudié (le quartier Graslin à Nantes), ce travail s'est appliqué à décomposer les séquences sonores en un assemblage d'objets élémentaires (appelés sonatomes et sonoscènes) classés dans un premier temps en six groupes de sons différenciés, puis regroupés en trois sources distinctes :

- **la source Activité Mécanique [AM]**, qui révèle les bruits de moteur, de circulation automobile, les bruits de transports et les bruits de travaux,
- **la source Animation [A]**, qui rend compte des bruits liés aux activités quotidiennes des individus, aux actes qui ne relèvent pas de la simple fonction de passage, ainsi que des messages sonores très interpellants tels que les signaux sonores, les animations musicales, les conversations intelligibles, etc.,
- **la source Présence [P]**, qui englobe les simples indices de passages humains (pas, voix, etc.) les bruits d'animaux et de la nature, ainsi que le bruit de fond (quantifiant indirectement les notions de calme et de faux silence).

Par le comptage des "items" se rapportant à l'un ou l'autre des trois types de sources ci-dessus, un système de classification triangulaire (nommé triangle d'équilibre sonore) permet de situer les séquences sonores analysées en fonction des trois pôles principaux : [AM], [A] et [P].

Pour la cartographie proprement dite (voir Annexe 8), le triangle d'équilibre est ensuite décomposé en dix sous-groupes représentant chacun, par des couleurs distinctes, un type d'espace sonore qualitatif :

- **Les espaces sonores piétons, paysagers ou résidentiels**
- Les espaces sonores paysagers sur fond sonore circulé
- Les espaces sonores mixtes à dominante humaine
- Les espaces sonores mixtes à dominante humaine et relativement animés
- **Les espaces sonores très animés**
- Les espaces sonores mixtes "piétons et circulés"
- Les espaces sonores mixtes et animés
- Les espaces sonores mixtes à dominante circulée
- Les espaces sonores mixtes à dominante circulée avec animation
- **Les espaces sonores très circulés**

⁷² LEOBON Alain, SAPALY Jean et al. : *Identité sonore et qualité de vie en centre-ville, Les ambiances sonores du quartier Graslin (Nantes)*, Université de Paris VI, URA 879 du CNRS, Villepreux, 1994, 124 p.

Cette étude a été la première à véritablement proposer une cartographie qualitative de l'environnement sonore. Son très intéressant système de codification graphique (le triangle d'équilibre sonore) a l'avantage de donner des informations relativement complexes avec un "langage" simple, et de visualiser rapidement certains aspects de la dimension qualitative d'un site. Nous pouvons cependant nous questionner sur la pertinence et les performances des critères pris en compte.

En effet, alors que cette carte se dit révélatrice de l'identité et des ambiances sonores du quartier, elle ne traite que des types de sons repérés (le connu) sans s'intéresser à la dimension perceptive (le vécu et le sensible). Or comme nous l'avons vu précédemment, ce n'est que par une conjonction de ces trois notions que l'on peut appréhender le monde sonore dans toute sa complexité. Il s'agit donc plutôt d'une typologie d'environnements sonores différenciés ou d'une carte d'espaces sonores qualifiés, comme nous l'avons indiqué en titre.

D'un point de vue graphique, ce système ne manque pas d'intérêt. La répartition triangulaire permet en effet de bien montrer les variations entre les trois pôles retenus et par conséquent, comme l'indiquent les auteurs de la recherche, de fournir "*... un bon indicateur des usages de l'espace urbain phonographié*", qualifié par "*... le rapport de force entre les indices sonores qui signent les fonctions de passage piéton, de passage de véhicule et les fonctions d'existence des espaces de loisirs et de vie commerciale*"⁷³. Il est ainsi proposé au lecteur d'imaginer les usages et les types de sons qu'il sera susceptible de rencontrer en tel ou tel lieu, en fonction de l'analyse des relations entre les différents espaces sonores cartographiés.

On peut cependant regretter que le découpage choisi (Animation, Présence, Activité Mécanique) ne permette pas de séparer (sous l'appellation Présence) les sons humains de ceux de la nature et des bruits résiduels (bruits de fond). D'autre part, la manière dont les sons humains sont répartis entre les notions de Présence et d'Animation ne paraît pas toujours très claire⁷⁴. La variable Présence/Animation est donc difficile à interpréter. Une trilogie des sons mécaniques, humains (toutes sources confondues) et naturels (intégrant éventuellement les notions de calme et de silence), n'aurait-elle pas été plus facilement compréhensible ?

⁷³ LEOBON Alain, SAPALY Jean et al. : *op. cit.*, 1994, p. 43

⁷⁴ Pourquoi, comme cela paraît être le cas au vu des différents objets sonores classés sous Présence humaine et Activité humaine (LEOBON Alain, SAPALY Jean et al. : *op. cit.*, 1994, Dossier n°4), seuls les indices d'activités humaines (portes, cloches, musiques, marteaux, etc.) sont associés au type Animation et tous les autres sons directement humains (voix, pas, etc.) sont regroupés sous la notion de Présence ? Les cris des enfants qui jouent dans une cour de récréation ou les bruits de pas et de voix des passants dans une rue très commerciale ou sur une terrasse de café ne créent-ils pas d'animation ?

Quoi qu'il en soit, le regroupement de tous les objets sonores en trois catégories de sources est par nature réducteur et ne permet ni de montrer précisément toutes les fines variations entre les espaces sonores, ni de mettre en évidence toutes les richesses de certains espaces particuliers. Comme le remarquent les auteurs de cette recherche : *"Une proposition d'intégration des microévénements sonores dans la représentation cartographique semble nécessaire à ce stade de l'étude"*⁷⁵.

Cette constatation paraît cependant être le lot de toute démarche typologique. En effet, chaque fois que l'on s'applique à regrouper des informations selon une classification (quelle qu'elle soit), on perd certains aspects de l'information primaire. Mais parallèlement, on permet l'émergence de certaines caractéristiques révélatrices, susceptibles de répondre précisément à une question donnée.

De ce fait, le choix typologique proposé pour la carte ci-dessus permet de répondre à la question du rapport entre les trois pôles proposés, mais néglige obligatoirement de nombreux autres aspects de la dimension sonore qualitative. Comme toute carte typologique, elle n'est donc que l'une des réponses possibles et ne peut pas à elle seule répondre à toutes les interrogations sur le sonore.

Sans nier l'aspect novateur et l'intérêt de cette démarche, il nous faut donc admettre que cette carte est encore loin de rendre véritablement compte des multiples qualités sonores d'un environnement ou d'un espace urbain. Elle constitue malgré tout un premier outil digne d'attention pour avancer vers une représentation plus détaillées des qualités sonores.

⁷⁵ LEOBON Alain, SAPALY Jean et al. : *op. cit.*, 1994, p. 78

4.3. Une cartographie des perceptions et représentations habitantes

Une autre très intéressante approche cartographique de la dimension sonore qualitative est celle de Frédéric Roulier⁷⁶. Partant du principe que l'espace sonore n'est pas directement superposable avec l'espace géographique (discrétion), ce chercheur propose un Système d'Information Géographique (SIG) permettant de mettre en évidence certaines des relations que peuvent avoir les individus avec l'espace sonore urbain. Il représente donc sur ses cartes non plus des niveaux, des signaux ou des espaces sonores, mais des perceptions et des représentations habitantes localisées.

Fondant son travail sur la base d'une dialectique privé/public, il différencie deux types de relations à l'espace sonore :

- la gêne due au bruit dans l'espace privé,
- la représentation mentale de l'espace sonore public.

Pour repérer ces gênes et ces images mentales, il a mené une enquête sur questionnaire auprès de la population de plusieurs quartiers de la ville d'Angers, afin de collecter les deux premières impressions qui revêtent pour l'interviewé la plus grande importance. Cette enquête est principalement composée de questions ouvertes de façon à la rendre la moins directive possible. Elle a été menée à grande échelle et ne comporte pas moins de 1038 réponses réparties sur un large échantillonnage de population représentatif. Par recoupement des résultats, l'auteur opère alors une approche quantitative destinée, selon la loi du plus grand nombre, "*...à évaluer les spécificités du "local" par rapport au "global" en employant un "langage" standardisé : les tableaux de chiffres et les cartes*"⁷⁷.

Nous n'allons pas présenter ici l'ensemble du questionnaire (plus de 100 questions) ni la manière dont les questions ouvertes sont recodées dans la base de données informatique.

⁷⁶ ROULIER Frédéric : *Le milieu sonore d'Angers, Essai d'une géographie du bruit*, Thèse de doctorat géographie sociale n°405, Université d'Angers Département de géographie, CARTA - UMR 6590 ESO, Angers, 1998, 434 p.

⁷⁷ ROULIER Frédéric : *op. cit.*, 1998, p. 109

Sachons seulement que ces questions se répartissent en quatre chapitres différents :

- les informations générales (numéro et lieu d'enquête, enquêteur, etc.),
- l'identité du répondant (âge, sexe, situation professionnelle, etc.),
- le vécu sonore des habitants (représentation de l'espace sonore public et gêne due au bruit dans l'espace privé),
- les représentations et les pratiques de l'espace concernant l'espace privé (le logement), l'espace public proche (le quartier), l'espace public lointain (la ville),
- quelques représentations sociales de certains "producteurs ou contextes sonores" (avis sur la densité de population, le nombre d'automobiles, les chiens en ville, etc.).

Par l'analyse et le croisement des réponses aux questions les plus pertinentes et exploitables, il propose alors diverses cartes représentatives de certaines perceptions et représentations habitantes. Ces cartes, toujours selon la logique privé/public sont de deux types distincts :

- les cartes de gêne, dont les informations (ayant trait aux perceptions dans l'espace privé) sont localisées sur les lieux d'habitation ou, plus exactement, sur des regroupements d'îlots INSEE nommés agrégats (voir Annexes 9.1 et 9.2),
- les cartes d'images mentales, dont les informations (ayant trait aux représentations mentales de l'espace sonore public) sont localisées sur les lieux dont on parle, au moyen d'un carroyage de 100m de côté (voir Annexes 9.3 et 9.4).

Nous n'avons montré ici que certaines des cartes, issues des questions principales du questionnaire. Il est toutefois nécessaire de signaler que de nombreuses autres cartes, issues de questions secondaires ou de mises en relation entre différentes questions mettent en évidence d'autres caractéristiques tels que :

Pour les cartes de gêne :

- la sensibilité et la tolérance aux différents types de bruits,
- les taux de plaintes et de conflits,
- les mesures prises contre le bruit,
- etc.

Pour les cartes d'images mentales :

- les espaces sonores calmes ou bruyants,
- les espaces sonores où l'on entend des sons de la nature, des activités humaines ou de la circulation,
- etc.

Par ailleurs, par le croisement de données multiples (propre à l'utilisation d'un SIG), chacune de ces cartes thématiques peut encore être différenciée en fonction de caractéristiques particulières des habitants mises en évidence par d'autres questions de l'enquête. Des analyses multi-critères - intégrant certaines données relatives aux identités, aux pratiques de l'espace et aux représentations sociales des habitants - ont par exemple permis de réaliser des cartes d'images mentales différenciées :

- selon l'âge du répondant,
- selon le lieu d'habitation du répondant,
- selon le degré de gêne du répondant,
- etc.

Nous n'allons pas discuter ici la pertinence et l'utilité de toutes ces cartes. Remarquons simplement que chacune d'elles permet de répondre à une question spécifique, correspondant soit à une question du questionnaire (par exemple : souffrez-vous du bruit dans votre logement ?), soit à une conjonction de plusieurs questions (par exemple souffrez-vous du bruit dans votre logement et si oui avez-vous déjà formulé une plainte ?, pour quel type de bruit ?, etc.). Chaque carte permet donc de spatialiser le pourcentage de réponses similaires à une ou plusieurs questions posées, et par conséquent de mettre en évidence certaines différences d'actions, de perceptions et de représentations mentales des habitants, selon les dispositions spatiales (lieux d'émission pour les sons publics et lieux d'immission pour les sons privés).

Cette démarche, basée non plus sur les faits sonores connus, mais sur le vécu sonore des habitants, aborde donc bien, comme le dit son auteur, la notion de milieu sonore. Cependant, cette notion qu'il définit comme "*...l'ensemble des rapports matériels et abstraits entre une société de référence et un environnement sonore*"⁷⁸, est très vaste et très complexe. Elle intègre les deux approches différenciées de milieu et de paysage sonore définies par P. Amphoux (cf. Introduction § 2.1.1.4), et traite par conséquent de l'ensemble des perceptions ou représentations sensibles et esthétiques des individus, autrement dit, de "*...l'ensemble des rapports société/environnement*"⁷⁸.

On peut donc s'interroger sur les limites du questionnaire proposé qui, s'il permet effectivement de mettre en évidence certaines gênes et représentations mentales des habitants, est encore loin d'aborder l'ensemble des rapports entre les individus et leur environnement sonore.

⁷⁸ ROULIER Frédéric : *op. cit.*, 1998, p. 57

L'utilisation même d'un questionnaire impose de n'obtenir des informations que sur ce que l'on cherche, et que l'on suppose intéressant. Or, lorsque l'on traite des perceptions et des représentations sensibles des individus, toute information peut s'avérer intéressante. Il est donc difficile de connaître par avance celles qui s'avéreront les plus pertinentes pour caractériser certains types de relation à l'environnement sonore.

Par ailleurs, l'intérêt de cette démarche ne paraît pas résider uniquement dans la connaissance des perceptions différenciées des individus, mais également dans les relations entre ces perceptions et les situations sonores objectivables. C'est en effet cette relation qui permet la différenciation entre ce qu'il y a, et ce que cela suggère. Ce n'est que par elle que l'on peut savoir si une impression habitante (par exemple espace sonore bruyant) dépend directement de l'environnement sonore (par exemple niveau de bruit) ou si elle prend d'autres éléments en compte, tels que par exemple le type de sons ou la dichotomie entre ce que l'on attend du lieu considéré et ce que l'on y entend effectivement.

Cette nouvelle approche, même si l'on peut discuter de la méthode d'analyse proposée (enquête sur questionnaire) et des *a priori* qu'elle suppose, est donc très intéressante puisqu'elle permet pour la première fois de cartographier des perceptions et des représentations habitantes. Cependant, pour en tirer tout le bénéfice, il paraît utile de croiser ces données vécues et sensibles avec des informations sur l'environnement sonore connu afin d'en révéler les divergences et par conséquent de comprendre comment et pourquoi certains lieux sont jugés de telle ou telle manière. A quoi correspondent les lieux jugés calmes ou bruyants ? Pourquoi tel ou tel type de bruit suscite plus de gêne dans tel ou tel quartier, etc.

4.4. La nécessaire évolution des cartes qualitatives

Comme nous avons pu le constater, les premières tentatives de cartes sonores qualitatives s'avèrent très intéressantes mais ne peuvent pas être considérées comme des solutions définitives. Elles ne traitent en effet chacune que de quelques aspects de la dimension sonore et il n'est pas certain que ceux-ci soient les plus opérants pour la connaissance et la gestion de l'espace sonore.

D'ailleurs, comme nous l'avons mentionné en hypothèse, il ne peut certainement pas exister de carte solution, permettant de répondre à toutes les interrogations sur le sonore. En effet, lorsque nous considérons le nombre d'années nécessaires à l'élaboration des cartes de bruit (qui n'offrent d'ailleurs toujours pas une solution unique et définitive, valable dans tous les cas), comment pourrions-nous espérer trouver du premier coup une solution pour une carte intégrant les multiples aspects de la dimension sonore qualitative ?

Avant de se fixer sur des solutions, il paraît donc nécessaire de continuer à explorer le champ de la cartographie sonore qualitative, afin de proposer de nouvelles approches susceptibles d'aborder d'autres aspects de la qualité sonore. Nous pensons en effet que, comme ce fut le cas pour les cartes de bruit, ce n'est que par tâtonnements successifs que nous pourrions trouver un maximum de possibilités à même de faire évoluer la cartographie sonore qualitative.

5. CONCLUSION DE L'ETAT DE LA RECHERCHE

A l'issue de ce premier chapitre, plusieurs constats s'imposent.

Premièrement, les cartes de bruit (existant depuis plus de soixante ans) ont fait l'objet de nombreuses recherches et donné lieu à de multiples résultats différents, tant en ce qui concerne leurs modes de représentation que leurs méthodes d'évaluation. Chacune comporte donc ses avantages et ses inconvénients qui sont actuellement connus. A l'heure où l'on cherche à uniformiser les réglementations au niveau européen (cf. chapitre 1 § 3.4), il est donc possible de choisir en connaissance de cause le système que l'on jugera le plus adapté.

En ce qui concerne l'approche qualitative, le problème est tout autre. En effet, ces cartes n'en sont encore qu'à leurs premiers pas et ne savent toujours pas ni ce qu'elles doivent vraiment représenter, ni comment elles doivent le faire. En outre, si la plupart des enquêtes montrent la nécessité d'intégrer la notion de qualité sur la carte, personne ne sait encore précisément quelles sont les utilisations exactes que l'on pourra en faire.

S'agit-il de gérer les plaintes, de conserver ou de créer un patrimoine identitaire, de préserver les lieux calmes, vivants ou naturels, de situer les lieux confortables ou gênants et en fonction de quels critères, etc. ?

Pour répondre à ces questions, il faudrait s'interroger sur les usages possibles de ces cartes. Mais cette question n'est-elle pas prématurée ? N'est-il pas d'abord souhaitable de chercher à voir tout ce que l'on pourrait représenter sur une carte et comment, afin de voir ensuite quels peuvent être les usages possibles ? C'est en tout cas la principale démarche que nous avons retenue pour ce travail lorsque nous nous sommes penchés sur la question des conditions de faisabilité d'une carte sonore qualitative (cf. Introduction § 3).

Mais alors, si nous excluons dans un premier temps la question de l'usage précis des cartes, comment pouvons-nous résoudre le problème du choix du *support*, du *réfèrent spatial* et des *usagers*, susceptible d'influencer la fonction médiatrice de la carte (cf. chapitre 1 § 2.3) ? En ce qui nous concerne, nous envisageons tout simplement de proposer plusieurs solutions cartographiques sur différents supports choisis (papier et écran d'ordinateur), en fonction de référents spatiaux préétablis (en l'occurrence le quartier), et en imaginant des usagers potentiels (les aménageurs urbains).

Il s'agit alors non pas de fixer un objectif de médiation clairement définis, mais de chercher à voir ce qu'il est possible de montrer sur une carte, en fonction des différentes approches sonores qualitatives envisagées (cf. Introduction § 2.1), des principales règles de la sémiologie graphique (cf. chapitre 1 § 2.4), des atouts de l'informatisation des cartes (cf. chapitre 1 § 2.5) et des besoins présumés des aménageurs urbains.

Cette démarche fait l'objet des deux chapitres suivants, qui cherchent chacun de nouvelles manières d'aborder la qualité sonore sur une carte. Nous verrons ultérieurement (cf. chapitre 4 § 3.1) comment il serait ensuite possible de tester et d'améliorer les conditions de médiation et les usages possibles de ces cartes.

CHAPITRE 2

UNE CARTOGRAPHIE DES QUALITES SONORES ENVIRONNEMENTALES SUR SUPPORT PAPIER

Ce chapitre présente notre premier essai de carte sonore qualitative, réalisée sur le quartier du Garet, à Lyon, 1^{er} arrondissement. S'inspirant des critères de qualité sonore définis par Pascal Amphoux, il propose des modes de représentation permettant de les visualiser sur une carte papier, tout en les mettant en relation avec les variations temporelles du fond sonore de la circulation automobile.

1. INTRODUCTION

1.1. Orientation de la recherche

Comme nous l'avons constaté à l'issue de notre chapitre précédent, nous pensons que pour permettre l'évolution de la cartographie sonore qualitative, il est dans un premier temps nécessaire de tenter de nouvelles approches susceptibles d'aborder différents aspects de la dimension sonore qualitative.

Dans ce sens, la première démarche que nous envisageons s'intéresse uniquement à la dimension connue du monde sonore et cherche à voir comment il est possible de représenter des faits et caractéristiques *objectivables, mesurables et maîtrisables* de l'environnement sonore sur un simple support cartographique papier.

1.2. Objectifs et hypothèses spécifiques

Pour la réalisation de cette carte, notre objectif ne se limite pas à tenter de représenter des qualités sonores sur la carte, mais cherche également à les mettre en relation avec les niveaux de bruit de la circulation. En effet, dans la plupart des environnements sonores urbains actuels, le bruit de la circulation constitue un fond omniprésent. Celui-ci peut être plus ou moins intense ou continu, mais il agit dans tous les cas sur la qualité sonore de l'espace. Faible, il permet l'écoute d'autres sources sonores et facilite ainsi la perception d'éléments qualitatifs. Fort, il masque les autres sons et impose une monotonie qui peut générer un sentiment d'inconfort. Discontinu, il modifie constamment le rapport entre la figure et le fond, masquant ou laissant émerger d'autres éléments sonores.

Par ailleurs, cette carte étant en principe destinée aux aménageurs urbains, il nous paraît également intéressant d'y faire figurer les indications normatives. En effet, le respect des exigences légales étant le seul aspect qu'ils doivent obligatoirement prendre en compte s'ils veulent obtenir une autorisation de construire, c'est souvent leur préoccupation principale.

Enfin, il est impossible d'envisager la représentation de faits ou de caractéristiques sonores sans se poser la question du rapport entre la forme construite et l'espace sonore.

Hypothèses méthodologiques

Notre première hypothèse est qu'il faut privilégier le travail sur les principaux éléments graphiques à mettre en place pour représenter les qualités sonores d'un site sur un support en deux dimensions.

Il s'agira alors de voir ce qu'on peut indiquer sur la carte en plus des niveaux de bruit des véhicules pour aborder la dimension qualitative et comment on peut coder graphiquement ces différentes informations.

Notre seconde hypothèse est qu'il est possible de représenter certains aspects des variations temporelles du fond sonore de la circulation automobile sur une carte fixe (support papier).

Il s'agira alors de chercher un mode de représentation susceptible de rendre compte de ces variations temporelles.

Notre troisième hypothèse consiste à dire qu'il est possible de représenter l'ensemble des informations retenues sur un même support cartographique, de manière à les mettre en relation les unes avec les autres, notamment en ce qui concerne l'incidence du bruit routier sur les qualités sonores existantes ou potentielles d'un site urbain.

Sur la base des modes de représentation envisagés, il s'agira alors de proposer un système cartographique à même de regrouper l'ensemble des informations et de montrer certaines des relations qui s'établissent entre les phénomènes sonores situés.

Pour mener à bien cette démarche, ce travail est réalisé en trois étapes successives.

La première cherche à mettre en place de manière théorique un système cartographique adapté à nos hypothèses (cf. § 2). La deuxième propose une application du système envisagé sur un site donné (cf. § 3). Et la troisième montre, sur la base des cartes réalisées, les différentes possibilités de lecture offertes par ces cartes (cf. § 4).

2. LA RECHERCHE D'UN SYSTEME CARTOGRAPHIQUE

Comme nous venons de le voir, il s'agit de déterminer des codes graphiques permettant d'inventer une sémiologie propre à répondre à nos hypothèses. Pour ce faire, nous allons dans un premier temps chercher diverses possibilités de représentation signalétique des éléments retenus. Ensuite, sur la base de ces propositions, nous tenterons de mettre au point un système cartographique global adapté aux principaux problèmes posés par la représentation graphique du son et respectant dans la mesure du possible les principales règles de la graphique énoncée au chapitre 1.

2.1. Une signalétique des critères retenus

Comme nous l'avons vu en introduction, les principaux éléments retenus, pour notre première tentative de représentation d'un environnement sonore qualitatif, sont le rapport forme/espace, la norme, le bruit de la circulation automobile, et les caractéristiques sonores qualitatives. Nous allons donc, en fonction de ces choix, tenter de proposer, pour chacun d'eux-ci, une codification graphique appropriée.

2.1.1. Le rapport forme/espace (échelle, altitude, dessin)

Pour une cartographie d'un environnement sonore, l'espace représenté doit correspondre à celui auxquels sont attribués les caractéristiques sonores. Le degré de définition de l'espace doit donc correspondre à celui de l'analyse sonore effectuée.

Si l'on travaille au niveau d'un bâtiment, il est possible d'étudier la situation sonore pour chaque espace différencié (façades, arrière-cours, renforcements, etc.). Chacun de ceux-ci doit par conséquent être représenté. Si, au contraire, on étudie la situation sonore globale d'une ville, il n'est pas possible de différencier chaque espace et la lecture doit se faire à l'échelle de chaque zone étudiée. L'indication des détails des dispositions spatiales sur le fond de plan n'est alors pas conseillée. Il est en effet possible que, sur une zone considérée, un espace ne corresponde pas à la définition sonore globale. L'indication détaillée de cet espace risque alors d'induire le lecteur en erreur. La forme que l'on doit donner à l'espace dépend donc de l'échelle du site étudié.

Afin de pouvoir proposer un réel cadastre de l'environnement sonore qualitatif d'une ville, la carte recherchée devrait pouvoir recouvrir l'ensemble de son territoire. Cependant, celle-ci étant adressée aux aménageurs urbains, et notamment aux architectes, il est également nécessaire de pouvoir donner des informations relativement précises devant chaque bâtiment.

Dans le cadre de ce cette première démarche exploratoire, l'échelle choisie est celle du 1/1000ème. Celle-ci permet en effet d'envisager, pour l'ensemble d'une ville, une série de cartes d'assez petites dimensions, tout en donnant des informations relativement détaillées sur l'environnement sonore de chaque rue.

Par ailleurs, le choix de cette échelle ne permet pas d'étudier la situation sonore de tous les espaces du site (intérieurs, extérieurs, haut, bas). Il est en effet difficile d'accéder à l'ensemble des espaces privés (appartements, bureaux, commerces, cours privées etc.) sans envisager de nombreuses démarches préalables. De plus, il est également malaisé de repérer, depuis les espaces publics, les variations sonores en fonction de l'altitude (nacelle élévatrice, échelle, perche de mesure). Cette étude se limite donc à la représentation des espaces publics au sol (rues, passages couverts et arrière cours accessibles).

Par conséquent, la représentation formelle de l'espace correspondra au simple contour des espaces privés par rapport aux espaces publics, au rez-de-chaussée, et sans indication de l'élévation. Les détails des dispositions spatiales à l'intérieur des espaces privés (îlots fermés, bâtiments, etc.) ne seront donc pas représentés.

2.1.2. La norme (quels aspects, et comment ?)

L'un des éléments que nous avons retenus pour notre carte est l'indication des exigences légales. Les normes en vigueur (multiples et diverses) traitent principalement des degrés d'isolation acoustique (aux bruits aériens et solidiens) entre les différents locaux d'un bâtiment ainsi qu'entre l'intérieur et l'extérieur. La carte envisagée se limitant à la représentation des espaces publics extérieurs, il n'est prévu d'indiquer que les exigences normatives en relation avec cet environnement extérieur.

Ce qui intéresse particulièrement les aménageurs, ce ne sont cependant pas les exigences elles-mêmes, mais les conséquences de celles-ci sur les dispositions spatiales et constructives. Il est donc envisagé de représenter sur la carte les principaux renseignements susceptibles d'informer les aménageurs urbains sur les conséquences architecturales des niveaux de bruit normalisés, mesurés ou estimés, dans les rues (indices d'isolation des façades, nécessité de double peau ou de ventilation mécanique, etc.).

A l'époque où cette première étude a été envisagée, ces conséquences dépendaient, en France, d'une réglementation qui faisait l'objet d'une complète modification. Il a par conséquent été impossible d'en tenir compte de manière exacte. Nous savions toutefois qu'elle projetait de fixer l'isolation acoustique minimale admissible des façades des bâtiments en fonction de niveaux Leq en dB(A), estimés ou mesurés sur place, à 2m. devant les façades. Selon les indications de Jean-Marie Rapin, du CSTB de Grenoble, nous savions également que l'indice d'isolation minimum pour les façades de toute habitation serait en principe de 30 dB, et qu'il serait augmenté dès que le niveau extérieur atteindrait $Leq \geq 65$ dB(A) de jour et $Leq \geq 60$ dB(A) la nuit.

En l'absence d'informations légales définitives, nous avons donc décidé de nous contenter d'indiquer, sur notre plan, les façades où le niveau de bruit risque de dépasser les exigences, et pour lesquelles il sera certainement nécessaire de prévoir une isolation acoustique particulière. Nous avons donc prévu de repérer celles-ci (mesures sur place) et de les indiquer sur le plan par un épaississement de la bordure des bâtiments concernés. Une amélioration de la démarche pourrait cependant facilement être envisagée, maintenant que les exigences précises sont connues (par exemple par la variation de la teinte ou de l'épaisseur du trait en fonction du niveau d'exigence).

Par ailleurs, ces exigences variant entre le jour et la nuit, il peut paraître intéressant de les reporter différemment selon ces deux périodes temporelles (par exemple sur deux cartes séparées). Ce double renseignement n'est cependant pas nécessaire à l'aménageur. La solution constructive qu'il lui faudra proposer devra en effet de toute manière respecter l'indice d'isolation nécessaire pour la période (jour ou nuit) qui impose la contrainte la plus élevée. Afin d'éviter cette double lecture inutile, et qui risque en outre de l'induire en erreur, nous proposons d'indiquer sur la carte uniquement les conséquences des exigences de la période déterminante, ceci quelle que soit la période représentée sur le plan.

2.1.3. Le bruit de la circulation automobile

Il s'agit ici de proposer un système de représentation des niveaux de bruit de la circulation automobile qui permette de rendre compte de son influence sur les faits et critères sonores qualitatifs qui seront retenus. Dans ce but, nous proposons de chercher un système de trame qui puisse rendre compte, par analogie visuel/sonore, de l'effet de masque⁷⁹ de ceux-ci.

⁷⁹ AUGOYARD Jean-François, TORGUE Henry et al. : *Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, Marseille, 1995, pp. 78-85

Ces niveaux de bruit ne sont cependant pas stables. Ils varient à chaque instant, et ne masquent par conséquent pas les autres faits sonores de la même manière suivant le temps. Afin de rendre compte de cette discontinuité, nous proposons de chercher un moyen de montrer les variations temporelles des niveaux de bruit routier sur la trame.

Pour fonctionner comme masque sur d'autres éléments cartographiés, celle-ci doit être "ajourée" (hachures ou trames à points), de manière à laisser transparaître les informations qu'elle recouvre. Un système de trame monochrome dont le pourcentage de gris correspond aux niveaux acoustiques mesurés est envisagé.

Pour ce faire, nous proposons de nous inspirer d'un des systèmes graphiques qui permet de représenter les niveaux sonores en fonction du temps : l'histogramme. Il nous est en effet apparu possible de retranscrire les résultats de mesures acoustiques réalisées pour dessiner un histogramme sous forme de trame.

Les différentes plages de niveaux de bruit (par ex. par pas de 5dB(A)) peuvent être représentées par différentes trames dont l'intensité visuelle augmente en fonction du niveau de bruit. Pour représenter le temps, on peut, sur une longueur déterminée correspondant à la durée totale des mesures (longueur du module), représenter chacune de ces trames sur une longueur correspondant au temps durant lequel la plage de niveau de bruit qu'elle représente est atteinte.

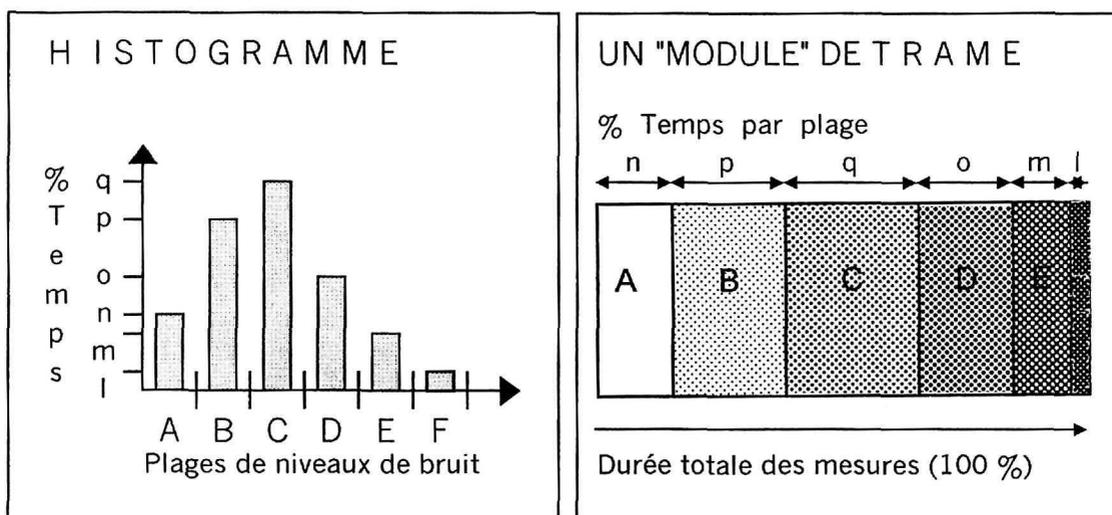


Figure 10

Transformation des histogrammes de mesure en trames "temporelles"

A à F	= Degré d'intensité de la trame en pourcentage de gris	= plages de niveaux de bruit en dB(A)
l à q	= Longueur de chaque trame en mm.	= durées proportionnelles pourcentages de temps durant lesquels les plages de niveaux de bruit sont atteintes
100%	= Longueur du module par exemple 10mm	= durée totale des mesures 100 % du temps

Ce système de trame utilise (comme un graphique) une des dimensions du plan pour représenter la temporalité. Or sur la carte, les deux dimensions du plan représentent les variations spatiales. Avec le report sur une carte d'une trame de ce type, on risque donc, à la lecture, de confondre les variations de niveaux dues au temps, et celles dues à l'espace. Il est donc important de démarquer clairement, sur le plan, les différentes zones à l'intérieur desquelles la situation ne varie pas en fonction de la spatialité, mais uniquement de la temporalité.

Pour diminuer encore ce risque de malentendu, il faut réduire au minimum la longueur du "module" de trame correspondant à l'histogramme (durée totale des mesures) et répéter ce "module" de manière à remplir l'espace.

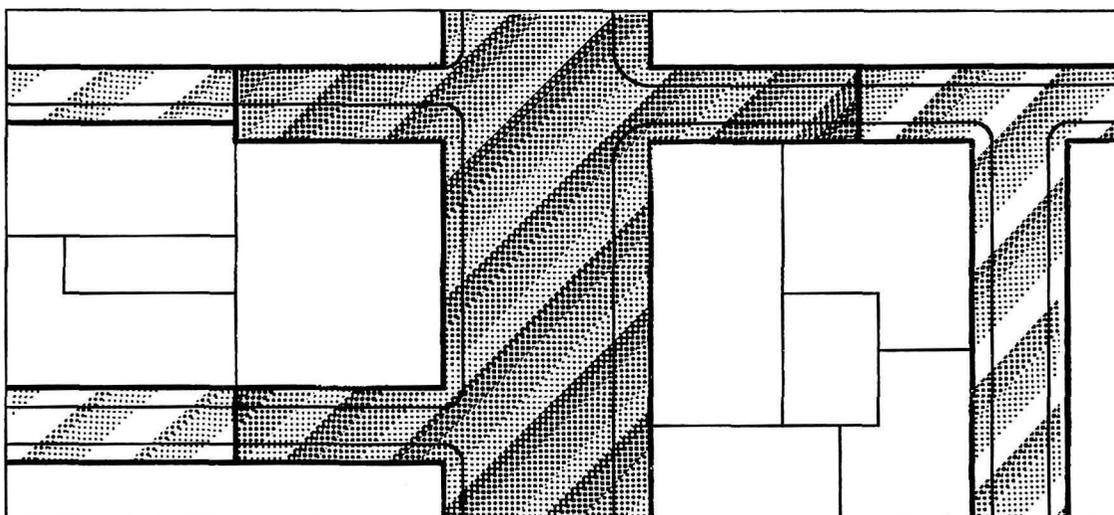
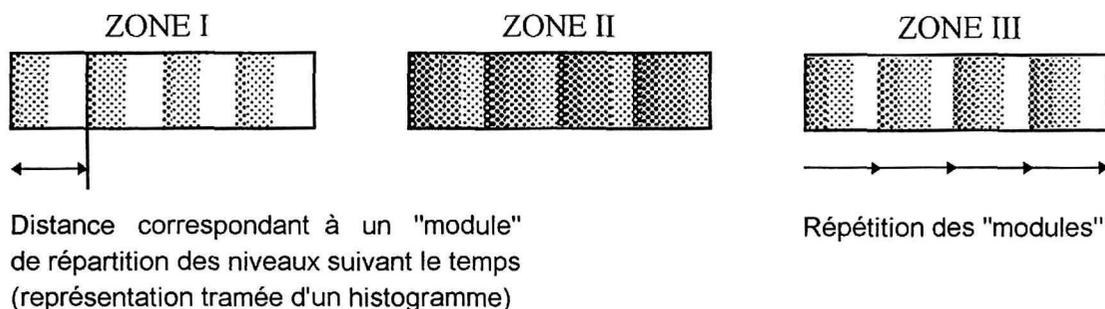


Figure 11
Répartition des trames "temporelles" sur le plan



Ce mode de présentation permet plusieurs niveaux de lecture :

- *la différenciation, d'un seul coup d'œil, des zones plus ou moins bruyantes* : plus l'ensemble est foncé, plus il y a de bruit
- *la visualisation du caractère continu ou discontinu du bruit des véhicules* : une trame quasi unie indique un niveau relativement constant selon le temps, alors qu'une trame très contrastée montre que les niveaux peuvent être très divers suivant le moment
- *le repérage du potentiel de pause* : on repère facilement sur ces trames s'il existe des moments où la situation est calme, et en quelle proportion (taille des espaces blancs ou très clairs)
- *la lecture détaillée des résultats des mesures acoustiques* : les plages de niveaux de bruit correspondant aux différents pourcentages de gris des trames peuvent être indiquées en légende (par exemple : 60 à 65 dB(A), 65 à 70 dB(A), etc.)
Le pourcentage de temps occupé par chacune de ces plages peut soit être indiqué en légende, soit être mesuré sur le plan, le rapport entre la largeur de la bande de trame et la longueur totale du module donne en effet le pourcentage de temps (dans l'exemple ci-dessus, la largeur du "module" étant de 1 cm, une trame de 2 mm indique par conséquent le niveau atteint pendant 20% du temps)

Par ailleurs, nous espérons également que le report de cette trame, par-dessus d'autres faits sonores qualitatifs, permettra de rendre compte, par analogie visuel/sonore, de l'effet de masque du bruit de la circulation sur ceux-ci.

2.1.4. Les renseignements qualitatifs

Pour aborder la dimension qualitative de l'environnement sonore, plutôt que de choisir arbitrairement quelques critères pouvant paraître opérants, il nous a semblé intéressant de nous appuyer sur les critères de qualités relatifs à l'écoute environnementale définis par Pascal Amphoux⁸⁰. Ceux-ci ayant été élaborés à la suite de nombreuses années de recherches, ils permettent en effet de nommer, selon un vocabulaire approprié, la plupart des qualités d'un environnement sonore. Nous allons donc reprendre un à un chacun de ces critères environnementaux et chercher un moyen de les représenter graphiquement.⁸¹

⁸⁰ AMPHOUX Pascal : *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique, Répertoire de concepts*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble, et IREC, rapport n°117, EPFL, Lausanne, 1993, vol. 2, 38 p.

⁸¹ Pour faciliter la compréhension de chacun de ceux-ci, leurs définitions primaires sont rappelées en italique dans le texte, et des extraits de l'ouvrage concerné sont proposés en annexe (annexe n° 10).

Echelle

Perception claire d'une échelle spatiale déterminée à travers l'écoute.

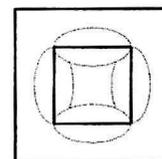
Lorsqu'il y a adéquation entre l'espace sonore et l'espace réel (visuel), la simple représentation du cadre bâti (rues et bâtiments) en fond de plan définit cette échelle. Lorsqu'au contraire, on perçoit, à travers l'écoute, un espace différent de l'espace réel, il peut être envisagé de représenter cette différence sur le plan.

Celle-ci, toujours selon P. Amphoux, peut se remarquer au niveau du volume, de l'ouverture et du relief.

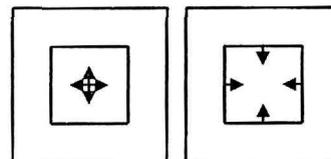
Le volume :

En ce qui concerne la représentation du volume sonore, plusieurs possibilités sont envisageables :

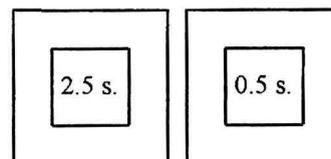
- la déformation graphique de l'espace bâti
(les espaces sont "gonflés" ou "resserrés" en fonction des impressions sonores)



- la représentation des phénomènes de dilatation et de rétrécissement au moyen de signes légendés



- l'indication de l'effet de cette inadéquation (le temps de réverbération est en général la cause de cette impression)

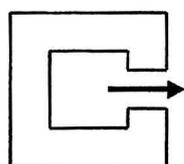


Chaque lecteur de la carte n'est cependant pas sensé connaître l'influence du temps de réverbération sur la perception. Cette dernière indication risque donc de ne pas être comprise. La déformation graphique de l'espace bâti risque d'être difficile à représenter sur un espace de forme complexe ou sur une rue. La visualisation légendée nous paraît par conséquent la plus facile à indiquer et à lire.

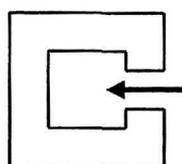
L'ouverture :

Il s'agit de représenter la perception sonore de l'ouverture d'un espace vers l'extérieur ou vers un autre espace. Le plan ne permettant pas de visualiser l'élévation, seules les ouvertures horizontales peuvent être indiquées. Un système de flèches paraît bien adapté pour représenter ce phénomène. Il peut montrer diverses connexions sonores susceptibles de rendre compte du potentiel d'ouverture de certains espaces. Un trait fermant un espace peut également montrer l'absence totale d'ouverture par l'indication d'un effet de coupure⁸².

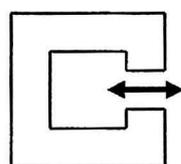
Connexions sonores : 



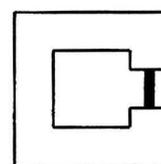
échappement



pénétration



interrelation



coupure

Le relief :

Sur une carte, il est impossible de montrer les reliefs sonores dus aux émergences successives de tous les sons proches ou lointains, les uns par rapport aux autres. Il faudrait en effet représenter chaque son et ses variations en fonction de l'endroit d'où ils sont perçus, ce qui compromettrait la facilité de lecture de la carte. Nous pensons cependant que la lecture de la "trame temporelle" du bruit de la circulation (cf. § 2.1.3), ainsi que sa mise en relation avec les autres faits sonores, peut permettre une première approche du relief sonore.

⁸² AUGOYARD Jean-François, & TORGUE Henry : *op. cit.*, 1995, pp. 38-45

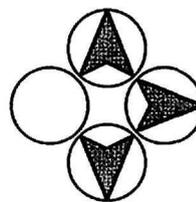
Orientation

Perception claire et objectivée d'une orientation sonore de l'espace.

Sur une carte, le report d'un signe distinctif légendé peut indiquer la présence d'une situation spatiale orientée par le sonore. La représentation cartographique ne comportant que deux dimensions, les orientations sonores perceptibles entre le haut et le bas ne peuvent pas être représentées. Toutefois, la situation très particulière de "belsonère"⁸³ pourrait éventuellement être indiquée dans les cas où la différence d'altitude est bien visible sur le plan (courbes de niveaux, etc.).



espace orienté par le sonore
et direction de l'orientation
horizontales

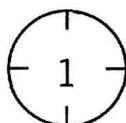


position de "belsonère"
et direction des orientations

Atemporalité

Sentiment objectivé de suspension du temps.

Ce sentiment est ressenti lors de l'écoute d'un rythme, d'une séquence ou d'un événement sonore particulier (*Rythmicité, Tiers-temps, Événementialité*). Il ne dépend donc pas de l'espace, mais de la nature même du son. Pour le situer sur un plan, on peut envisager un signe distinctif, mais pour réellement le faire comprendre, il faut annexer une bande son ou une description détaillée.



séquence sonore
atemporelle

1 : Report en annexe d'une bande son ou d'un descriptif détaillé

⁸³ Néologisme de belvédère proposé par P. Amphoux pour définir une position surélevée orientée par le sonore (P. Amphoux *op. cit.*, 1993, vol. 2, p. 18)

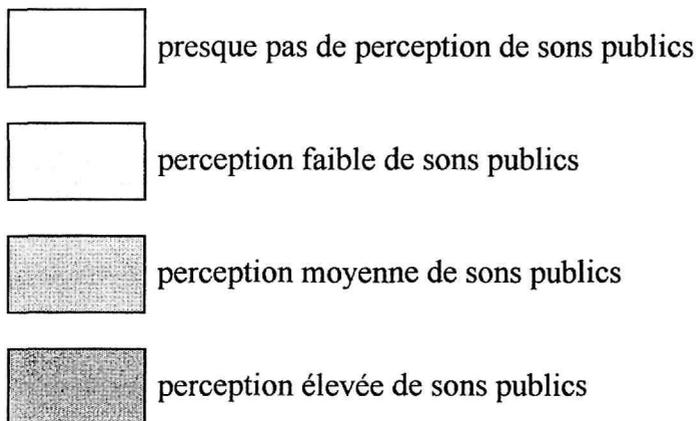
Degré de publicité

Critère de qualité acoustique relevant de la reconnaissance, de l'appréciation ou de la perception du caractère public d'un espace urbain.

Ce critère peut être mis en évidence de multiples façons. On peut par exemple aborder le degré d'*anonymat* d'un espace par l'indication ou non de sons venant du public (humains). On peut également indiquer la distance d'audibilité des voix humaines pour montrer le potentiel d'*interconnaissance* sur un site. Ou encore indiquer par des flèches les sons du public allant vers le privé et inversement (*rapport public-privé*). Bien que chacune de ces approches soit relativement complexe, nous avons tenté différentes approches cartographiques, certes réductrices, mais permettant d'en aborder les principaux aspects.

Pour représenter des sons humains sur un plan, on peut le faire soit par points (emplacements où il y a beaucoup de sons publics), soit par lignes (itinéraires sur lesquels il y a beaucoup de sons publics, par exemple forte circulation piétonne), soit par zones (surfaces sur lesquels il y a beaucoup d'activités sonores humaines). Etant donné que les itinéraires peuvent s'avérer multiples et variables, nous ne retenons cependant que les solutions de zones et de points.

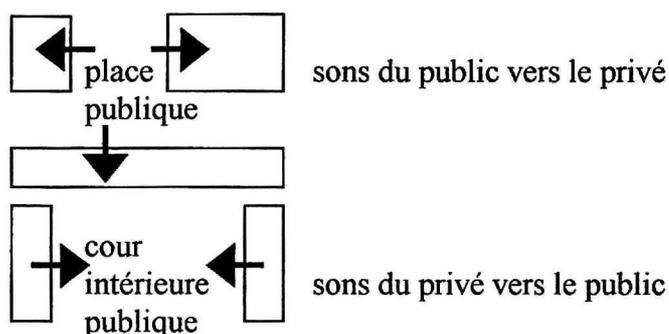
Une échelle de valeur d'intensité (niveaux de gris ou de couleur) pourrait ainsi représenter le degré de perception de sons publics ou humains sur des zones.



La localisation d'activité générant de nombreux sons publics ou humains pourrait également être envisagée au moyen de points de la même couleur que celle utilisée pour les trames (éventuellement de tailles variables).

Ensuite, la visualisation de ces trames et de ces points au travers de celle des niveaux de bruits de la circulation pourrait éventuellement donner une idée des possibilités d'émergence des sons publics, et ainsi permettre d'approcher la notion d'interconnaissance.

Pour indiquer les rapports public-privé, les flèches paraissent les signes les mieux adaptés. Il est toutefois indispensable de les différencier de celles utilisées pour représenter l'échelle sonore et l'orientation. Les situations particulières où l'on entend bien les sons du privé vers le public ou les sons du public vers le privé peuvent donc être représentées au moyen de flèches de la même couleur que la trame du degré de publicité.



Mémoire collective

Critère de qualité acoustique regroupant tous les arguments descriptifs attachés au souvenir de ce qui a été vécu en commun.

Ce critère est découpé en trois sous-groupes : *l'amarre sonore* (qui attache l'habitant au lieu), *le donneur de temps* (qui règle le rythme des activités sociales) et *la Prosopopée* (qui évoque un passé perdu). Il dépend de la nature du son ou de la séquence sonore entendue (par exemple la cloche d'une église). Comme pour l'atemporalité, il est alors difficile de le représenter par un simple signe. Il faut annexer une bande son ou une description détaillée pour vraiment permettre la compréhension de ces critères.

On pourrait cependant différencier, sur le plan, la signalétique de chacun de ceux-ci.



Cependant, ces trois concepts étant assez proches on pourrait se contenter de ne créer qu'un seul signe et d'y adjoindre des informations complémentaires.



4: Report en annexe d'une bande son ou d'un descriptif détaillé (par exemple cloche de l'église)

Degré de naturalité

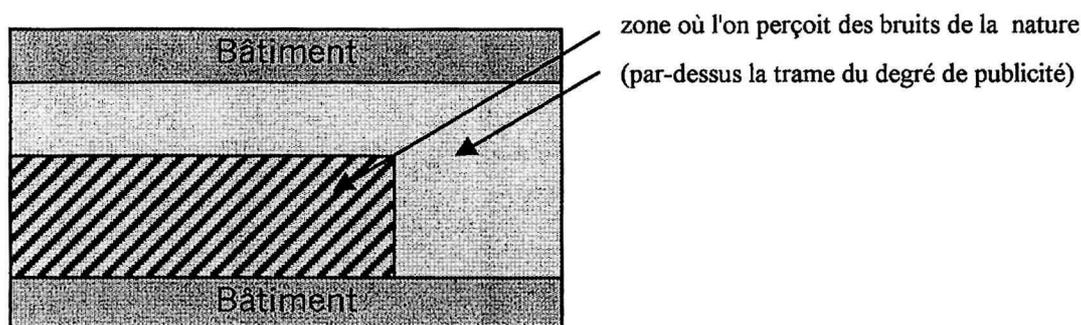
Sentiment s'imposant comme une évidence objective qu'une séquence sonore se déroule "naturellement", soit que les sons soient eux-mêmes des sons de la nature, soit qu'ils apparaissent tout simplement comme des sons normaux, qui racontent une histoire ou dont l'intentionnalité est claire (Cor.: degré d'insécurité, naturalisation).

Les concepts d'intentionnalité et de narrativité sont trop compliqués pour être compris par une simple légende. Ils sont donc difficilement cartographiables. Si un son particulier provoque par exemple un réel sentiment d'insécurité, il peut toutefois être indiqué, comme ceux qui offrent une mémoire collective, par un signe sur la carte et une bande son ou un descriptif en annexe.

Pour une visualisation cartographique, c'est le poids relatif des sons de la nature (*naturalisme*) qui semble être le plus facile à représenter. On peut par exemple imaginer un système de trame colorée, comme celui proposé pour le degré de publicité. Cependant, s'il paraît possible de superposer la trame à point utilisée pour les niveaux de bruit de la circulation sur une trame colorée, tout en gardant une lecture de l'une et de l'autre, il n'est pas possible de superposer deux trames de couleurs différentes sans que celles-ci ne se mélangent. Si l'on veut pouvoir représenter en un même lieu des sons de la nature et des sons publics, il est nécessaire de trouver un mode graphique permettant de les représenter ensemble.

On pourrait alors imaginer un système de trame bicolore qui intègre les deux notions de publicité et de naturalisme et qui varie d'une couleur à l'autre en fonction des degrés de prégnance relatifs de ces deux critères. Malheureusement, nous ne disposons pas du matériel informatique permettant d'effectuer ce genre d'opérations cartographique complexes, et il est très difficile de trouver, sous la forme de trame à découper, toutes les valeurs nécessaires pour effectuer ces variations.

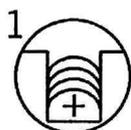
Dès lors, le moyen qui nous est apparu le plus simple, pour représenter les sons de la nature, est d'utiliser un troisième type de trame qui puisse venir en superposition de celle des sons du public sans pour autant la recouvrir entièrement. Nous proposons d'utiliser une trame colorée hachurée.



Réverbération

Caractéristique environnementale fondamentale, à laquelle se réfèrent très fréquemment (mais le plus souvent implicitement) les citoyens lorsqu'ils cherchent à décrire la matière sonore.

Ce critère est également découpé en trois approches distinctes : *l'espace réverbérant* (qui qualifie le type d'espace), *l'espace porte voix* (les sons portent loin) et *l'écoute tautologique* (on s'entend bien). Il ne dépend ni des niveaux de bruit, ni de la nature des sons. Il peut donc être représenté sous la forme de simples signes légendés, soit sous le nom générique de "espace réverbérant", soit en différenciant les trois sous-critères :



espace réverbérant
(qui résonne)



espace porte voix



espace où l'on s'entend bien

Signature sonore

Signe sonore qui permet d'identifier, sans confusion possible, un lieu, une époque ou une situation sociale.

La différenciation entre *emblème*, *cliché sonore* et *carte postale sonore* n'est pas envisagée. Les phénomènes sonores susceptibles de "signer" un lieu ne peuvent de toute façon pas être évoqués entièrement par un simple signe visuel. Il est nécessaire de joindre une bande son ou un descriptif détaillé pour les comprendre. Afin de permettre une première lecture, le signe sur la carte peut correspondre à une photo de la source de la signature. Ceci pour autant qu'elle évoque une source sonore connue du lecteur de la carte, ou qu'il lui est possible d'imaginer.



1: Report en annexe d'une bande son ou d'un descriptif détaillé
(par exemple Big Ben à Londres)

Métabolisme sonore

Structure dynamique "meta-stable", dans laquelle l'instabilité des sons émergeant ou des échanges entre figure et fond sonore prend une forme identifiable.

Ce critère, très complexe, ne paraît pas pouvoir être représenté par un simple signe sur la carte. Les trois notions qui le définissent (la *clarté compositionnelle*, la *distinctibilité* et la *complexité*), ne peuvent être appréhendées que par la mise en relation des différentes informations réunies sur le plan. Bien entendu, une carte ne pourra jamais représenter toute la richesse de la dimension métabolique, mais le système envisagé paraît déjà permettre d'en mettre certains aspects en évidence.

La dimension temporelle de la trame du fond sonore de la circulation automobile permet par exemple de rendre compte de la permanence ou non des émissions. La visualisation de cette trame par-dessus d'autres signaux ou critères sonores (par exemple les sons publics ou de la nature), permet de voir dans quelle mesure on distingue ces signaux ou critères au travers du bruit de la circulation. Et la richesse des informations qualitatives peut donner une idée de la complexité sonore du site. Plus on a de renseignements visibles (signaux ou critères sonores), plus l'environnement sera riche et complexe, et inversement, moins on en voit (soit qu'il n'y en a pas, soit que le bruit de la circulation les recouvre), moins il sera diversifié.

2.1.5. Récapitulation des modes de représentation retenus

Comme nous l'avons vu, il n'est pas possible de retranscrire toute la complexité d'un environnement sonore par le visuel. En reprenant un à un les critères de qualité définis par P. Amphoux pour définir l'environnement sonore, on s'aperçoit pourtant qu'il est possible, pour chaque critère principal, de représenter au moins un aspect de sa définition. De plus, la mise en relation de certaines des représentations proposées avec la "trame temporelle" du bruit de la circulation devrait également permettre d'appréhender certains autres aspects qualitatifs de la dimension sonore, par exemple l'effet de masque.

Par ailleurs, nous nous apercevons que les modes de représentation visuels proposés sont divers. Il nous est toutefois apparu possible de les regrouper en trois types de signes bien différenciés : les trames, les signes liés à l'espace, les signes liés au son.

- **Les trames** représentent trois types de sons différents : les sons de la circulation automobile (niveaux de bruit mesurés selon un histogramme), les sons ayant un caractère public (en particulier les sons humains) et les sons de la nature (oiseaux, vent dans les arbres, eau, etc.).
- **Les signes liés à l'espace** indiquent les principales influences du cadre bâti sur la situation sonore (échelle, réverbération, orientation, etc.). Ils peuvent être indiqués sur la carte et compris par une simple légende.
- **Les signes liés au son** rendent compte de signaux ou de séquences sonores qui produisent un sentiment perceptif particulier. Ils devraient généralement être accompagnés d'un descriptif ou d'une bande son permettant de les comprendre.

Le tableau récapitulatif ci-dessous donne donc, pour chacun de ces modes de représentation, une indication des principaux critères de qualité qu'ils permettent plus ou moins directement d'appréhender, même si ce n'est souvent que de manière partielle :

TABLEAU RECAPITULATIF DES CODES GRAPHIQUES ENVISAGES ET DES CRITERES DE QUALITE QU'ILS METTENT EN EVIDENCE

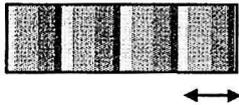
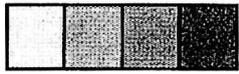
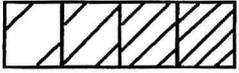
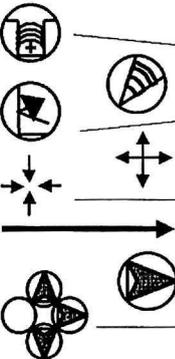
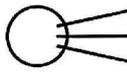
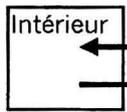
LES TRAMES		
TRAME VEHICULES		
	Intensité des niveaux de bruit de la circulation et de la rumeur urbaine, suivant le temps	<u>Echelle</u> - Relief
Succession de "modules" représentant un histogramme des plages de niveaux de bruit occupées pendant un pourcentage de temps.	Lecture en relation avec les autres trames ou signes	<u>Métabolisme sonore</u> - Clarté compositionnelle - Distinctibilité - Complexité
TRAME (couleur 1)		
	Degré de perception des sons publics (en majorité humains) Lecture en transparence sous la trame véhicules (visibilité = audibilité)	<u>Degré de publicité</u> - Anonymat - Interconnaissance
TRAME (couleur 2)		
	Degré de perception des sons de la nature	<u>Naturalité</u> - Naturalisme
LES SIGNES LIES A L'ESPACE		
	Espace qui sonne, résonne Espace où la voix porte loin Espace où l'on s'entend bien Sentiment de dilatation du lieu Sentiment de rétrécissement du lieu Connexions sonores Espace horizontalement orienté Espace surélevé orienté vers le bas	<u>Réverbération</u> - Espace réverbérant - Espace porte voix - Ecoute tautologique <u>Echelle sonore</u> - Volume sonore - Ouverture <u>Orientation</u>
LES SIGNES LIES AU SON		
	photo image couleur	<u>Atemporalité</u> Rythmicité, Tiers-temps, Événementialité <u>Mémoire collective</u> Amarre sonore, Donneur de tps, Prosopopée <u>Signatures sonores</u> Emblèmes, Cliché et Carte postale sonore <u>Naturalité</u> Naturalisme, Intentionnalité, Narrativité <u>Degré de publicité</u> Anonymat, Interconnaissance <u>Echelle sonore</u> Ouverture <u>Degré de publicité</u> Rapport public-privé
EN ANNEXE - bande son - texte descriptif - etc.	Identification de la situation par le son Son de la nature ou naturel Son de société ou humain Connexion de faits sonores particuliers	
	Intérieur Extérieur Forte connexion public-privé Forte connexion privé-public	

Figure 12

Tableau récapitulatif des codes graphiques envisagés et des critères de qualité qu'ils mettent en évidence

2.2. Des signes au système cartographique

Nous avons déjà défini que la carte ne représentera que la situation sonore au rez-de-chaussée des espaces publics, et qu'elle sera réalisée à l'échelle 1/1000ème (cf. § 2.1.1). Nous avons également déterminé que les aspects normatifs ne seront représentés que par le renforcement du trait des façades qui risquent de dépasser les exigences légales (cf. § 2.1.2). Il s'agit maintenant de chercher un moyen de représenter ensemble les divers codes graphiques retenus, et de tirer le plus d'informations possibles des rapprochements qui peuvent être faits entre les différents signaux (voir tableau de la page précédente, Figure 12).

2.2.1. Représentation à la source

Le nombre de critères retenus pour cette cartographie est trop élevé pour qu'il soit possible de représenter, sur la carte, la situation sonore en fonction des points de réception. Il faudrait pour cela indiquer en chaque point de l'espace tous les éléments sonores représentatifs de sa situation. Il est donc prévu de représenter l'ensemble des faits sonores et critères retenus en leurs lieux d'émission, à la source.

Deux types de sources différentes sont cependant mis en évidence. Premièrement les sources uniformément réparties (trames), composées de multiples émissions sonores dispersées et mobiles dans l'espace considéré⁸⁴ (rez-de-chaussée). Deuxièmement, les sources ponctuelles (signes liés au son) qui représentent des faits ou des événements sonores situés en un point (ou lieu) précis de l'espace.

Les perceptions différenciées de ces signaux suivant les différents points de l'espace devraient cependant pouvoir être en partie appréhendés par le lecteur de la carte par le biais de ses propres compétences. Tout le monde comprend par exemple, de manière intuitive, que plus on s'éloigne de la source, plus la perception est faible, qu'un bâtiment situé entre une source sonore et un point de réception constitue un écran et "coupe" le son. Les signes liés à l'espace devraient d'autre part permettre d'indiquer les situations spatiales où les sons ont tendance à plus ou moins bien se propager (connexion, coupure, réverbération). Il serait ainsi possible, pour le lecteur, de corriger son appréciation en fonction de ces critères.

⁸⁴ Notons à cet égard que, dans le cas des trames, le fait que les informations soient indiquées à la source ou à la réception importe peu, puisque l'important est de savoir que dans cet espace, tel ou tel type de son ou de caractéristique sonore est présent.

2.2.2. Choix des périodes représentées

Comme nous l'avons déjà mentionné précédemment, l'environnement sonore varie constamment suivant le temps qui passe (cf. Introduction § 2.1.3). Si l'on a vu qu'il est possible de représenter partiellement les variations temporelles des niveaux de bruit de la circulation, il ne s'agit cependant que de celles inscrites à l'intérieur de périodes définies. Quelles doivent être ces périodes ?

Les aménageurs urbains, par leurs interventions sur l'espace construit (statique), modifient la situation sonore en tous les instants. Il paraît donc intéressant d'essayer de leur montrer non pas les multiples situations différenciées sur toute une année, mais l'état de la situation sonore "moyenne". Pour la réalisation de leurs projets, ils peuvent toutefois être intéressés, par exemple pour les choix typologiques (emplacement des espaces calmes tels que les chambres, etc.), par la différenciation jour/nuit.

Dans le cadre de ce travail, la situation sonore tard dans la nuit (généralement calme) ne nous paraissant que peu porteuse d'informations, nous nous sommes limités à la représentation d'une période "jour", et d'une période "soirée". Par jour il faut entendre la tranche temporelle qui va de "l'éveil du lieu" à la fin des activités journalières (dîner) et par soirée, la période qui s'étend du dîner à "l'extinction" du lieu. Il n'est expressément pas donné de limites horaires précises, celles-ci étant variables d'un lieu à l'autre. La période dite soirée peut par exemple s'étendre plus ou moins tard dans la nuit en fonction des activités du lieu ou suivant le jour de la semaine considéré. L'indication de certains signaux sonores caractéristiques (par exemple terrasse de café ou sortie de discothèque) devrait cependant permettre au lecteur de se faire une idée approximative des horaires que cela implique.

Reprenons maintenant nos trois types de codes graphiques envisagés (trame, signes liés à l'espace, signes liés au son) et voyons ce que leur représentation implique au niveau de ces deux périodes temporelles.

Les trames (véhicules, sons humains et de la nature) indiquent des fonds sonores relativement continus, constitués de la succession de multiples sources sonores pouvant apparaître de manière aléatoire en certains moments de la journée. Elles peuvent donc résumer la situation sonore moyenne sur chacune des deux périodes considérées. Etant donné qu'il est difficilement envisageable de repérer (ou de mesurer) la situation sur toute l'année et de la moyenniser, il est envisagé de représenter ces critères sur des périodes jour/soirée pouvant être admises comme "moyennes", soit : un jour de la semaine, en mi-saison, et hors des périodes de vacances.

Les signes liés à l'espace (connexion, réverbération, etc.) ne varient pas en fonction du temps. Ils peuvent donc être reportés indépendamment, quelle que soit la période représentée.

Les signes liés au son (faits, séquences ou événements sonores particuliers) peuvent n'apparaître que de temps en temps au cours de la journée, et même au cours de l'année. Leur représentation ponctuelle n'est donc pas seulement spatiale mais également temporelle. Ce sont des événements dont la durée n'est pas déterminée. Seule la connaissance de l'objet producteur du son ou une explication détaillée, peut donner une idée de leurs durées d'émission. Ils peuvent ainsi apparaître dans l'une ou l'autre des périodes représentées, voire dans les deux.

2.2.3. Différents niveaux de lecture

Si nous reprenons tous les signes que nous avons retenus pour la réalisation de cette carte, nous nous apercevons que ceux-ci sont relativement nombreux. Bien qu'il soit possible, pour chacun d'eux, d'indiquer sa signification sur une légende, et par conséquent de respecter le principe de la monosémie, ils sont trop nombreux pour pouvoir tous être tous lus ensemble, de manière instantanée.

Nous proposons ici de reprendre chacun des codes graphiques retenus, et de voir quelles informations ils transmettent lorsqu'ils sont lus seuls d'une part, et en relation les uns avec les autres d'autre part.

Le fond de carte

Chaque signe représenté doit être situé spatialement. Un fond de plan permettant d'indiquer les contours des espaces étudiés (espaces publics au rez-de-chaussée) doit obligatoirement être présent pour la lecture de n'importe quel critère. Les indications normatives des façades qui risquent de nécessiter une isolation acoustique particulière peuvent toutefois figurer directement sur ce plan, par exemple par l'épaississement du trait des façades concernées.

La trame temporelle du bruit de la circulation

Comme nous l'avons vu précédemment (cf. § 2.1.3), cette trame permet de montrer les variations temporelles des niveaux de bruit moyens des véhicules selon plusieurs niveaux de lecture :

- La visualisation, par simple comparaison, des zones plus ou moins bruyantes
- La visualisation de la discontinuité et du potentiel de pause de chaque zone
- La lecture des niveaux de bruit et des pourcentages de temps durant lesquels ils sont atteints

Elle représente ce que l'on peut nommer le fond sonore de la circulation automobile.

Les trames colorées des fonds sonores

Elles indiquent les degrés de présence des sons de la nature et du public (sons humains). Il ne s'agit pas des niveaux de bruit (il est généralement impossible de les mesurer au milieu du bruit de la circulation) mais du sentiment perceptif de publicité ou de naturalité. Un espace peut en effet être ressenti comme étant plus ou moins public ou "naturel" en fonction non seulement de l'intensité des faits sonores qui le caractérise, mais également suivant les types de faits sonores, leurs nombres, leurs durées, leurs spectres, leurs occurrences, etc.

Elles représentent ce que l'on peut nommer le fond sonore public (humain), et le fond sonore de la nature (oiseaux, etc.).

Les signes liés à l'espace

Ces signes permettent de montrer les caractéristiques sonores directement liées à l'espace et au cadre bâti. Ils donnent des indications sur les qualités acoustiques intrinsèques d'un lieu suivant sa configuration spatiale. Ils représentent également les principaux éléments sur lesquels l'aménageur urbain peut directement intervenir. Une transformation architecturale ou urbanistique peut en effet modifier ces caractéristiques.

Ils représentent ce que l'on peut nommer les caractéristiques sonores liées à l'espace.

Les signes liés au son

Ils représentent tous les faits ou événements sonores particuliers, susceptibles de caractériser l'environnement sonore du lieu. Trop complexes pour être simplement cartographiés, ils doivent être explicités pour pouvoir être compris. On peut par exemple mentionner l'objet producteur du son⁸⁵, décrire les sentiments ou caractéristiques qui en émanent, montrer une image suggestive, donner à entendre une séquence sonore, etc.

Ils constituent ce que nous nommerons les signaux sonores caractéristiques.

Les trames colorées et les signes liés au son

L'indication simultanée des fonds sonores publics et de la nature d'une part, et des signaux sonores caractéristiques d'autre part, devrait permettre de montrer l'ensemble des sons qui participent à la définition de la qualité du lieu. Il serait ainsi possible de visualiser la richesse et la diversité sonore, réelle ou potentielle⁸⁶, du lieu. Par ailleurs, pour que les sources sonores émanant du public ou de la nature, participent à la démonstration des degrés de publicité et de naturalité, il paraît intéressant qu'elles soient représentées de la même couleur que les trames correspondantes.

L'ensemble de ces indications constitue ce que nous nommerons les qualités sonores potentielles du site.

L'ajout de la trame temporelle du bruit de la circulation sur les qualités sonores potentielles du site

L'ajout de la trame temporelle du fond sonore de la circulation automobile sur les trames colorées (fonds sonores humains et de la nature) et sur les faits sonores caractéristiques devrait permettre de visualiser l'effet de masque du bruit de la circulation sur les qualités sonores potentielles du site, en fonction de la répartition temporelle de chaque plage d'intensité.

Par la lecture simultanée des trois trames superposées, il devrait ainsi être possible⁸⁷, par analogie visuel/sonore, de se faire une idée de ce que nous nommons le fond sonore ambiant urbain (véhicules + public + nature).

⁸⁵ Les sons qu'il produit ne seront cependant compris que s'ils sont inscrits dans la mémoire du lecteur.

⁸⁶ Il est en effet possible que ces qualités soient entièrement masquées par le bruit des véhicules.

⁸⁷ Comme nous l'avons vu au chapitre 1 § 2.4.2., l'œil est capable d'intégrer jusqu'à trois composantes différentes pour composer une image globale instantanément compréhensible.

L'ajout des signes liés à l'espace au-dessus du tout

L'indication des caractéristiques sonores dues à l'espace bâti (réverbération, connexion, etc.) au-dessus de l'ensemble des sons représentés devrait ensuite permettre d'indiquer, pour chacun d'eux, certains aspects de leur condition de propagation.

La lecture de l'ensemble

Au vu de ce qui précède, on s'aperçoit que, bien que les codes graphiques utilisés soient nombreux et différenciés, il paraît possible de tous les représenter ensemble sur une même carte. Le croquis ci-dessous permet de schématiser les différents niveaux de lecture que l'on pourrait ainsi obtenir.

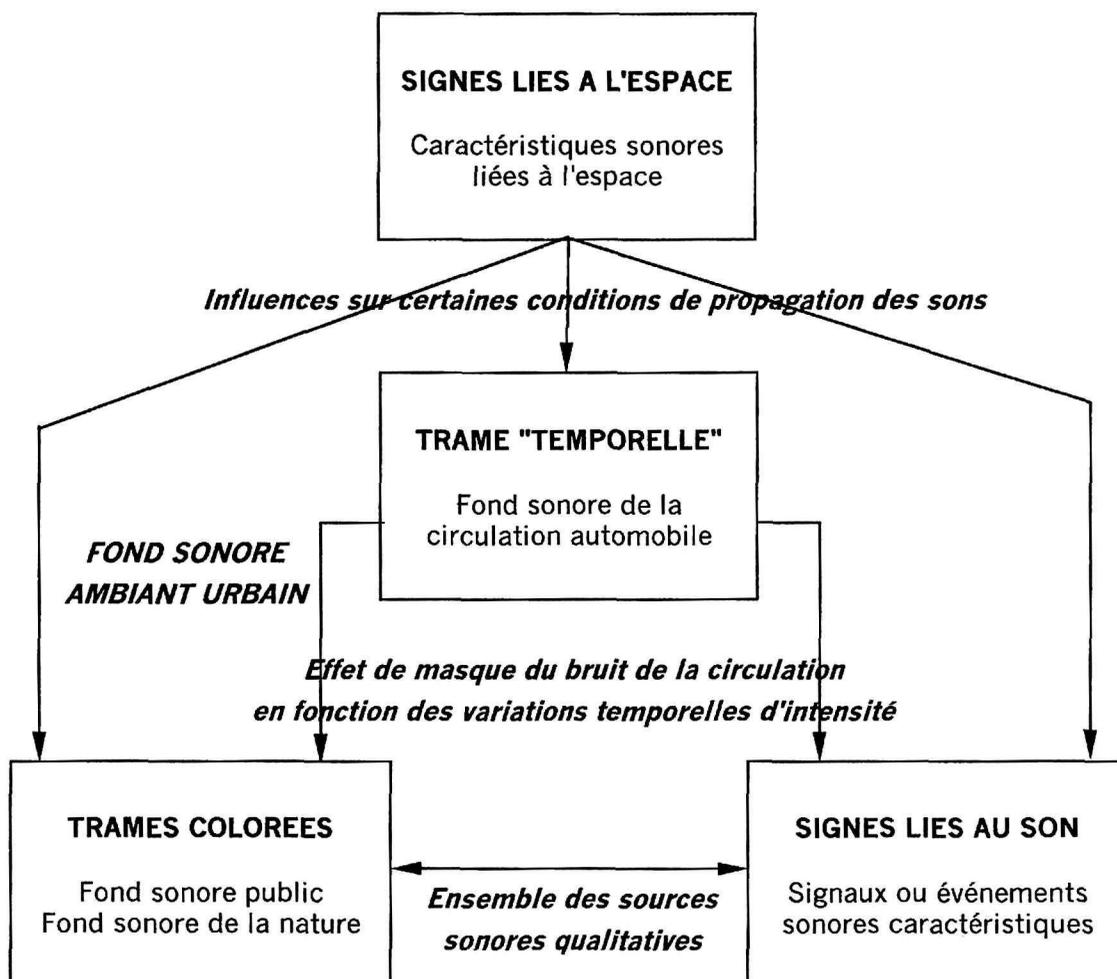


Figure 13

Récapitulation des différents niveaux de lecture envisageables avec le système cartographique proposé

En théorie, ce système cartographique devrait donc permettre de représenter l'ensemble des critères retenus dans le cadre de cette première exploration méthodologique, tout en permettant plusieurs niveaux de lecture.

Mais ces lectures sont-elles réellement possibles ?

Est-il envisageable de représenter tous les éléments proposés sur la même carte ?

Devrons-nous envisager plusieurs cartes séparées ou un système de plans superposables ?

Le dessin à la main permettra-t-il de réaliser une ou des cartes suffisamment lisibles ou sera-t-il nécessaire de recourir à un système informatisé ?

Comment pourrons-nous récolter, sur le site, l'ensemble des renseignements dont nous avons besoins pour réaliser ces cartes et combien de temps faudra-t-il pour le faire ?

Pour répondre à ces interrogations, il nous paraît maintenant nécessaire de tenter d'appliquer cette approche théorique sur un site réel, afin de tester ensuite la faisabilité du système cartographique proposé

3. APPLICATION SUR UN SITE DONNE

Pour pouvoir réaliser une carte de l'environnement sonore selon le système proposé. Il s'agit maintenant de choisir un site et de l'analyser de manière à repérer les éléments désirés (mesures acoustiques, observations in-situ, enquêtes auprès des habitants). Nous verrons ensuite (cf. § 4) comment il est possible de reporter ces informations sur la carte, et les renseignements que l'on peut en tirer.

3.1. Présentation du terrain d'étude

Afin de vérifier si la cartographie envisagée permet de montrer des variations d'environnements sonores en différents lieux, le terrain choisi doit être le plus hétérogène possible. De plus, comme nous l'avons vu précédemment (§ 2.1.1), il est prévu de travailler à l'échelle d'un quartier, au 1/1000ème. Le terrain retenu se trouve à Lyon. Il s'agit du quartier dit du Garet, situé sur la presqu'île, entre le Rhône et la Saône et délimité par le quai Jean Moulin, la rue de la République, la rue Joseph Serlin et la rue Gentil (voir Figure 14).

Ce terrain présente deux avantages principaux qui ont justifié son choix.

D'une part, il a déjà fait l'objet d'analyses sonores⁸⁸ et sert de support pour une autre étude, menée simultanément, et pilotée par O. Balay⁸⁹. Etant donné que nous participons également à cette dernière étude, nous espérons ainsi pouvoir bénéficier des apports des analyses antérieures et inscrire ce travail dans une recherche en cours.

D'autre part, ce terrain permet de relativement bien tester la cartographie proposée, dans le sens où il comporte, sur une surface restreinte, différents espaces acoustiquement différents : une rue à fort trafic (quai Jean Moulin), une rue marchande (rue de la République) et deux types de quartiers urbains (l'un ancien, avec des rues étroites, et l'autre plus récent, avec des rues plus larges).

⁸⁸ BALAY Olivier et al. : *Etude de faisabilité pour la création d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, CRESSON, Grenoble, 1994, 13 p.

RAPIN Jean-Marie et al. : *Observatoire de l'environnement sonore du grand Lyon*, CSTB Service Acoustique, n° 2.93.143, Grenoble, 1994, 109 p.

⁸⁹ BALAY Olivier et al. : *Les indicateurs de l'identité sonore d'un quartier, contribution au fonctionnement d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, Convention INGUL n° 95 03 046, CRESSON, Grenoble, INRETS, Lyon, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p.

PLAN DU QUARTIER DU GARET (échelle 1/2000)

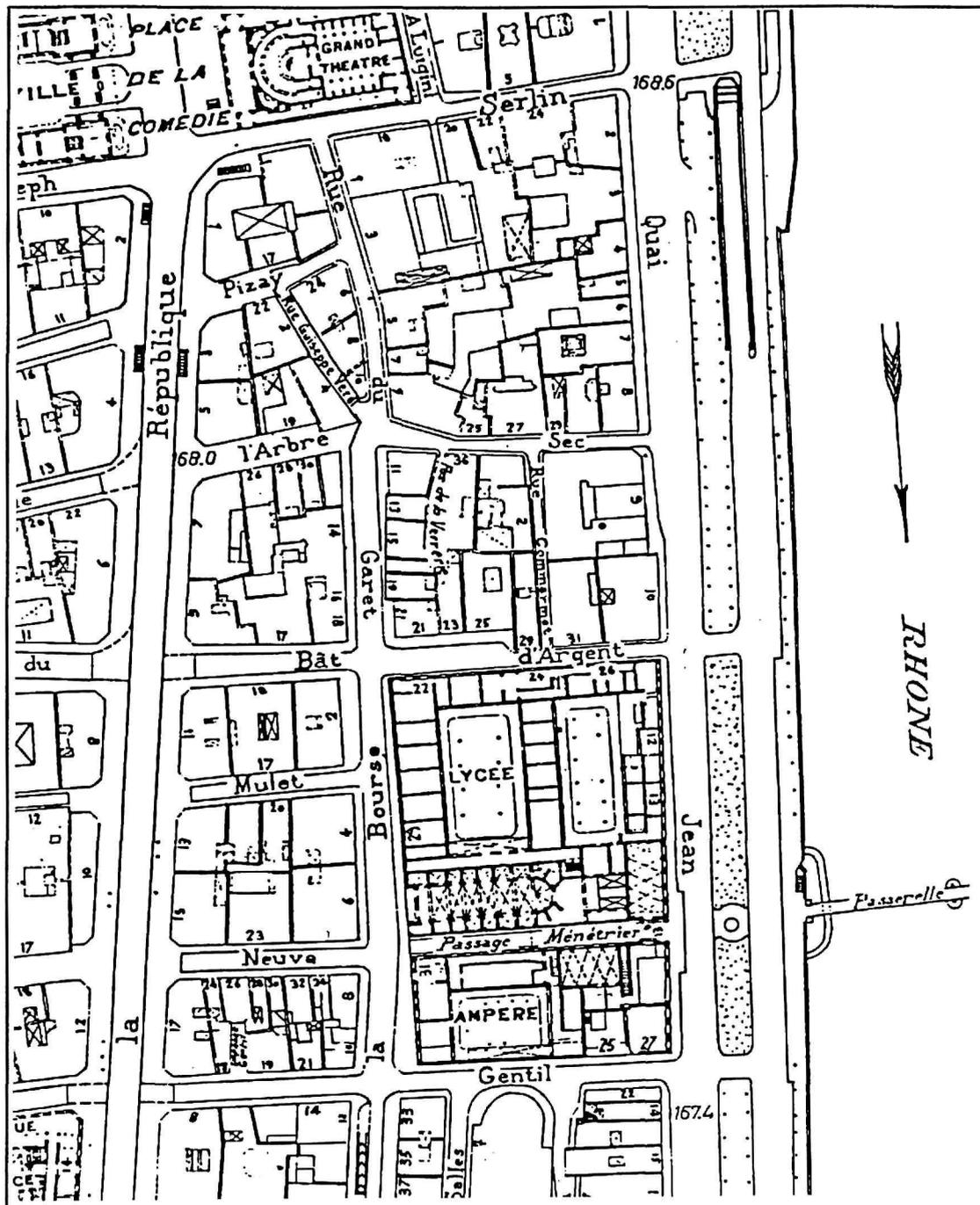


Figure 14
Situation du terrain d'étude, Lyon, 1er arrondissement, quartier du Garet

3.2. Objectifs et moyens envisagés

Le but de cette approche est de repérer sur place les principaux renseignements dont nous avons besoin pour représenter les différents éléments retenus, de tenter de les cartographier selon le système proposé, puis de vérifier la lecture des cartes obtenues.

Pour la saisie des informations, si l'on imagine que cette analyse, dans le futur, pourrait se faire pour toute une ville, il est nécessaire de réduire au minimum le temps d'intervention sur le site. Afin de tester la possibilité de récolter les informations nécessaires en un temps restreint, l'analyse sur place de notre terrain d'étude a été limitée à trois jours.

Afin d'obtenir tous les renseignements désirés, deux méthodes de saisie d'informations ont été retenues :

- **Des mesures acoustiques** : principalement destinées à la réalisation de la trame temporelle des niveaux de bruit de la circulation, et permettant de repérer les façades devant lesquelles les niveaux de bruit équivalent (L_{eq} en dB(A)) risquent de dépasser les exigences légales.
- **Une analyse qualitative du site** : consacrée au repérage des principales caractéristiques qualitatives que nous envisageons de représenter (fonds sonores public et de la nature, signaux ou événements sonores caractéristiques, caractéristiques spatiales).

Basée sur une observation in-situ et des entretiens auprès des habitants, cette étude cherche à obtenir des renseignements qualitatifs les plus objectifs possibles. Bien que le temps soit limité, le nombre d'enquêtes doit donc être suffisant pour pouvoir repérer les principales informations récurrentes. Une démarche d'aller et retour, entre nos observations in-situ et les informations récoltées lors des enquêtes est également envisagée afin de vérifier la cohérence des renseignements obtenus au moyen de chacune de ces deux approches.

Sur la base de ces informations nous tenterons ensuite de réaliser une cartographie de l'environnement sonore de ce quartier et chercherons à cerner les principaux apports de cette méthode.

3.3. Mesures effectuées pour cette étude

Notre terrain d'étude a déjà fait l'objet de mesures acoustiques, réalisées par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) de Grenoble (voir Annexe 11)⁹⁰. Celles-ci ne concernent cependant qu'un seul point de mesure (rue du Garey n° 15, 2^{ème} étage) et n'ont pas été réalisées dans le même but que celui de notre étude. Elles ne permettent donc pas d'obtenir tous les renseignements nécessaires à la réalisation de notre carte.

Afin de mieux comprendre la répartition des niveaux de bruit en fonction des différentes configurations spatiales, et d'obtenir des résultats plus adaptés aux besoins de la cartographie envisagée, nous avons réalisé des mesures complémentaires. Ces mesures, outre une estimation approximative des niveaux de bruit équivalents susceptibles de déterminer les façades pour lesquelles une isolation acoustique particulière est exigée, ont pour objectif principal de permettre la mise en forme de la trame temporelle telle que nous l'avons décrite au § 2.1.3.

3.3.1. Mode de saisie sur le site

Cette trame temporelle ne représente pas l'ensemble des bruits présents sur le site, mais uniquement les niveaux de bruit produits par les véhicules. Lors de la mesure, seuls ces derniers doivent donc être pris en compte. La saisie est par conséquent interrompue lors de tout bruit exceptionnel (travaux, voix humaines émergentes, etc.) de manière à ne pas l'intégrer dans le résultat.

Sonomètre utilisé

Afin de pouvoir obtenir, en une seule mesure, les indications dont nous avons besoin pour réaliser la trame temporelle et pour vérifier le respect des exigences légales, nous avons utilisé le sonomètre **ACLAN type SDH 80**, muni d'un microphone classe 2 (destiné à l'usage général), disponible au CRESSON. Il permet en effet de déterminer, pour le même instant, les niveaux équivalents (L_{eq} en dB(A)) et l'histogramme de la distribution des niveaux de pression acoustique (également en dB(A)). Le calcul de l'histogramme, sur ce sonomètre, est fourni par le nombre total de secondes pendant lesquelles le niveau sonore a atteint neuf différents intervalles de niveaux de bruit, de largeur égale à 5dB (de $40 \pm 2,5$ dB(A) à $80 \pm 2,5$ dB(A)).

⁹⁰ RAPIN Jean-Marie et al. : *Observatoire de l'environnement sonore du grand Lyon*, CSTB Service Acoustique, n° 2.93.143, Grenoble, 1994, 109 p.

Emplacements des points de mesure

Afin de connaître les niveaux de bruit sur l'ensemble du terrain étudié, vingt-six points de mesure ont été choisis, répartis sur le site de manière à mettre en évidence un maximum de situations caractéristiques. La carte envisagée ne représentant que la situation au rez-de-chaussée, les mesures ont été effectuées à la hauteur approximative de l'oreille du promeneur. Les résultats ne donnent donc pas les variations selon l'altitude, mais permettent de rendre compte des situations différenciées selon les points de mesure retenus.

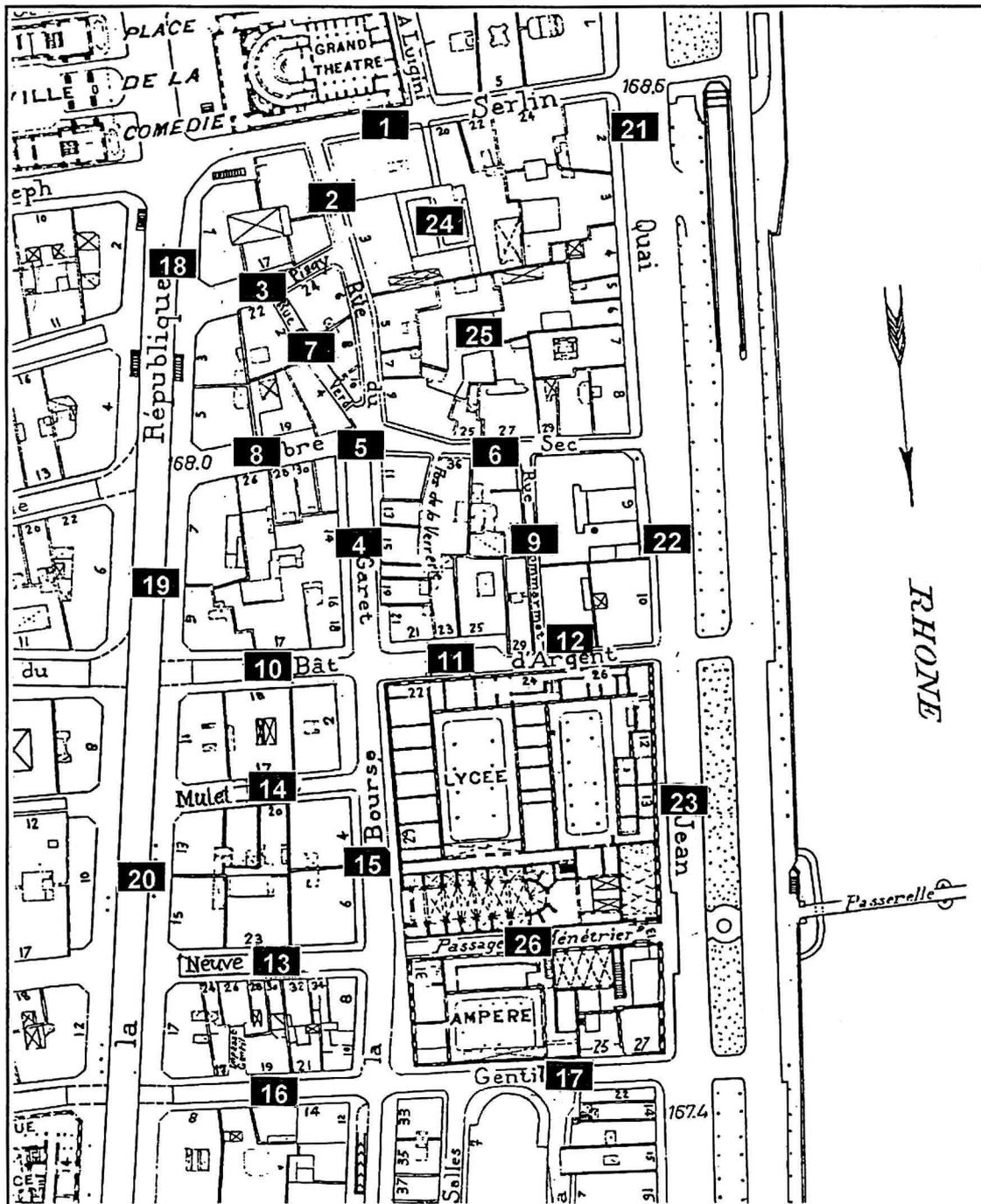


Figure 15 : Emplacements des points de mesure

Moments et durées des mesures

Cette étude s'est limitée à la représentation de l'environnement sonore durant les deux principales périodes de la journée où, la majorité des gens étant éveillés, le quartier dégage le maximum de son caractère : le jour et la soirée. Comme nous l'avons indiqué précédemment (cf. § 2.2.2), il n'a pas été fixé de limites horaires précises de fin et de début de périodes. Celles-ci peuvent en effet être variables, suivant le lieu et le moment. En effet, certains espaces se "réveillent" plus tôt, d'autres se "couchent" plus tard ou ne se "couchent" jamais, etc. Par ailleurs, un même endroit peut "vivre" plus ou moins longtemps suivant le jour de la semaine, une date particulière, etc.

Afin de limiter la durée des mesures, nous avons décidé d'effectuer, en chaque point retenu, quelques mesures de courte durée et réparties dans chacune des périodes "jour" et "soirée". Trois mesures d'au moins deux minutes ont été effectuées par période et par point, de manière à vérifier la validité de chacune d'elle par comparaison avec les deux autres.

Les mesures ont été effectuées durant deux jours ouvrables de la semaine : lundi 13 et mardi 14 mai 1996. Le temps était couvert et la température relativement froide pour la saison. Les terrasses des cafés et restaurants étaient désertes et les bruits des discussions n'ont de cette manière pas influencés les mesures. Des travaux avaient lieu en différents endroits du site étudié. Les mesures ont cependant systématiquement été effectuées en des lieux ou des moments où le bruit des chantiers n'était pas audible.

Ces choix permettent d'une part d'éviter de mesurer, en chacun des points retenus, les niveaux de bruit en tous les instants de la journée, y compris des journées particulières (samedi, etc.) et de réduire ainsi le temps de mesure sur le terrain. Ils permettent d'autre part de choisir les moments des mesures et de faire ainsi abstraction des phénomènes acoustiques émergents, n'appartenant pas au fond sonore de la circulation automobile.

Cependant, ne respectant pas les conditions des mesures légales, elles sont principalement destinées à la réalisation des cartes du fond sonore ambiant de la circulation automobile, et ne peuvent être utilisées pour l'indication des applications normatives que sous les réserves de rigueur (façades devant lesquelles le niveau de bruit a le plus grand risque de dépasser les exigences).

3.3.2. Traitement des résultats

Les résultats indiqués par le sonomètre donnent de très nombreux chiffres qu'il est impossible d'analyser sans une classification et une moyenne des données. Des tableaux de résultats ont donc été mis au point (voir Annexe n° 13). Ils permettent de calculer, en fonction des valeurs mesurées en chaque point, les résultats moyens pour les périodes jour et soirée. Les modes de calcul utilisés dans ces tableaux sont les suivants :

Les niveaux équivalents

Les niveaux équivalents globaux sont déterminés selon une moyenne logarithmique des trois niveaux mesurés :

$$Leq_T = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T} \cdot (10^{Leq_1/10} \cdot t_1 + 10^{Leq_2/10} \cdot t_2 + 10^{Leq_3/10} \cdot t_3) \right), \quad \text{avec } T = t_1 + t_2 + t_3$$

Ce mode de calcul intégrant la durée de la mesure, il est donc nécessaire de toutes les réaliser selon une période fixe ou peu variable (en l'occurrence 2 min), si l'on veut prendre chaque mesure en compte de manière égale dans le résultat global (par exemple, de 9h à 9h02, de 12h45 à 12h.47, et de 16h26 à 16h28).

Les histogrammes

Les pourcentages moyens de temps pendant lequel chaque plage de niveau de bruit a été atteinte sont déterminés par la somme des pourcentages de temps occupés par ces intervalles durant chacune des mesures, divisé par le nombre de mesures.

Afin de faciliter la lecture et la comparaison entre les points, les moments, durées et résultats de chacune des mesures sont indiqués dans des tableaux Excel, moyennés automatiquement et reportés sur des graphiques.

Les niveaux maximums

Bien que cette indication ne soit pas directement utile pour notre cartographie, le sonomètre utilisé permettant de les mesurer, nous avons également noté les niveaux maximums repérés. Les résultats obtenus ne donnent cependant que les niveaux maximums des trois mesures de deux minutes effectuées pour chaque point. Il ne s'agit en aucun cas du niveau maximum de l'ensemble des périodes "jour" et "soirée" considérées.

Moyennes des périodes jour et soirée

Le tableau des résultats propose également une moyenne des niveaux mesurés le jour et le soir. Etant donné que la période jour est plus longue que la période soirée, il n'est pas possible de calculer cette moyenne de la même manière que précédemment. Les mesures le soir influenceraient trop le résultat moyen sur l'ensemble des deux périodes. Il a par conséquent été estimé qu'en moyenne la période jour durait environ 12h. (de 8h. à 20h.), alors que la période soirée ne durait que 4h. (de 20h. à 24h.). La période jour est donc admise environ trois fois plus longue que la période soirée. Les résultats moyens jour et soirée sont alors calculés selon les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Niv. équivalent: } L_{\text{Jour+Soir}} &= 10 \cdot \log \left(\frac{1}{16h} \cdot (10^{L_{\text{Jour}}/10} \cdot 12h. + 10^{L_{\text{Soir}}/10} \cdot 4h.) \right) \\ &= 10 \cdot \log \left(\frac{1}{4} \cdot (10^{L_{\text{Jour}}/10} \cdot 3 + 10^{L_{\text{Soir}}/10}) \right) \end{aligned}$$

$$\text{Histogramme: } L_{\text{Jour+Soir}} = (L_J \times 12 + L_S \times 4) / 16 = (L_J \times 3 + L_S) / 4$$

3.3.3. Analyse des résultats

Regroupement des mesures par secteurs

Il n'est pas envisagé de cartographier, point par point, tous les résultats des mesures effectuées sur le site. Ceux-ci ne sont, pour la plupart, pas intéressants individuellement. C'est surtout l'ensemble de ces résultats, analysés par situation géographique, qui permet de faire émerger les caractéristiques principales des différents fond sonore urbain. Au vu des similitudes entre certains des résultats obtenus et des impressions subjectives sur place, nous admettons qu'il est possible d'opérer des regroupements en différents secteurs à l'intérieur desquels la situation peut être admise comme stable.

Pour cette étude, l'espace cartographié a été "découpé" en six secteurs principaux (voir Figure 16):

- 1) **Le vieux quartier de Garet,** comprenant: - la rue du Garet (pts 2,5&4)
 - la rue Joseph Serlin (pt 1)
 - la rue Pizay (pt 3)
 - la rue de l'Arbre Sec (pts 6 & 8)
 - la rue Giuseppe Verdi (pt 7)
 - la rue Commarmot (pt 9)
- 2) **Le secteur Bourse-Neuve-Mulet,** comprenant :- la rue Neuve (pt 13)
 - la rue du Mulet (pt 14)
 - la rue de la Bourse (pt 15)
- 3) **La rue du Bât d'Argent** (pts 10, 11 & 12)
- 4) **La rue Gentil** (pts 16 & 17)
- 5) **La rue de la République** (pts 18, 19 & 20)
- 6) **Le quai Jean-Moulin** (pts 21, 22 & 23)

Les arrière-cours sont également analysées suivant les résultats des points 24 et 25.

La situation du passage Ménétrier (passage couvert intérieur) est traitée comme un cas particulier.

Trois raisons principales ont déterminé le choix de ces secteurs :

- ils correspondent à une logique géographique (ensemble de points à l'intérieur d'un secteur continu)
- ils donnent une "impression" sonore chaque fois différenciée sur le site (ils se démarquent les uns des autres par simple écoute sur place)
- les résultats des mesures à l'intérieur de chacun de ces secteurs offrent une certaine similitude

Les niveaux de bruit équivalents globaux, ainsi que les histogrammes, ont donc été calculés pour chacun des secteurs considérés (voir Annexe n° 14).

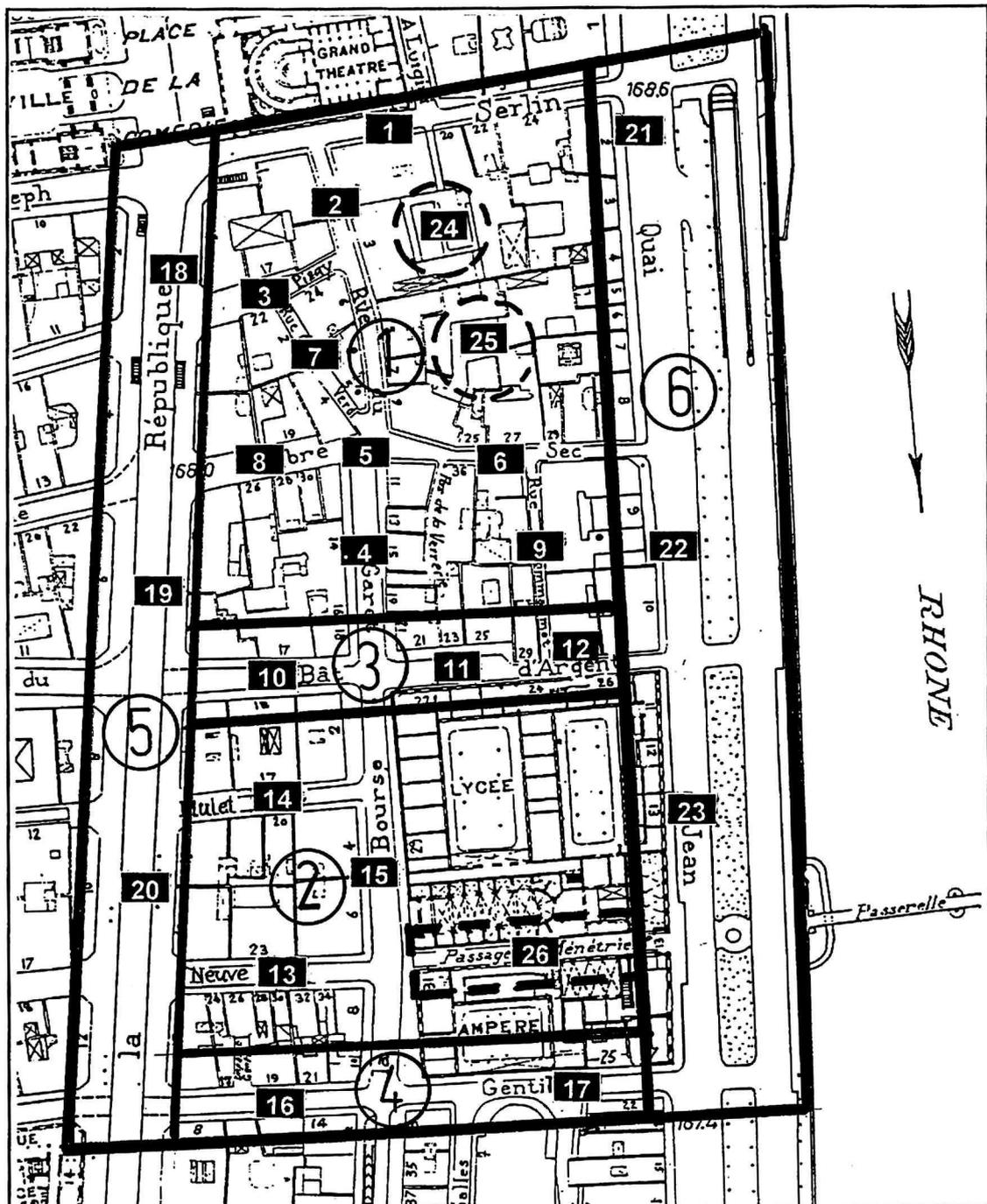


Figure 16
Regroupement des mesures par secteur

Analyse des niveaux de bruit équivalents

Le tableau ci-dessous donne le récapitulatif des niveaux de bruit équivalents mesurés sur place, ainsi que l'indication des moyennes logarithmiques par secteurs à l'intérieur desquelles le fond sonore urbain est admis comme stable.

Description des secteurs retenus		Leq jour dB(A)	Leq soir dB(A)	Diff. j./s. dB(A)	Leq j. & s. dB(A)
Vieux quartier du Garet					
point 1	18, rue Joseph Serlin	60	57	3	60
point 2	1, rue du Garet	62	56	6	61
point 3	17, rue Pizay	60	56	4	59
point 4	14, rue du Garet	57	59	-2	57
point 5	angle Garet - Arbre Sec	63	55	8	62
point 6	36, rue de l'Arbre Sec	61	57	4	60
point 7	2-4, rue Giuseppe Verdi	58	56	2	58
point 8	26, rue de l'Arbre Sec	60	53	7	59
point 9	2-4, rue Commarmet	62	54	8	61
Ensemble de points 1 à 9		61	56	5	60
Secteur Bourse-Neuve-Mulet					
point 13	23, rue Neuve	59	58	1	59
point 14	17, rue Mulet	57	50	7	56
point 15	4-6, rue de la Bourse	60	58	2	59
Ensemble de points 13 à 15		59	57	2	58
Rue du Bât d'Argent					
point 10	17, rue du bâtiment d'Argent	63	63	0	63
point 11	23, rue du bâtiment d'Argent	66	63	3	65
point 12	31, rue du bâtiment d'Argent	69	65	4	68
Ensemble de points 10 à 12		66	64	2	66
Rue Gentil					
point 16	19, rue Gentil	66	63	3	66
point 17	25, rue Gentil	65	65	0	65
Ensemble de points 16 et 17		66	64	2	66
Rue de la République					
point 18	1, rue de la République	64	62	2	64
point 19	7, rue de la République	66	60	6	65
point 20	13-15, rue de la République	65	61	4	64
Ensemble de points 18 à 20		65	61	4	65
Quai Jean-Moulin					
point 21	2, quai Jean-Moulin	69	68	1	69
point 22	9, quai Jean-Moulin	68	66	2	67
point 23	13, quai Jean-Moulin	67	64	3	66
Ensemble de points 21 à 23		68	66	2	67
Arrières cours					
point 24	cour semi ouv., sans activité	45	fermée	?	45
point 25	cour fermée, sans activité	40	38	2	40
Estimation		< 50	< 45	?	< 50

Figure 17 : Calcul des niveaux de bruits équivalents par secteurs

Ces niveaux équivalents par secteurs peuvent être indiqués en légende des trames temporelles reportées sur le plan, de manière à donner une indication des niveaux moyens de chacune de celles-ci.

Ils peuvent également nous servir à déterminer les secteurs à l'intérieur desquels les exigences normatives imposent une isolation acoustique particulière des bâtiments. En effet, bien que les niveaux extérieurs normalisés à prendre en compte soient souvent fournis par l'autorité chargée de l'application des exigences acoustiques, ces informations ne sont pas disponibles sur notre terrain. A défaut d'information officielle (carte du bruit routier) et sans possibilité de prévoir une estimation selon un modèle de calcul (nous n'en possédons pas), nous proposons d'utiliser ces mesures pour repérer les espaces devant lesquels l'isolation acoustique des façades des bâtiments risque de devoir être renforcée. Aucune mesure n'ayant été effectuée tard dans la nuit, seul le respect des exigences le jour peut être prises en compte.

Comme nous l'avons vu au § 2.1.2, pour la période jour, les façades nécessitent une isolation acoustique particulière dès que le niveau de bruit route extérieur est supérieur à : **$Leq_{\text{Jour}} \geq 65 \text{ dB(A)}$** .

Les rues où le niveau de bruit Leq_{jour} atteint ou dépasse 65 dB(A)

Selon les mesures effectuées, les façades donnant sur les espaces suivants doivent donc être spécialement isolées acoustiquement :

- le quai Jean-Moulin (points 21 à 23) $Leq \approx 68 \text{ dB(A)}$ le jour
- la rue du Bât d'Argent (points 10 à 12) $Leq \approx 66 \text{ dB(A)}$ le jour
- la rue Gentil (points 16 et 17) $Leq \approx 66 \text{ dB(A)}$ le jour
- la rue de la République (points 18 à 20) $Leq \approx 65 \text{ dB(A)}$ le jour

Les niveaux les plus forts ont été enregistrés sur le quai Jean-Moulin (point 21), très circulant, ainsi que dans la partie étroite de la rue du Bât d'Argent (point 12) où une file de voitures en attente au feu est quasi-permanente du matin au soir.

La rue de la République atteint juste le niveau de bruit équivalent ($Leq_{\text{J&S}} \approx 65 \text{ dB(A)}$) et se différencie par le fait que le fond sonore des véhicules est principalement du au nombreux bus de passage ou en attente aux arrêts. Il est possible qu'une mesure plus précise permette de déterminer que les exigences légales ne sont juste pas dépassées. Dans le cadre de ce travail, nous admettons cependant que le risque existe, et qu'il est nécessaire, soit de le vérifier, soit de prévoir des façades acoustiquement isolées.

Les rues où le niveau de bruit Leq_{jour} est inférieur à 65 dB(A)

Nous nous apercevons que les rues qui ne dépassent pas les exigences ont des niveaux de bruit nettement inférieurs :

- l'ensemble Bourse-Neuve-Mulet (points 13 à 15) $Leq \approx 61$ dB(A) le jour
- le vieux quartier du Gare (points 1 à 9) $Leq \approx 59$ dB(A) le jour

Même le niveau à l'emplacement le plus bruyant de ces secteurs (point 5, carrefour entre les rues du Gare et de l'Arbre Sec, $Leq \approx 63$ dB(A) le jour), est inférieur aux valeurs normatives. Il n'y a donc pas de risque pour que les façades des bâtiments dans ces rues doivent être spécialement isolées acoustiquement.

Au droit des carrefours avec les rues bruyantes, il est cependant possible que les bruits de celles-ci pénètrent dans les rues calmes et que les fenêtres proches de l'angle de la rue doivent être isolées. Pour tenir compte de ce phénomène, nous avons admis que seules les rues bruyantes dont le niveau de bruit dépasse les exigences d'au moins 3dB(A) risquent d'entraîner un dépassement des normes sur les façades des rues adjacentes⁹¹. Sur notre terrain, le quai Jean-Moulin ($Leq \approx 68$ dB(A) le jour) est dans ce cas. Il est donc souhaitable, sur la carte, de mentionner ce risque sur les façades des rues adjacentes, proches de celui-ci.

Les réserves de "silence", où le niveau de bruit Leq_{Jour} est inférieur à 50 dB(A)

Les arrière-cours sont particulièrement calmes et peuvent être considérés comme des réserves de silence. Les niveaux mesurés sont de $Leq \approx 40$ dB(A) dans une cour fermée sans activité (point 25), et de $Leq \approx 45$ dB(A) dans une cour "semi-fermée" sans activité (point 24). Ils peuvent toutefois nettement augmenter si un véhicule y pénètre ou si une activité bruyante s'y déroule. Il y a cependant peut de risque pour que les niveaux moyens sur la période "jour" dépassent 50 dB(A).

Il est utile de mentionner encore le passage Ménétrier. C'est une rue intérieure étroite et couverte, située dans le lycée Ampère et servant de passage piétonnier entre la rue de la Bourse et le quai Jean-Moulin, puis la passerelle sur le Rhône. Cet espace n'étant pas fermé à ses extrémités et fortement réverbérant, les bruits des rues adjacentes, en particulier ceux du quai Jean-Moulin (plus forts et continus), pénètrent profondément dans le passage. Le niveau de bruit à l'intérieur de celui-ci est par conséquent relativement élevé ($Leq \approx 59$ dB(A) le jour).

⁹¹ Ce choix est motivé par le fait que la réduction de l'angle de vision de la rue bruyante, depuis une rue perpendiculaire, est au moins de 50% (90°) par rapport à celui de la mesure effectuée dans la rue bruyante (180°). Seule la moitié de la source est donc visible, et le niveau de bruit est par conséquent diminué de 3dB ($10\log 50\% = -3$)

Pour l'ensemble des secteurs étudiés, les niveaux équivalents mesurés ne montrent pas de fortes différences des niveaux de bruit des véhicules entre le jour et le soir. Cette différence varie entre 0 et 8 dB, avec une moyenne inférieure à 5 dB⁹². Elle paraît plus marquée à l'intérieur du vieux quartier du Gare, et sur la rue de la République. Si l'on observe plus attentivement les résultats, on s'aperçoit cependant que ces différences sont très variables pour chaque point mesurés et qu'il est par conséquent impossible de tirer de conclusions par secteur.

On peut toutefois remarquer que pour la quasi-totalité du quartier, il n'y a pas de changement brusque de situation entre le jour et le soir. La décroissance du fond sonore urbain s'effectue de manière lente, suivant la réduction du trafic de transit et le retour des véhicules des habitants. Sur la rue de la République, la réduction du nombre de bus lors du passage en horaires de soirée crée un changement légèrement plus rapide. Dans tous les cas, le calme nocturne n'apparaît que tard dans la nuit. Les remarques des habitants et les conclusions des mesures effectuées en continu par le CSTB permettent d'estimer ce moment à environ une heure après la fin des activités nocturne (fermeture des cafés, restaurants, discothèques, etc.), c'est-à-dire entre une heure et trois heures du matin suivant le lieu et le jour.

⁹² La différence de -2dB au point 4 est certainement due à une mesure non représentative, spécialement calme de jour.

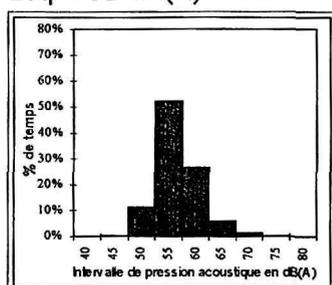
Analyse des histogrammes (réalisation de la trame temporelle)

La seule connaissance des niveaux de bruit équivalents ne permet pas de rendre compte de la variation des niveaux de bruit en fonction du temps qui passe. Elle ne donne que l'indication moyenne pendant une période définie. Afin de mieux analyser le caractère discontinu du fond sonore de la circulation, des histogrammes moyens de chacun des secteurs considérés ont donc été tracés pour les périodes jour, soir et jour & soir (voir calculs détaillés, Annexes n° 13 et 14).

Vieux quartier du Gare

Estimation le jour

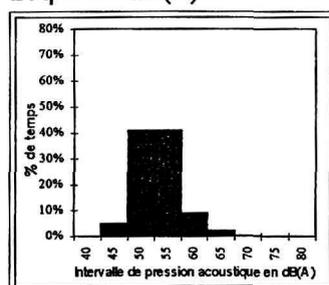
Leq ≈ 61 dB(A)



Vieux quartier du Gare

Estimation le soir

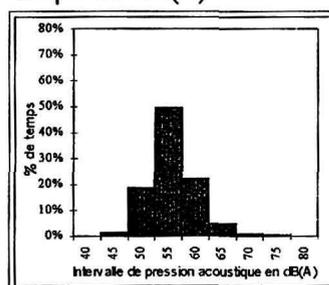
Leq ≈ 56 dB(A)



Vieux quartier du Gare

Estimation jour et soir

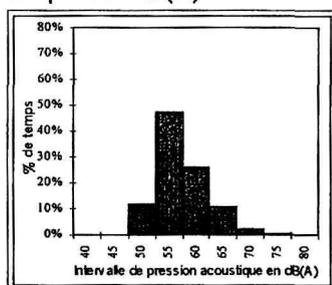
Leq ≈ 60 dB(A)



Bourse-Neuve-Mulet

Estimation le jour

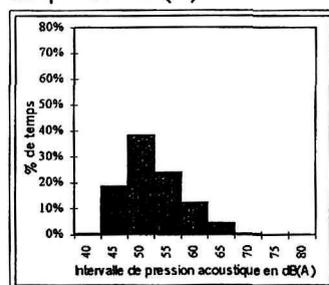
Leq ≈ 59 dB(A)



Bourse-Neuve-Mulet

Estimation le soir

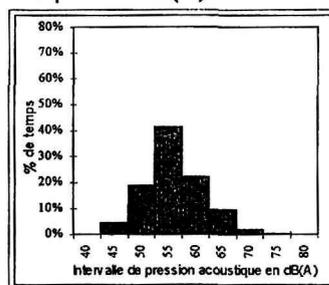
Leq ≈ 57 dB(A)



Bourse-Neuve-Mulet

Estimation jour et soir

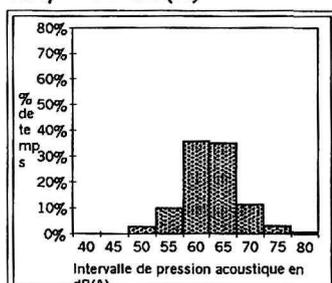
Leq ≈ 58 dB(A)



Bât d'Argent

Estimation le jour

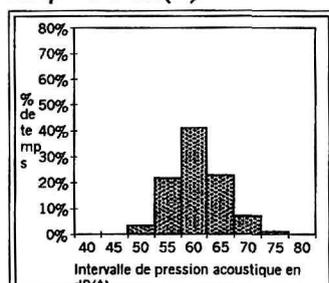
Leq ≈ 66 dB(A)



Bât d'Argent

Estimation le soir

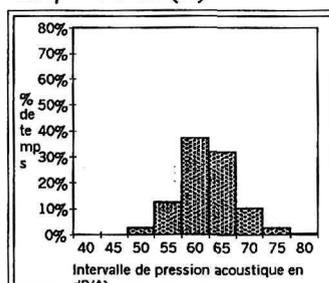
Leq ≈ 64 dB(A)



Bât d'Argent

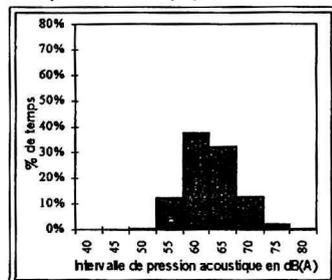
Estimation jour et soir

Leq ≈ 66 dB(A)

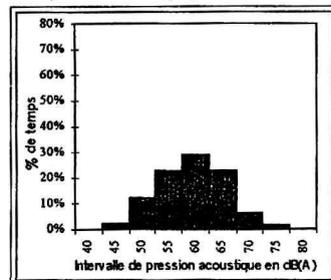


Rue Gentil

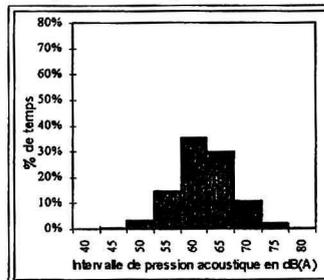
Estimation le jour

Leq \approx 66 dB(A)**Rue Gentil**

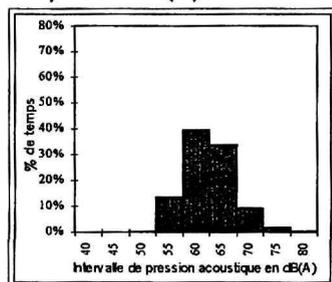
Estimation le soir

Leq \approx 64 dB(A)**Rue Gentil**

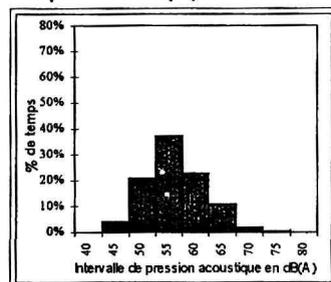
Estimation jour et soir

Leq \approx 66 dB(A)**Rue de la République**

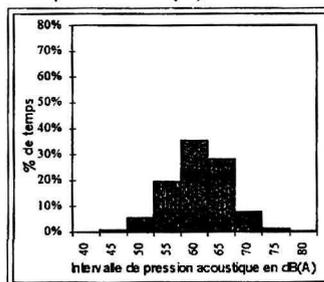
Estimation le jour

Leq \approx 65 dB(A)**Rue de la République**

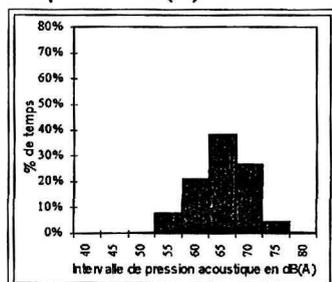
Estimation le soir

Leq \approx 61 dB(A)**Rue de la République**

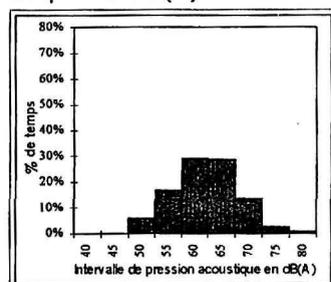
Estimation jour et soir

Leq \approx 65 dB(A)**Quai Jean-Moulin**

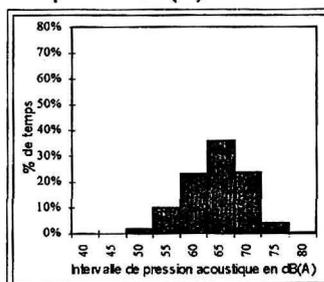
Estimation le jour

Leq \approx 68 dB(A)**Quai Jean-Moulin**

Estimation le soir

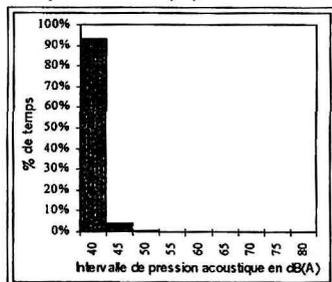
Leq \approx 66 dB(A)**Quai Jean-Moulin**

Estimation jour et soir

Leq \approx 67 dB(A)**Arrière cour protégée**

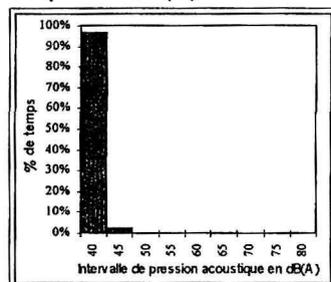
Estimation le jour

(Garet n°7, sans activité)

Leq \approx 41 dB(A)**Arrière cour protégée**

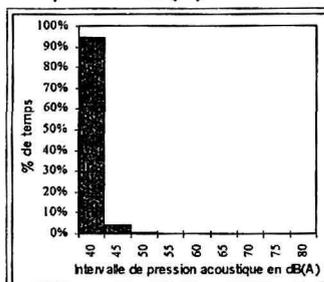
Estimation le soir

(Garet n°7, sans activité)

Leq \approx 38 dB(A)**Arrière cour protégée**

Estimation jour et soir

(Garet n°7, sans activité)

Leq \approx 40 dB(A)

Les indications fournies par ces histogrammes permettent de visualiser le caractère discontinu des niveaux de bruit, les potentiels de pause sonore qu'offrent chacun des secteurs, les niveaux les plus souvent atteints et de nombreux autres renseignements.

On s'aperçoit par exemple que le potentiel de pause est plus important le soir sur la rue Gentil que sur la rue du Bât d'Argent, ceci bien que les niveaux équivalents soient rigoureusement identiques. En effet, les niveaux de bruit occupent l'intervalle de $50 \pm 2,5$ dB(A) durant environ 14% du temps sur la rue Gentil, alors qu'ils ne l'occupent que durant env. 4% du temps sur la rue du Bât d'Argent. Cette constatation peut s'expliquer par le fait que la rue du Bât d'Argent (sortie de la presqu'île obstruée par un feu) est presque constamment remplie de véhicules en attente au feu, alors que la rue Gentil (accès à la presqu'île) est vide de véhicule lorsque le feu sur le quai est rouge.

Bien que les histogrammes permettent de montrer de nombreuses caractéristiques de la situation sonore, leur compréhension n'est pas maîtrisée par tous les lecteurs de la carte (aménageurs urbains) et nécessite un certain apprentissage. De plus, cette étude cherche à montrer l'effet de masque que peut avoir le bruit de la circulation automobile sur les autres faits et événements sonores qualitatifs. Un mode de représentation, sous forme de trame, a par conséquent été envisagé pour cartographier les résultats de ces mesures (cf. § 2.1.3). Celui-ci est censé permettre au profane d'appréhender d'un seul coup d'œil les niveaux approximatifs du fond sonore urbain ainsi que leurs variations suivant la durée.

3.3.4. Remarques sur la validité des mesures

Afin de pouvoir déterminer les niveaux de bruit dus uniquement à la circulation automobile, les mesures ont été effectuées sans tenir compte des autres faits sonores particuliers émergents (voix sur les terrasses des cafés, travaux, etc.). Elles ont été réalisées entre les événements sonores perturbateurs et sont donc de courtes durées.

Pour réduire le temps d'intervention sur le site, seules trois mesures d'environ deux minutes chacune (effectuées en trois différents moments des périodes "jour" et "soirée"), ont été réalisées pour chaque point retenu sur le terrain. La courte période mesurée ne permet par conséquent pas de garantir un résultat exact pour tous les points, en particulier dans les lieux où le fond sonore n'est pas continu (très peu de passage de véhicules). La moyenne des différents points par secteur, effectuée en fonction d'un nombre de mesures plus élevé (de 9 à 27 selon le secteur), permet cependant d'obtenir des résultats plus fiables.

En ce qui concerne la détermination des histogrammes, il est donc possible, pour chacun de ces secteurs, de représenter les résultats sous forme de trames qui rendent compte, de manière relativement correcte, de l'intensité et du caractère discontinu des différents fonds sonores de la circulation automobile.

Pour la détermination des façades nécessitant une isolation acoustique particulière, les mesures des niveaux équivalents sur le site n'ont cependant pas été effectuées selon les recommandations normatives, au 1er étage, à 2m devant les façades, et durant les périodes jour (de 6h à 22h) et nuit (de 22h. à 6h.). Elles ont été réalisées, en même temps que celles destinées à l'exécution de la trame temporelle, sur les trottoirs, au rez-de-chaussée, en différents moments de la journée jugés moyens. De plus, étant donné qu'aucune mesure n'a été effectuée tard dans la nuit, seul le respect des exigences de jour peut être vérifié.

La comparaison de nos mesures le jour sur l'ensemble du vieux quartier du Gare (Leq_{Jour} ≈ 61 dB(A)) montre que nos résultats sont de 3,5 dB(A) inférieures à ceux obtenus par le CSTB (Leq_{Jour} ≈ 64,5 dB(A)). Cette différence est probablement due aux faits que nos mesures, de courtes durées, ont pu omettre des moments particulièrement bruyants (camion manœuvrant, etc.), et que celles effectuées en continu par le CSTB ont intégré dans leurs résultats de nombreuses sources sonores, autres que le bruit de la circulation (restaurants, cafés, travaux divers, etc.). Nous ne parlons pas ici des variations de niveaux dues aux deux différents emplacements des points de mesure (rez-de-chaussée et 2ème étage). La rue du Gare étant relativement étroite et réverbérante, cette différence reste faible.

Les mesures effectuées lors de cette étude permettent cependant de bien différencier les secteurs calmes des secteurs bruyants. Dans les secteurs bruyants, la situation est en général plus stable (passage quasi continu de véhicules) et il y a moins d'événements sonores particuliers émergents. La différence de résultats entre les deux techniques de mesure devrait donc fortement diminuer. On peut donc admettre que la technique de mesure utilisée permet de repérer les secteurs considérés bruyants à l'intérieur desquels une isolation acoustique particulière des façades risque d'être obligatoire (Leq > 65 dB(A)).

En conclusion, nous dirons que les résultats obtenus permettent d'obtenir une information réaliste pour montrer sur une trame le pourcentage de temps approximatif durant lequel certains intervalles de niveaux de bruits sont atteints. Ils peuvent aussi servir à déterminer, en l'absence de mesures officielles, les façades des bâtiments risquant le plus de nécessiter une protection acoustique.

3.4. Représentation des résultats des mesures

3.4.1. Les exigences normatives en fonction des niveaux équivalents

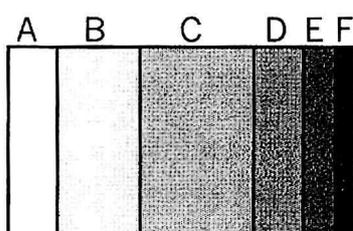
Comme nous l'avons vu au § 2.1.2, il est prévu d'indiquer les façades pour lesquelles il risque d'être nécessaire de prévoir une isolation acoustique particulière par un renforcement du trait de celles-ci sur le plan.

Il s'agit, selon nos mesures des façades des bâtiments situés le long du quai Jean-Moulin, de la rue du Bât d'Argent, de la rue Gentil, de la rue de la République, ainsi que de celles situées dans les rues adjacentes au quai Jean-Moulin, dans les parties proches de celui-ci.

3.4.2. Des histogrammes aux trames

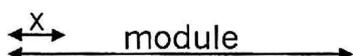
Comme nous l'avons également vu précédemment, il est prévu de représenter les résultats des histogrammes mesurés par secteurs sous la forme de trames susceptibles de rendre compte du caractère discontinu du fond sonore de la circulation.

Celles-ci sont composées de différents niveaux de gris correspondant chacun à un intervalle de niveau de bruit de l'histogramme. Chaque niveau de gris occupe sur la trame une surface proportionnelle à la durée pendant laquelle l'intervalle de niveau de bruit lui correspondant est atteint sur le site (cf. § 2.1.3).



A à F = Plages de niveaux de bruit (représentées par des trames de niveaux de gris)

x = pourcentage du temps durant lequel la plage de niveaux de bruit (A) est remplie (représenté par la largeur de la trame)



la largeur totale du "module" correspond au 100% du temps (somme des durées relatives de chaque plage de niveaux de bruit)

Ce mode de présentation comporte cependant deux difficultés pratiques qu'il est nécessaire de prendre en compte :

- le nombre d'intervalles de niveaux est limité par les possibilités de lecture différenciée des trames
- la durée d'occupation de chaque intervalle ne peut pas être indiquée de manière exacte

Intervalles de niveaux retenus pour la représentation cartographique

En plus du blanc et du noir, l'œil ne peut percevoir de manière différenciée que des niveaux de gris espacés de 20%⁹³. Il n'est de plus pas souhaitable d'utiliser le noir comme trame, étant donné qu'il masque entièrement le fond de plan. Nous ne disposons donc que de six valeurs différenciées (blanc, 10%, 30%, 50%, 70% et 90%) pour représenter les neufs intervalles de niveaux de bruit indiqués par les histogrammes (40±2dB, 45±2dB, 50±2dB, 55±2dB, 60±2dB, 65±2dB, 70±2dB, 75±2dB et 80±2dB).

Ces intervalles sont espacés de 5dB les uns des autres. Pour réduire leur nombre on pourrait les regrouper deux à deux, afin de créer des intervalles de 10dB. Cette démarche n'est cependant pas intéressante. Les intervalles deviennent trop grand pour différencier des situations perçues pourtant comme très différentes sur le site.

La solution proposée est de limiter le champ des plages de niveaux sur lesquels les histogrammes sont représentés. On peut en effet admettre qu'au-dessous de la plage 50±2dB la situation sonore est jugée calme, et que par conséquent il n'est plus nécessaires de différencier les plages de niveaux inférieures. Il en va de même pour les niveaux très fortement élevés, où l'on peut admettre qu'à partir de la plage 75±2dB, la situation est jugée très fortement bruyante. Pour la représentation cartographique, les plages suivantes ont donc été retenues :

- situation calme : $Leq \leq 52 \text{ dB(A)}$, intervalles 40+45+50dB(A), sans trame (blanc)
- situation peu bruyante : Leq de 53 à 57 dB(A), intervalle 55 dB(A), trame 10% de noir
- moyennement bruyante : Leq de 58 à 62 dB(A), intervalle 60 dB(A), trame 30% de noir
- situation bruyante : Leq de 63 à 67 dB(A), intervalle 65 dB(A), trame 50% de noir
- situation très bruyante : Leq de 68 à 72 dB(A), intervalle 70 dB(A), trame 70% de noir
- extrêmement bruyante : $Leq \geq 73 \text{ dB(A)}$, intervalles 75+80 dB(A), trame 90% de noir

⁹³ WIDMER Franz et al. : *La cartographie comme moyen de représentation des problèmes de l'environnement*, EPFL, Lausanne, 1982, p. 9

Représentation de la durée d'occupation de chaque intervalle

Les résultats indiqués par les histogrammes sont calculés au 1% près. Or ce degré de précision n'est pas réel. En effet, si le calcul mathématique permet cette précision, le nombre relativement peu important de mesures prises en compte, et le degré de particularisme de chacune de celles-ci nécessite de relativiser cette précision au niveau du résultat global. Un ordre de grandeur d'environ 5% paraît plus réaliste.

Pour la représentation cartographique des trames de niveaux de bruit, la largeur totale du "module" représentant le 100% de la durée de l'enregistrement doit être réduite au minimum. Après une série d'essais sur le plan de notre quartier à l'échelle 1/1000ème, nous nous sommes aperçus que cette largeur ne doit pas excéder 1cm pour que les différentes valeurs de trames, représentant des variations en fonction du temps, ne soient pas prises pour des différences spatiales.

Une précision de l'ordre de 5% de la durée d'une plage de niveaux de bruit correspond alors à une modification de ½ mm de la largeur de la bande de trame correspondante. Cette différence n'étant pratiquement pas discernable sur le plan, nous avons donc opté pour une solution qui consiste à indiquer le degré de précision des histogrammes à 10%, ce qui correspond à des variations de 1mm sur un "module" de 1cm.

Des tableaux de calculs (voir pages suivantes) ont été réalisés de manière à opérer ces simplifications pour les histogrammes des secteurs destinés à être représentés cartographiquement, le jour et le soir. Ces tableaux sont conçus de la manière suivante:

Ils utilisent comme données de base :

- la durée totale de toutes les mesures effectuées sur le secteur étudié, pendant la période considérée (par exemple la somme des durées des mesures effectuées le jour sur le vieux quartier du Garet)
- les durées totales, en seconde, pendant lesquelles les plages de niveaux retenues sont atteintes (cette durée est par exemple, pour la mesure de jour des niveaux inférieurs à 52 dB(A) (calme) sur le vieux quartier du Garet, calculée par la somme des secondes mesurées le jour sur les points 1 à 9 et sur les intervalles 40, 45 et 50 dB(A), soit : $(0+0+22) + (0+0+83) + (0+0+27) + (0+2+124) + (0+0+15) + (0+9+67) + (0+0+19) + (0+0+28) + (0+0+1) = 397$ s.)

Ces tableaux présentent ensuite le calcul des pourcentages :

- sans arrondis. : nb. de sec. occupé par la plage / durée totale des mesures
- arrondis à 5 ou 10% : même calcul, mais arrondi au 5 ou 10% inférieur ou supérieur.

Remarque 1 : Lorsqu'une plage indique, après arrondi, un niveau égal à 0%, le nombre de secondes mesurées dans cette plage s'ajoute pour le calcul à celles de la plage voisine (liaison des cases sur le tableau).

Remarque 2 : Si la somme des pourcentages arrondis calculés ne correspond pas à 100% du temps, un troisième calcul détermine l'arrondi le plus éloigné de la réalité et modifie sa valeur vers l'arrondi inverse, de manière à obtenir 100% au total (valeur indiquée en italique sur le tableau).

Sur la base des résultats de ces tableaux, il est ensuite possible de représenter sous forme de trame les histogrammes moyens par secteurs, le jour et le soir (voir tableaux et exemples de trames ci-après).

Approximation des histogrammes par secteurs : le jour

(déterminés par secteurs retenus, et arrondis à 5% et 10% près)

HISTOGRAMME JOUR	40 à 50	55	60	65	70	75 + 80
Intervalles considérés	≤ 52	53-57	58-62	63-67	68-72	≥ 73
arrondis à 5 et 10 %	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
par type de trame	Blanc	T. 10%	T. 30%	T. 50%	T. 70%	T. 90%
Vieux quartier du Garet						
Nb. de secondes total = 3403	397	1786	907	204	41	16
Pourcentage du temps mesuré	11.7%	52.5%	26.7%	6.0%	1.2%	0.5%
Arrondi à 5%, total =100%	10%	50%	30%	10%	total sec. = 261	
Arrondi à 10%, total =100%	10%	50%	30%	10%	total sec. = 261	
Bourse-Neuve-Mulet						
Nb. de secondes total = 982	132	516	245	69	6	0
Pourcentage du temps mesuré	13.4%	52.5%	24.9%	7.0%	0.6%	0.0%
Arrondi à 5%, total =100%	15%	50%	25%	10%	total sec. = 75	
Arrondi à 10%, total =100%	10%	50%	30%	10%	total sec. = 75	
Rue du Bât d'Argent						
Nb. de secondes total = 1132	30	112	408	395	130	42
Pourcentage du temps mesuré	2.7%	9.9%	36.0%	34.9%	11.5%	3.7%
Arrondi à 5%, total =100%	5%	10%	35%	35%	15%	172
Arrondi à 10%, total =100%	142	10%	40%	30%	20%	172
Rue Gentil						
Nb. de secondes total = 749	3	91	283	242	94	20
Pourcentage du temps mesuré	0.4%	12.1%	37.8%	32.3%	12.6%	2.7%
Arrondi à 5%, total =100%	94	10%	40%	30%	15%	5%
Arrondi à 10%, total =100%	94	10%	40%	30%	20%	114
Rue de la République						
Nb. de secondes total = 1532	6	210	607	516	148	35
Pourcentage du temps mesuré	0.4%	13.7%	39.6%	33.7%	9.7%	2.3%
Arrondi à 5%, total =100%	216	15%	40%	35%	10%	183
Arrondi à 10%, total =100%	216	20%	40%	30%	10%	183
Quai Jean-Moulin						
Nb. de secondes total = 1764	6	136	368	675	472	87
Pourcentage du temps mesuré	0.3%	7.7%	20.9%	38.3%	26.8%	4.9%
Arrondi à 5%, total =100%	142	10%	20%	40%	25%	5%
Arrondi à 10%, total =100%	142	10%	20%	40%	30%	559

Figure 18
Approximation des histogrammes par secteurs le jour

Approximation des histogrammes par secteurs : le soir

(déterminés par secteurs retenus, et arrondis à 5% et 10% près)

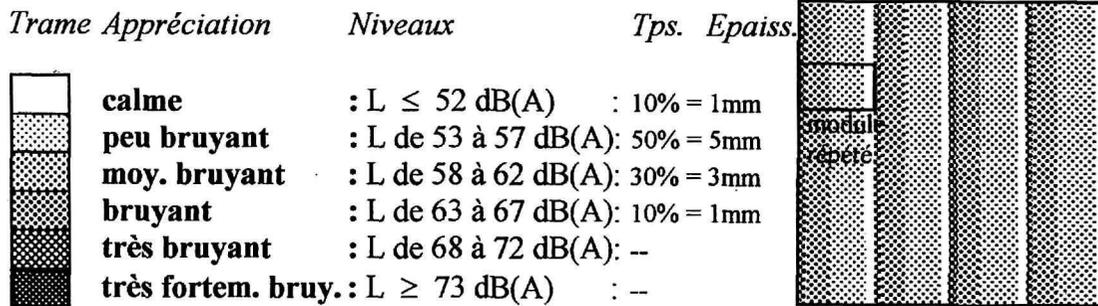
HISTOGRAMME SOIR	40 à 50	55	60	65	70	75 + 80
Intervalles considérés	≤ 52	53-57	58-62	63-67	68-72	≥ 73
arrondis à 5 et 10 %	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
par type de trame	Blanc	T. 10%	T. 30%	T. 50%	T. 70%	T. 90%
Vieux quartier du Garet						
Nb. de secondes total = 3264	1499	1328	296	79	14	0
Pourcentage du temps mesuré	45.9%	40.7%	9.1%	2.4%	0.4%	0.0%
Arrondi à 5%, total =100%	45%	40%	10%	5%	total sec. = 93	
Arrondi à 10%, total =100%	50%	40%	10%	nb. de secondes total = 389		
Bourse-Neuve-Mulet						
Nb. de secondes total = 1037	594	249	128	47	6	0
Pourcentage du temps mesuré	57.3%	24.0%	12.3%	4.5%	0.6%	0.0%
Arrondi à 5%, total =100%	60%	25%	10%	5%	total sec. = 53	
Arrondi à 10%, total =100%	60%	20%	10%	10%	total sec. = 53	
Rue du Bât d'Argent						
Nb. de secondes total = 1129	44	246	463	256	80	17
Pourcentage du temps mesuré	3.9%	21.8%	41.0%	22.7%	7.1%	1.5%
Arrondi à 5%, total =100%	5%	20%	40%	25%	10%	97
Arrondi à 10%, total =100%	290	30%	40%	20%	10%	97
Rue Gentil						
Nb. de secondes total = 744	107	168	217	170	47	16
Pourcentage du temps mesuré	14.4%	22.6%	29.2%	22.8%	6.3%	2.2%
Arrondi à 5%, total =100%	15%	20%	30%	25%	10%	63
Arrondi à 10%, total =100%	20%	20%	30%	20%	10%	63
Rue de la République						
Nb. de secondes total = 1306	325	488	294	144	26	4
Pourcentage du temps mesuré	24.9%	37.4%	22.5%	11.0%	2.0%	0.3%
Arrondi à 5%, total =100%	25%	35%	25%	15%	total sec. = 174	
Arrondi à 10%, total =100%	30%	40%	20%	10%	total sec. = 174	
Quai Jean-Moulin						
Nb. de secondes total = 1382	82	235	405	397	188	48
Pourcentage du temps mesuré	5.9%	17.0%	29.3%	28.7%	13.6%	3.5%
Arrondi à 5%, total =100%	5%	15%	30%	30%	15%	5%
Arrondi à 10%, total =100%	0%	20%	30%	30%	20%	236

Figure 19

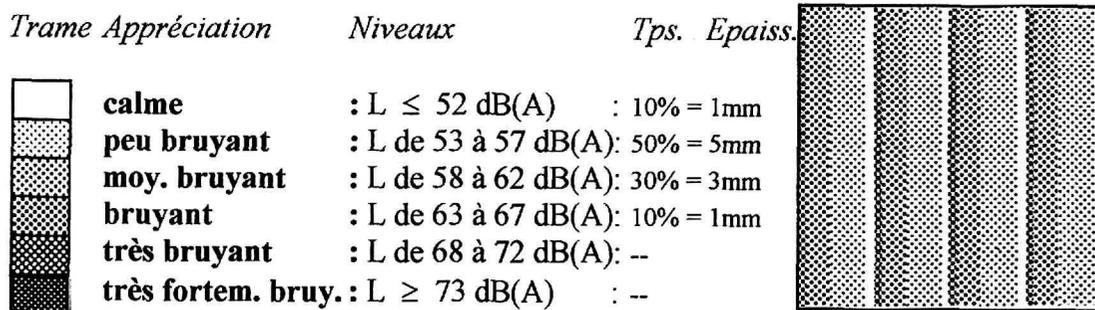
Approximation des histogrammes par secteurs le soir

Représentation des histogrammes par secteurs sous forme de trame (Figure 20)

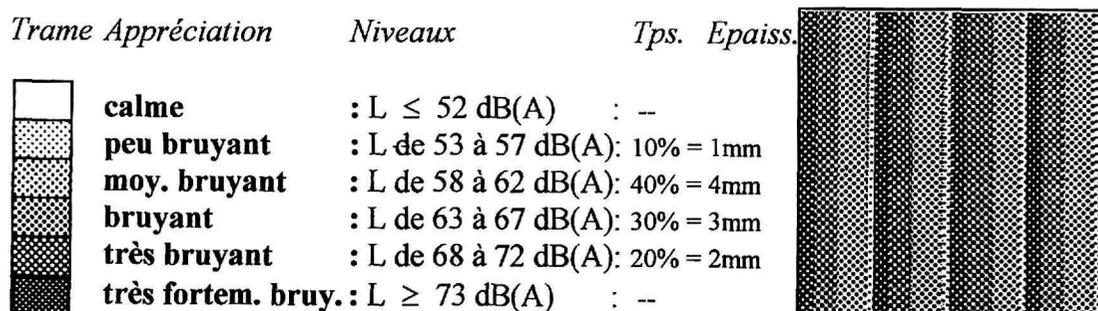
1) **Le vieux quartier du Garet, le jour** (points 1 à 9)



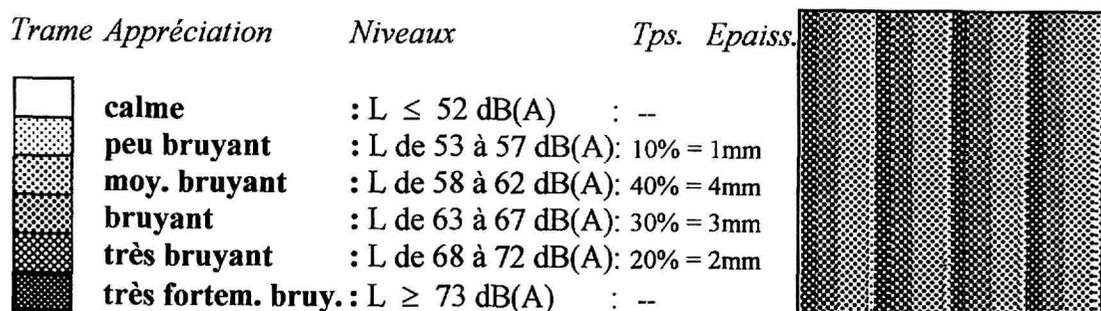
2) **Le secteur Bourse-Neuve-Mulet, le jour** (points 13 à 15)
(idem vieux quartier du Garet)



3) **La rue du Bât d'Argent, le jour** (points 10 à 12)

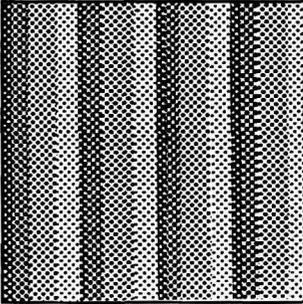


4) **La rue Gentil, le jour** (points 16 & 17)
(idem rue du Bât d'Argent)



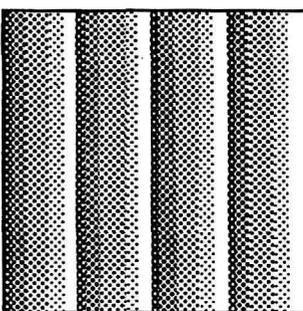
3) La rue du Bât d'Argent, le soir (points 10 à 12)

<i>Trame</i>	<i>Appréciation</i>	<i>Niveaux</i>	<i>Tps.</i>	<i>Epaiss.</i>
	calme	: L ≤ 52 dB(A)	: --	
	peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A): 30% = 3mm		
	moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A): 40% = 4mm		
	bruyant	: L de 63 à 67 dB(A): 20% = 2mm		
	très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A): 10% = 1mm		
	très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --	



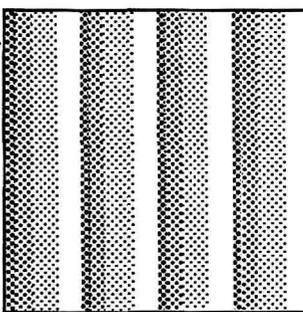
4) La rue Gentil, le soir (points 16 & 17)

<i>Trame</i>	<i>Appréciation</i>	<i>Niveaux</i>	<i>Tps.</i>	<i>Epaiss.</i>
	calme	: L ≤ 52 dB(A)	: 20% = 2mm	
	peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A): 20% = 2mm		
	moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A): 30% = 3mm		
	bruyant	: L de 63 à 67 dB(A): 20% = 2mm		
	très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A): 10% = 1mm		
	très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --	



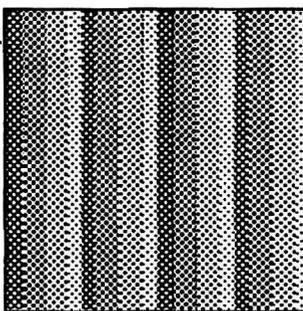
5) La rue de la République, le soir (points 18 à 20)

<i>Trame</i>	<i>Appréciation</i>	<i>Niveaux</i>	<i>Tps.</i>	<i>Epaiss.</i>
	calme	: L ≤ 52 dB(A)	: 30% = 3mm	
	peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A): 40% = 4mm		
	moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A): 20% = 2mm		
	bruyant	: L de 63 à 67 dB(A): 10% = 1mm		
	très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A): --		
	très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --	



6) Le quai Jean-Moulin, le soir (points 21 à 23)

<i>Trame</i>	<i>Appréciation</i>	<i>Niveaux</i>	<i>Tps.</i>	<i>Epaiss.</i>
	calme	: L ≤ 52 dB(A)	: --	
	peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A): 20% = 2mm		
	moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A): 30% = 3mm		
	bruyant	: L de 63 à 67 dB(A): 30% = 3mm		
	très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A): 20% = 2mm		
	très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --	

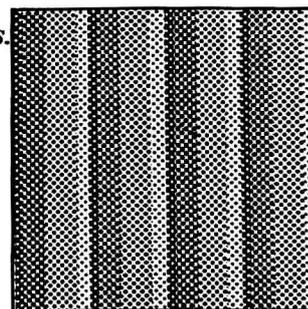


5) La rue de la République, le jour (points 16 & 17)

Trame *Appréciation* *Niveaux* *Tps. Epais.*



calme	: L ≤ 52 dB(A)	: --
peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A):	20% = 2mm
moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A):	40% = 4mm
bruyant	: L de 63 à 67 dB(A):	30% = 3mm
très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A):	10% = 1mm
très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --

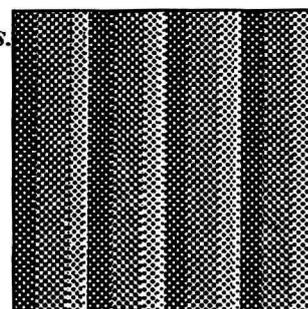


6) Le quai Jean-Moulin, le jour (points 21 à 23)

Trame *Appréciation* *Niveaux* *Tps. Epais.*



calme	: L ≤ 52 dB(A)	: --
peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A):	10% = 1mm
moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A):	20% = 2mm
bruyant	: L de 63 à 67 dB(A):	40% = 4mm
très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A):	30% = 3mm
très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --

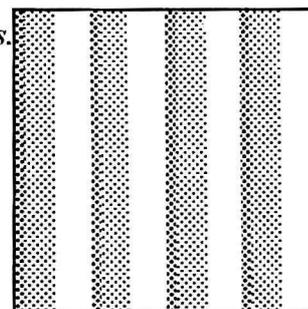


1) Le vieux quartier du Garet, le soir (points 1 à 9)

Trame *Appréciation* *Niveaux* *Tps. Epais.*

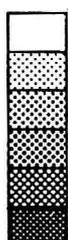


calme	: L ≤ 52 dB(A)	: 50% = 5mm
peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A):	40% = 4mm
moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A):	10% = 1mm
bruyant	: L de 63 à 67 dB(A):	--
très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A):	--
très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --

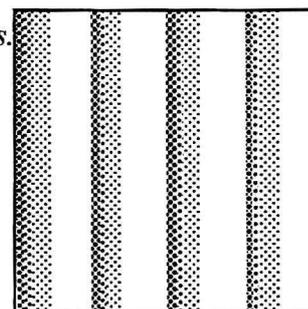


2) Le secteur Bourse-Neuve-Mulet, le soir (points 13 à 15)

Trame *Appréciation* *Niveaux* *Tps. Epais.*



calme	: L ≤ 52 dB(A)	: 60% = 6mm
peu bruyant	: L de 53 à 57 dB(A):	20% = 2mm
moy. bruyant	: L de 58 à 62 dB(A):	10% = 1mm
bruyant	: L de 63 à 67 dB(A):	10% = 1mm
très bruyant	: L de 68 à 72 dB(A):	--
très fortem. bruy.	: L ≥ 73 dB(A)	: --



3.5. Analyse qualitative du site

Il est important de rappeler qu'il n'est pas prévu de reporter sur la carte tous les renseignements qualitatifs susceptibles d'être observés sur le site. Cette étude se limite en effet à la cartographie de l'environnement sonore, selon les codes graphiques retenus. Nous savons donc déjà qu'il ne sera pas possible de rendre compte de tous les aspects qualitatifs de ce terrain.

Comme indiqué précédemment (§ 3.1), une analyse qualitative de ce site avait déjà été effectuée avant que nous débutions notre recherche, et une autre s'est effectuée en parallèle. Les résultats de ces travaux, concernant le terrain qui nous intéresse, sont présentés en annexe de ce document (voir Annexe n° 12). Toutefois ces recherches ont été effectuées dans un autre but que celui du présent travail. Certains des renseignements qu'elles fournissent ne peuvent pas être mis en évidence au moyen de la cartographie envisagée (impressions des habitants, propositions d'amélioration, identification de périodes non différenciées sur le plan, etc.). D'autres renseignements dont nous avons besoin, ne sont en revanche pas mentionnés dans ces études (localisation précise et exhaustive des critères retenus, etc.).

Pour pouvoir réaliser la carte proposée, il s'est donc avéré nécessaire d'entreprendre une nouvelle analyse du site, mieux adaptée aux besoins de cette recherche cartographique. Comme nous l'avons déjà indiqué, il était prévu de limiter à trois jours la durée totale d'intervention sur le site. Il n'a par conséquent pas été possible d'envisager le repérage des critères qualitatifs selon les techniques d'enquêtes mises au point par Pascal Amphoux⁹⁴. Une méthode très simplifiée est donc proposée.

Elle a pour objectif principal de repérer les principaux éléments significatifs de l'environnement sonore, et de les localiser. Afin de ne représenter sur la carte que des phénomènes sonores remarquables partagés, c'est-à-dire ceux qui sont perçus ou ressentis par la plupart des personnes, elle propose de mener en parallèle une analyse personnelle détaillée in-situ, et une série d'enquêtes auprès des habitants du quartier.

⁹⁴ AMPHOUX Pascal : *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble, et IREC, rapport n°117, EPFL, Lausanne, 1993, Tome 1 : 45 p.

Ces deux approches, complémentaires, permettent de mettre en évidence les redondances et agissent de manière interactive l'une par rapport à l'autre. Les phénomènes sonores observés in-situ peuvent par exemple être admis ou non comme facteurs représentatifs de l'environnement, suivant les résultats des entretiens. Les enquêtes peuvent également faire surgir certains aspects non remarqués lors de l'écoute sur place. Ensuite, la véracité des renseignements révélés uniquement par les entretiens doit être vérifiée, soit par un retour sur le site, soit par la répétition de l'information par d'autres habitants, soit encore par le contrôle de la vraisemblance de cette information.

La première phase d'observation (analyse personnelle) est effectuée en même temps que les mesures acoustiques, soit les deux premiers jours. Il est en effet tout à fait possible, entre les mesures (ou même pendant), de bien écouter l'environnement sonore et de noter les éléments représentatifs des critères retenus. Les enquêtes peuvent être réalisées à chaque fois que l'on rencontre un habitant disposé à nous répondre. Toutefois, c'est lors de la troisième journée que l'on cherche plus particulièrement à mener ces enquêtes. Un rapide retour sur place, entre les entretiens, est souvent nécessaire pour vérifier et situer spatialement les informations recueillies.

Cette méthode, bien que rapide, devrait permettre d'obtenir des résultats suffisamment fiables pour notre étude. Le but de cette analyse n'est en effet pas de déterminer, le plus précisément possible, les éléments qualitatifs d'un environnement sonore urbain, mais d'essayer de repérer rapidement les informations cartographiables. Nous admettons donc que cette méthode est suffisante pour notre étude, bien qu'il puisse être utile de l'améliorer pour une analyse plus précise.

3.5.1. Première observation in-situ

Ces observations ont été effectuées les lundi 13 et mardi 14 mai 1996 alors que nous réalisons les mesures acoustiques. Profitant de notre présence dans tout le quartier, il nous a été possible d'écouter attentivement l'environnement sonore, de rechercher les phénomènes représentatifs des critères de qualité retenus pour la cartographie, et de les répertorier, par rue et par critère.

Ces indications sont notées séparément pour les deux périodes retenues : le jour et la soirée. Toutefois la journée choisie pour l'observation du site n'est pas forcément représentative de la situation de toutes les journées de la semaine ou de l'année. Si pour quelques-uns des critères retenus la date de l'observation n'a qu'une importance limitée (phénomènes liés à l'espace, etc.), ce n'est pas le cas pour tous. Les sons dus aux activités humaines ou publiques varient par exemple fortement suivant la journée choisie. Deux écoutes différentes des sons publics ont donc été envisagées pour repérer d'une part les sons publics "normaux", c'est-à-dire le fond sonore public lors d'une journée calme d'entre-saison (ni pluie, ni grand soleil), et d'autre part les sons publics émergents (existants ou potentiels), issus d'activités particulières. Dans la première catégorie (fond sonore public), seuls les sons humains issus des circulations piétonnières (bruits de pas, de discussions, etc.) ont été répertoriés. Dans la deuxième catégorie, les autres sons susceptibles de révéler le degré de publicité, mais fortement variables suivant la journée (terrasses des cafés, etc.), ont été pointés en tant que faits sonores caractéristiques.

Cette première observation nous permet de déterminer les rues plus ou moins publiques en fonction du nombre de passants dont les sons de pas et de voix sont entendus. Cela correspond à peu près au tracé des cheminements plus ou moins parcourus. Elle nous permet également de repérer les endroits où une activité spéciale (terrasse de café ou de restaurant, discothèques, etc.) entraîne une forte prégnance de sons publics. Elle apporte en outre d'autres renseignements relatifs au degré de naturalité, comme le repérage des lieux où l'on entend des sons de la nature (oiseaux dans les arbres, pigeons dans les cours). Certaines relations entre l'intérieur et l'extérieur sont aussi apparues (perception depuis la rue de sons en provenance de l'intérieur des bâtiments), ainsi que quelques phénomènes sonores dus à l'espace (réverbération, connexions, etc.). Aucune séquence sonore représentative du lieu (atemporalité, mémoire collective, signature sonore, etc.) n'est cependant révélée à ce stade.

Les résultats de cette première observation du site sont indiqués dans deux tableaux récapitulatifs, pour le jour et la soirée (voir Annexe n° 15).

3.5.2. Enquêtes auprès des habitants

Afin d'enrichir cette analyse, des enquêtes ont été effectuées le mercredi 15 mai 1996 auprès des habitants du quartier. Pour repérer des informations nouvelles et vérifier les précédentes, ces enquêtes ont été réalisées en deux étapes successives.

La première consistait, après avoir expliqué le but de la démarche, à interroger les résidents sur leur environnement sonore. La question générique était : *Que pensez-vous de l'environnement sonore de ce quartier, non seulement en termes de nuisances, mais également en termes de qualité ?*

La seconde étape comprenait une série de questions susceptibles de les diriger vers les aspects qui nous intéressent plus spécialement. Les questions généralement posées étaient :

Entendez-vous des sons particuliers qui vous évoquent quelque chose ? Percevez-vous des sons du lointain ?

Lorsque certains phénomènes avaient déjà été repérés, soit par l'observation du site, soit par les enquêtes précédentes, les questions pouvaient être plus dirigistes, par exemple : *Entendez-vous tel ou tel son (en les nommant) ?*

La plupart de ces enquêtes ont été enregistrées. Les autres, soit à cause du refus de la personne, soit à la suite d'un dysfonctionnement de l'appareil, ont été retranscrites sous forme de notes.

Les personnes interrogées ont été choisies en fonction de la situation de leurs logements. Ceux-ci devaient donner sur la rue (espace étudié) et être le mieux répartis possible sur l'ensemble du terrain (exhaustivité relative des informations). Concrètement, il s'est agi de sonner aux portes des appartements dont la situation nous paraissait susceptible d'apporter des informations utiles pour la définition de l'environnement sonore (au moins un par rue caractéristique). De nombreuses allées sont cependant fermées, et disposent de sonneries sur la rue. Il n'était donc pas toujours possible de choisir précisément l'appartement où l'on souhaitait mener l'enquête. De plus, de nombreux appartements étaient inoccupés lorsque nous y sommes allés ou sont actuellement occupés par des bureaux. Enfin, certains habitants, par crainte ou ennui, ont refusé de répondre à nos questions. De ce fait, seules quatorze personnes, dispersées dans le quartier, ont pu être interrogées, et toutes n'y résident pas de manière permanente. Les entretiens obtenus permettent cependant de bien rendre compte de la diversité des occupants du quartier. Ils regroupent en effet des personnes de sexe, d'âge et d'activités bien différenciées.

Un compte rendu de ces enquêtes, ainsi que la localisation des personnes interrogées, sont proposés en annexe (voir Annexe n° 16).

Ces entretiens nous permettent de confirmer certaines des observations faites sur le terrain, et nous apportent d'autre part de nombreux renseignements nouveaux, par exemple :

- la perception, aux niveaux supérieurs des bâtiments, du carillon de l'hôtel de ville dans la partie ancienne (vieux quartier du Gare), ainsi que de la cloche de l'église St Bonaventure pour les bâtiments du début du siècle, en face du Lycée Ampère
- deux personnes, situées chacune à une extrémité du quartier, ont également mentionné la disparition de la cloche de la chapelle Ampère qui sonnait jour et nuit tous les ¼ d'heure.

D'autres éléments intéressants ont également été mentionnés :

- l'alternance des bruits des véhicules sur le quai Jean-Moulin (rythme des feux)
- le bruit des "fêtards" tard dans la nuit (fermeture de certains cafés, restaurants et discothèques jusqu'à quatre ou cinq heures du matin)
- en plein été on entend aussi les basses de la musique de la discothèque (portes ouvertes)
- tôt le matin, de nombreux camions, surtout sur la rue de la République, déchargent leurs marchandises
- etc.

On peut aussi remarquer, à titre indicatif, un certain regret des habitants à voir leur quartier se transformer en zone de bureau (*avant, tout le monde se connaissait, maintenant c'est mort*). Certains ont également l'impression que leur quartier ne leur appartient plus le soir et la nuit (*ce quartier est mal fréquenté*). L'environnement sonore le soir est "squatté" par des personnes extérieures au quartier qui viennent y faire la fête (théâtre, restaurants, discothèques)

Après un certain nombre d'enquêtes, on s'aperçoit que les personnes interrogées mentionnent toujours les mêmes éléments. Bien que des entretiens supplémentaires permettraient peut-être d'affiner la compréhension des phénomènes repérés, il paraît peu probable qu'ils mettent en évidence de nouveaux éléments réellement représentatifs de l'environnement sonore. Les renseignements obtenus, par les visites sur place et les entretiens effectués, sont donc admis suffisants pour envisager une cartographie représentative de l'environnement sonore du quartier.

4. LA REALISATION ET LA LECTURE DES CARTES

Sur la base des mesures et de notre analyse qualitative succincte, nous allons maintenant tenter de reporter ces résultats sur la carte, selon le mode de présentation proposé (cf. § 2.2), et chercher à voir les informations que l'on peut en tirer.

Pour faciliter certaines des lectures différenciées proposées, nous avons prévu de réaliser deux cartes (jour et soirée), composées chacune de trois plans superposables :

- le plan de l'ensemble des sources sonores dites qualitatives (fond sonore public et de la nature, et signes ou événements sonores caractéristiques)
- le plan du fond sonore de la circulation automobile (trame "temporelle"), à superposer aux éléments qualitatifs pour montrer l'effet de masque de celui-ci
- le plan des caractéristiques spatiales (réverbération, connexion, etc.), comprenant également les aspects normatifs (façades nécessitant une protection acoustique particulière), à superposer aux deux précédents, de manière à montrer certaines caractéristiques de propagation dans l'espace de tous ces sons

4.1.1. Le plan des qualités potentielles du site

Celui-ci (voir Annexes 17.1 et 17.2) contient des renseignements qualitatifs de nature diverses que nous allons tenter de détailler.

Le fond sonore public

Sur la base des impressions recueillies sur place, le degré de publicité du fond sonore humain (pas, peu, moyennement et très public) est reporté sous forme de trames colorées. Afin de pouvoir superposer à celles-ci la trame du fond sonore des véhicules, sans risquer de trop influencer le degré d'intensité des niveaux de bruit par l'intensité de la couleur, ces trames doivent être le plus clair possible, tout en restant discernables les unes des autres. Il est donc prévu de montrer le degré de publicité du fond sonore par des trames claires, allant du bleu (peu public) au rouge (très public), en passant par le violet (moyennement public)⁹⁵.

Le fond sonore de la nature

Seuls quelques oiseaux sont entendus le jour dans les arbres, et quelques pigeons dans les arrière-cours. Il est par conséquent difficile de donner différents degrés de naturalité au quartier. Une trame hachurée verte est simplement ajoutée par-dessus la précédente pour indiquer les lieux où ces oiseaux sont entendus.

⁹⁵ Les trames colorées disponibles sur le marché lors de la réalisation de la carte ne sont pas forcément les mieux adaptées à notre travail.

Les signaux ou événements sonores caractéristiques

Les signaux ou événements sonores caractéristiques les plus présents sur le site sont ceux émis par les terrasses des cafés et restaurants, les discothèques, la sortie du collège et sa cour de récréation. Ils sont reportés par un simple point indiquant leur situation et sont nommés dans une courte légende, de manière à permettre au lecteur d'imaginer les sons qui en émanent (mémoire auditive du lecteur).

Ces sons étant également publics (souvent plus que le fond sonore), les points qui les représentent sont colorés en rouge foncé. Une variation de leur taille permettrait également de montrer la prégnance relative de chacune des sources sonores représentées. Mais selon quel critère pouvons-nous la déterminer : l'intensité, la durée moyenne d'émission, l'impression d'importance pour les habitants, etc.? Sur cette carte, seules deux tailles de points ont été retenues : les faits et événements majeurs (importants pour la définition sonore du site), et les faits et événements mineurs (particularités intéressantes mais pas fondamentales).

D'autres éléments qualitatifs ont également été repérés : les sons du carillon de l'Hôtel de ville et de la cloche de l'église St-Bonaventure. Les sources de ces sons sont cependant en dehors de la parcelle étudiée. Elles sont donc cartographiées par une flèche et une courte explication de leur provenance. Une couleur différenciée (jaune) est utilisée pour montrer qu'il ne s'agit pas de sons publics. La cloche de la chapelle Ampère n'est pas mentionnée, étant donné qu'elle n'existe plus. Quelques autres sons mineurs ont été représentés : musicien de rue dans le passage Ménétrier, etc.

En certains lieux, on entend des sons venant de l'intérieur des habitations. Ces sons sont indiqués sous forme de flèches rouges (sons humains) qui sortent des bâtiments en direction de la rue.

La lecture de l'ensemble des renseignements qualitatifs

La combinaison des trames des fonds sonores humains (publics) et naturels avec le positionnement des principales sources sonores permet une lecture globale des qualités de l'environnement sonore du site, repérées durant le jour et la soirée. En outre, ces caractéristiques qualitatives sont les seules informations colorées de notre système cartographique, ce qui permet de bien les différencier des autres informations lors de la superposition des plans. Par ailleurs, l'utilisation de la même gamme de couleurs pour tous les sons provenant des activités humaines permet également d'indiquer le degré de publicité du site, non seulement par la variation de couleurs de la trame du fond sonore public, mais aussi par l'ensemble des signaux sonores particuliers ayant un caractère public (terrasses de café, perception des sons en provenance de l'intérieur des bâtiments, etc.).

Cependant, bien que les solutions graphiques proposées permettent de représenter au moins un aspect de chacun des critères de qualité principaux définis par Pascal Amphoux (cf. § 2.1.4), leur compréhension n'est pas toujours facile à visualiser. Comme nous l'avons déjà mentionné, seules des descriptions détaillées et/ou des bandes sons, éventuellement sur support informatique, pourraient permettre de réellement bien les mettre en évidence. De plus, la répartition des sources sonores ne permet pas d'indiquer leurs distances de propagation⁹⁶.

Malgré ces quelques inconvénients, nous pensons que cette approche permet déjà une première appréciation intéressante des qualités sonores potentielles du site, ainsi que la différenciation de certains secteurs qualitatifs particuliers à l'intérieur du quartier.

4.1.2. Le plan du fond sonore de la circulation automobile

Le système de trame du fond sonore de la circulation automobile proposé (voir Annexes 17.3 et 17.4), permet, comme prévu, de montrer certaines variations temporelles des niveaux de bruit des véhicules.

Afin d'éviter que le lecteur interprète les variations temporelles de la trame pour des variations spatiales, celles-ci sont disposées en biais par rapport aux rues et les séparations entre les secteurs considérés sont renforcées par un trait au passage d'une trame à l'autre. La légende, par type de trame par secteur (module), et non uniquement par niveaux de bruit selon l'intensité visuelle de chaque bande de trame, devrait également permettre d'éviter la confusion.

D'autre part, certaines rues étant bien plus bruyantes que leurs voisines, le bruit de celles-ci pénètre dans les autres. Les trames de chaque zone sont donc prolongées à l'intérieur de ces rues sur la distance approximative de ces pénétrations. Il s'agit ici des pénétrations dues principalement aux différences de niveaux de bruit. Celles facilitées par la configuration spatiale particulière de certains lieux sont indiquées en sus, au moyen d'un signe légendé (cf. § 2.1.4).

Cette représentation graphique des niveaux de bruit de la circulation permet donc de repérer facilement, par un simple coup d'œil, l'intensité moyenne du niveau de bruit de chaque secteur (les zones bruyantes et celles qui sont plus calmes), ainsi que le caractère discontinu des niveaux de bruit et le potentiel de pause de chaque secteur (durée des moments calmes).

⁹⁶ Un système de flèches ou de courbes "isophoniques" pourrait indiquer les distances de propagation de chaque événement sonore caractéristique, mais celui-ci risque de trop compliquer le plan, en particulier lorsqu'ils sont tous superposés.

Une lecture plus attentive de la légende permet en outre de connaître précisément les niveaux équivalents, ainsi que les résultats des histogrammes mesurés pour chacun des secteurs.

Toutefois le problème de la confusion possible entre répartition spatiale et temporelle reste latent si l'on envisage une représentation à une échelle plus large. La trame risque alors en effet de se retrouver disposée parallèlement ou horizontalement à certaines rues.

4.1.3. Le plan des caractéristiques spatiales

Ce plan comporte les principales caractéristiques sonores liées à la configuration spatiales du terrain étudié (voir Annexe 17.5). Ces caractéristiques ne sont pas représentées en fonction d'une quelconque échelle de valeur. Seuls les espaces où celles-ci sont fortement marquées sont signalés. Des signes légendés, mettant ces caractéristiques en valeur, sont figurés au centre de chaque espace concerné.

De plus, contrairement aux autres caractéristiques de l'environnement sonore, celles-ci étant liées à l'espace (statique), elles ne varient pas en fonction du temps. Elles restent donc les mêmes quel que soit le moment, et il n'est pas nécessaire, pour ce plan, de différencier les périodes "jour" et "soirée".

Pour simplifier la compréhension, les différents types d'espaces réverbérants (qui sonnent, où l'on s'entend bien, où le son porte loin) ont tous été représentés de la même manière, par un signe légendé représentant un espace réverbérant. Certaines connexions sonores, dues au fait que la forme de l'espace facilite la pénétration des sons, ont aussi été représentées (flèches). Quelques autres caractéristiques spatiales (dilatation du lieu, orientation) ont également été repérées et cartographiées.

Cependant, seules les caractéristiques spatiales susceptibles de mettre en évidence les critères de qualités définis par P. Amphoux (cf. § 2.1.4) ont été représentés. On peut donc regretter que d'autres caractéristiques spatiales, telles que les effets de coupure, de filtrage, etc., n'aient pas été pris en compte. Il serait par conséquent intéressant de voir comment celles-ci pourraient être ajoutées à notre système.

Par ailleurs, c'est également sur ce plan qu'ont été reportées les indications normatives retenues, c'est-à-dire la signalisation (par simple épaissement de leurs contours) des façades risquant le plus de nécessiter une isolation acoustique particulière. Ces normes imposant des valeurs limites le jour et la nuit, c'est l'indication des exigences déterminantes (les plus sévères) qui doit être reportée ici⁹⁷.

⁹⁷ Sur notre terrain, les niveaux de bruit n'ont pas été mesurés la nuit, il s'agit donc des conséquences des exigences de jour. On s'aperçoit cependant que pour le degré de précision des informations

4.1.4. La superposition des trois plans

En superposant les trois plans proposés (voir Annexes n° 17.6 et 17.7), la lecture de certaines caractéristiques devient plus difficile, mais elle reste possible. Cette superposition permet cependant de bien montrer l'effet de masque du bruit de la circulation automobile sur les facteurs qualitatifs de l'environnement sonore. On peut ainsi évaluer les possibilités d'émergence des différents éléments sonores qualitatifs au travers du bruit de la circulation par la prégnance visuelle des couleurs au travers de la trame, en fonction de la variation temporelle des niveaux de bruit des véhicules. On s'aperçoit par exemple facilement que les fonds sonores publics et de la nature (trames colorées) sont plus ou moins perceptibles selon le niveau de bruit des véhicules.

En ce qui concerne les faits sonores caractéristiques (points ou signes colorés), ceux-ci peuvent être perçus sur le terrain plus fortement que le bruit de la circulation (en particulier lorsque la source est d'un niveau élevé, ou que l'écouter se trouve proche de celle-ci). Afin de montrer précisément les relations entre les niveaux de bruit de la circulation et les faits sonores caractéristiques, un système complexe, indiquant chaque fait en fonction de sa prégnance (par exemple par une variation de taille), pourrait être envisagé. Il serait alors nécessaire de trouver un moyen de déterminer quels sont les critères qui influencent notre impression subjective de prégnance (intensité, spectre, durée, etc.). Dans le cadre de ce travail, aucune analyse détaillée de chaque fait sonore caractéristique n'ayant été effectuée, ils sont simplement représentés, en partie sous la trame du bruit de la circulation pour visualiser l'effet de masque de celui-ci, et en partie sur les bâtiments de manière à rester bien visible.

Enfin, l'indication des signes représentant les caractéristiques sonores liées à l'espace, au-dessus des deux plans précédents, donne une idée de certaines conditions de propagation des différents sons représentés. Leur proximité avec différents signaux sonores, montre également quels sont les sons susceptibles d'être concernés par ces phénomènes. On peut voir par exemple si un espace réverbérant ou une connexion sonore influent uniquement sur les fonds sonores urbains (véhicules, public, nature), ou aussi sur certains faits sonores particuliers.

normatives données, celles-ci sont suffisantes. Les rues où la situation pourrait éventuellement être déterminante la nuit (car beaucoup circulées jusque tard dans la nuit), dépassent déjà les exigences le jour, et celles qui ne les dépassent pas sont d'une part moins circulées la nuit, et d'autre part leurs niveaux de bruit le jour sont déjà d'environ 4 à 6 dB(A) inférieurs aux exigences.

5. CONCLUSION DE CETTE PREMIERE APPROCHE

A l'issue de cette première démarche méthodologique sur support papier, nous pensons avoir démontré qu'il est possible de trouver des solutions cartographiques à même de représenter plusieurs aspects de la qualité sonore (fonds et signaux sonores significatifs, caractéristiques sonores liées à l'espace), ainsi que certains aspects temporels de l'évolution des niveaux de bruit (transformation d'histogrammes en trame).

De plus, par la juxtaposition et la superposition de l'ensemble des données, il a été possible de mettre en évidence certaines des relations qui peuvent exister entre ces caractéristiques (effet de masque et potentiel de pause du bruit de la circulation, influences des caractéristiques spatiales sur les différents sons en présence, relations entre certains signaux et fonds sonore, etc.).

Le système proposé présente également l'avantage de ne pas nécessiter une longue intervention sur le terrain. Ne représentant que des composantes relativement faciles à repérer, la durée de trois jours fixée pour cette intervention à l'échelle d'un petit quartier s'est avérée suffisante pour répertorier les principales caractéristiques nécessaires à la réalisation de cette carte. Il faut toutefois relever que, ce terrain ayant déjà fait l'objet d'autres analyses (voir Annexe n°12), nous avons pu bénéficier d'informations qui nous ont permis une économie appréciable du temps nécessaire à l'appréhension sonore du site.

Il nous semble donc que ce premier prototype comporte déjà de nombreuses solutions novatrices et qu'il paraît relativement bien adapté pour représenter l'environnement sonore d'un quartier, lors d'une analyse rapide à petite échelle (par exemple un projet particulier de réaménagement).

Cependant, il n'a permis d'aborder que quelques-uns des aspects de la qualité sonore cités dans notre problématique générale et n'a proposé qu'une seule possibilité de représentation. Il ne s'est par exemple intéressé qu'à l'approche environnementale (faits connus et objectivables) et n'a pas du tout exploité les potentialités de l'informatisation de la carte.

Avant de pouvoir faire un quelconque bilan des potentialités de la cartographie à intégrer la dimension sonore qualitative, il nous paraît maintenant nécessaire de présenter notre deuxième recherche méthodologique envisagée en introduction. Nous reviendrons ensuite (cf. chapitre 4) sur l'analyse des principaux acquis et limites des deux systèmes proposés, ainsi que sur les possibilités d'amélioration et les pistes de recherches envisageables.

CHAPITRE 3

UNE PROPOSITION DE SIG INTEGRANT DES DONNEES SONORES QUALITATIVES

Ce chapitre présente une deuxième approche, menée sous la direction de Olivier Balay (CRESSON) et en collaboration avec Sylvie Servigne et Robert Laurini (LISI). Partant d'une étude sonore qualitative déjà réalisée, cette recherche a pour objectif de tester quelques possibilités de représentation de la dimension sonore qualitative urbaine à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG).

1. INTRODUCTION

1.1. Orientation de la recherche

Si le chapitre précédent a permis de démontrer qu'il est possible de représenter différents aspects de la qualité de l'environnement sonore sur une carte, puis de les mettre en relation les uns avec les autres, une nouvelle étude est réalisée afin de tester différentes possibilités de représenter la dimension sonore qualitative sur un support informatique.

Cette étude ne cherche pas simplement à automatiser la carte présentée précédemment (cf. chapitre 2), mais propose la réalisation d'un Système d'Information Géographique (SIG), enrichi des moyens multimédias (insertion de bandes sons, animations, textes explicatifs, etc.) susceptible de représenter sur un support infographique non seulement la dimension connue de l'environnement, mais également certains aspects des perceptions vécues et sensibles des individus.

Il s'agit d'une part de profiter des bases de données spatialisées des SIG pour tenter de cataloguer, de représenter et de mettre en relation diverses caractéristiques connues de l'environnement sonore (faits sonores, caractéristiques spatiales, affectations, etc.), et d'autre part, d'exploiter les potentialités des moyens multimédias pour essayer de retranscrire les résultats d'une analyse fine du monde sonore effectuée selon les méthodes mises au point par le CRESSON.

Pour ce faire, nous nous sommes associés à une étude sur la représentation de l'environnement sonore urbain à l'aide d'un système d'information géographique, menée sous la direction d'Olivier Balaÿ, chercheur au CRESSON, et en collaboration avec le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information (LISI)⁹⁸. Cette étude a permis la réalisation d'un prototype de SIG nommé "*Chaos*" (Conception et aménagement de l'environnement sonore urbain).

⁹⁸ BALAY Olivier et al. : *La représentation de l'environnement sonore urbain à l'aide d'un Système d'Information Géographique*, CRESSON, Grenoble, LISI, Lyon, 1999, 42 p.

1.2. Objectifs et hypothèses

Cette étude s'inscrit dans la continuité d'un travail précédent auquel nous avons également participé, et qui a consisté à mettre en évidence différents indicateurs de l'identité sonore de plusieurs quartiers lyonnais sur la base d'entretiens, d'enregistrements et de nouveaux entretiens sur écoutes réactivées⁹⁹.

L'objectif de ce travail est donc double. Il s'agit d'explorer l'outil SIG pour représenter différentes caractéristiques qualitatives de l'environnement sonore, et aussi pour rendre compte des résultats obtenus lors de cette première analyse identitaire du site.

Pratiquement, la réalisation de ce prototype de SIG cherche à associer deux types de données.

- *Les données environnementales* : elles traitent de certaines particularités sonores, spatiales et sociales, représentatives de l'environnement sonore humain. Ces particularités sont repérées de manière la plus exhaustive possible sur l'ensemble du territoire et mise à jour régulièrement.
- *Les données identitaires* : elles situent et détaillent les qualités sonores de certains lieux repérés comme étant fortement révélateurs de l'identité sonore de la ville ou de l'espace considéré. Tous les lieux ne sont donc pas représentés. Seuls les plus pertinents sont retenus et indiqués en tant que référents identitaires d'une date précise.

Cette double approche a plusieurs buts :

- L'archivage des données environnementales devrait permettre de montrer l'évolution des caractéristiques sonores, spatiales et sociales dans le temps.
- La constitution d'un catalogue de référents identitaires archivés dans le temps et expliqués de manière détaillée (textes et bandes son) devrait permettre de montrer l'évolution historique de certains aspects sonores révélateurs du lieu.
- La comparaison entre les données environnementales et identitaires devrait permettre une double lecture, basée d'une part sur la connaissance géographique des faits connus, et d'autre part sur la découverte de caractéristiques révélatrices des perceptions vécues et sensibles des individus.

Les utilisateurs potentiels des cartes sont ainsi amenés à réfléchir non seulement sur l'influence que peuvent avoir leurs démarches projectuelles sur certaines caractéristiques environnementales, mais également sur l'influence que peuvent avoir certaines de ces caractéristiques sur les perceptions sensibles des habitants.

Cette dernière remarque suppose qu'il existe un lien de cause à effet entre certaines caractéristiques de l'environnement sonore et les perceptions sensibles des individus. A ce stade, nous n'avons toutefois pas la prétention de mettre ces liens en évidence. Il ne s'agit que d'essayer de constituer des bases de données et des représentations cartographiques susceptibles de susciter l'intérêt et la réflexion du lecteur de la carte sur différents facteurs de qualité sonore, sur différentes identités sonores révélatrices, et sur d'éventuelles influences réciproques.

Hypothèses méthodologiques

Notre première hypothèse part du principe que la conception d'un SIG est l'occasion de créer un outil pédagogique pour l'appréhension de l'espace sonore qualitatif par le gestionnaire urbain.

Dans ce sens, il nous est apparu utile de chercher à regrouper, sur un même support SIG, un maximum d'informations susceptibles de renseigner sur différents aspects de la dimension sonore. Ces informations peuvent être issues de données extérieures déjà existantes et en relation avec la dimension sonore (affectations, plaintes enregistrées, densité de population, trafic des véhicules, etc.), de données obtenues lors de notre première analyse du site ou de nouvelles données spécifiques pouvant avoir un intérêt pour la compréhension de l'environnement sonore.

Notre seconde hypothèse part du principe que l'outil SIG permet de représenter des temporalités sonores localisées.

Comme nous l'avons déjà souvent souligné au cours de cette étude, le son évolue constamment en fonction du temps qui passe. L'utilisation du support infographique, dans le cadre de cette recherche, est donc l'occasion de concevoir l'intégration de données temporelles dans les bases de données et d'explorer des modes de représentation permettant de retranscrire ces temporalités.

Notre troisième hypothèse consiste à intégrer l'information textuelle et l'enregistrement sonore dans le SIG pour aider la réflexion sur l'aménagement sonore.

Lors d'une analyse détaillée de l'identité sonore d'un lieu (telle que celle menée dans l'étude citée précédemment), apparaissent de nombreux aspects de la dimension sonore qui ne peuvent pas se résumer par un seul mot ou signe légendé.

⁹⁹ BALAY Olivier et al. : *Les indicateurs de l'identité sonore d'un quartier, contribution au fonctionnement d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, Convention INGUL n° 95 03 046, CRESSON, Grenoble, INRETS, Lyon, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p.

De nombreuses informations seraient donc irrémédiablement perdues si l'on ne pouvait les retranscrire par l'insertion d'une plage de texte explicatif. Par ailleurs, seule la bande son permet de révéler certaines potentialités sonores d'un lieu à travers les usages les plus minuscules qui s'y déroulent. Exécutées selon un protocole de prise de son particulier, elles peuvent donc être de véritables références pour imaginer des concepts d'aménagement sonore ou corriger un espace acoustique donné.

1.3. Présentation du site

Le terrain investi pour ce travail est l'un de ceux étudiés lors de notre précédente recherche sur les indicateurs de l'identité sonore¹⁰⁰. Il s'agit du quartier de la rue du Romarin, dans le premier arrondissement de la ville de Lyon. Comme le définit Olivier Balaÿ, c'est un quartier typique de centre ville. On y trouve les caractéristiques de l'architecture lyonnaise, les traboules, les rues en pente, les escaliers de la colline de la Croix Rousse. Ce quartier populaire accueille de nombreux lieux silencieux méconnus. Mais c'est également un quartier vivant, animé, en pleine évolution, qui contient des activités appartenant au tissu économique de la soierie et du vêtement : le "sentier", comme le dénomment les Lyonnais. Actif le jour, bien identifié par les Lyonnais, ce quartier devient une zone de loisirs la nuit. Théâtre, mais aussi bars et boîtes de nuit drainent un mouvement d'activités nocturnes qui, dans certaines rues, n'a guère de pause dans la semaine.

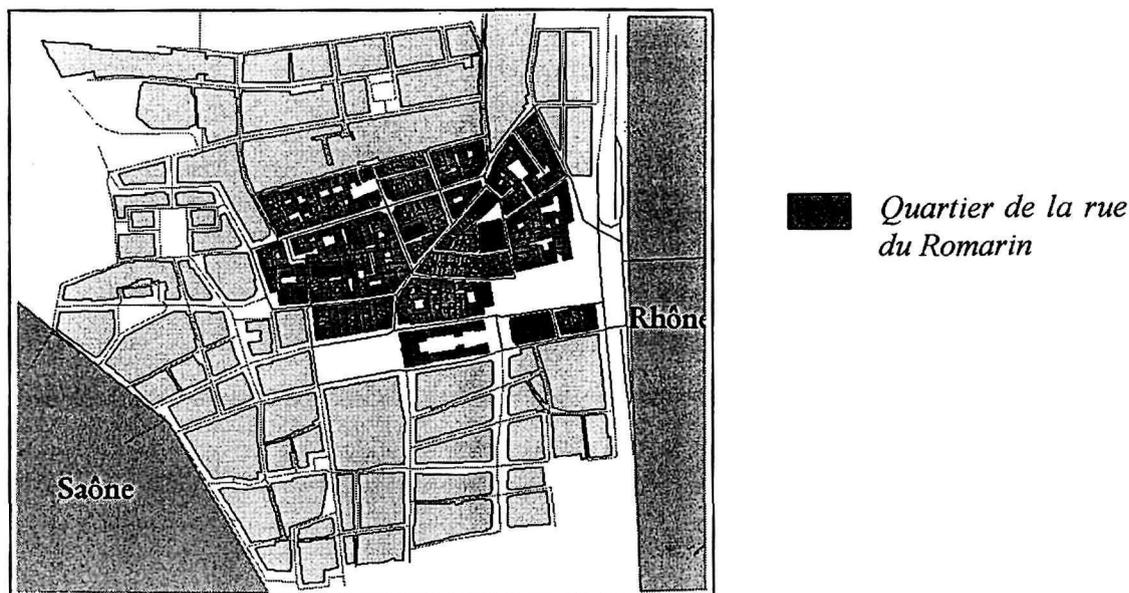


Figure 21

Situation du terrain d'étude, Lyon, 1er arrondissement, quartier du Romarin

¹⁰⁰ BALAY Olivier et al. : *Op. cit.*, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p

1.4. Présentation des intervenants

Ce travail nécessitant de grandes compétences en informatique, et plus particulièrement dans la réalisation de Systèmes d'Information Géographiques, il a été mené en collaboration avec le Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information (LISI).

Alors que l'équipe CRESSON s'est occupée de la conception générale et de la définition du cahier des charges, l'équipe LISI s'est chargée de la conception informatique et de la construction du SIG.

Equipe LISI

Sylvie SERVIGNE
Maître de conférence, enseignant à
l'INSA de Lyon, Chercheur au LISI

Myoung-Ah KANG
Doctorante au LISI

Anne-Claire CHANLON
Elève ingénieur à l'INSA de Lyon

Equipe CRESSON

Olivier BALAY
Architecte, docteur en urbanisme
et aménagement, Enseignant à
l'Ecole d'Architecture de Grenoble,
Chercheur au CRESSON

Blaise ARLAUD
Architecte-Acousticien,
doctorant au CRESSON

Cette collaboration a été l'occasion de nombreux échanges entre les deux équipes. Chacune d'entre elles connaissant peu ou mal le domaine de compétence de l'autre, de nombreuses réunions hebdomadaires ont été nécessaires pour que d'une part le LISI se familiarise avec les concepts d'urbanisme et les notions d'acoustique qualitative, et que d'autre part le CRESSON intègre les notions élémentaires de base de données, et le fonctionnement d'un SIG pour dresser des cartes.

1.5. Choix du SIG utilisé

Le but de cette étude n'est pas de concevoir de toutes pièces un SIG spécialement adapté à la dimension sonore qualitative. Il s'agit plutôt d'exploiter les potentialités d'un système existant et de l'adapter à nos besoins spécifiques (bandes sons, animations, etc.). Cette démarche est motivée par deux remarques principales. D'une part l'utilisation d'un système déjà couramment utilisé par les aménageurs urbains pour traiter d'autres informations leur permet d'appréhender la dimension sonore au moyen d'un outil connu. Ils sont ainsi plus facilement motivés pour l'utiliser. D'autre part, l'ajout d'une "couche sonore" dans leur Système d'Information global permet de mettre nos informations directement en relation avec d'autres caractéristiques pouvant interagir avec la dimension sonore, qu'il s'agisse des données de base du fond de plan (bâtiments, trottoirs, etc.) ou de données plus spécifiques pouvant avoir un lien avec la dimension sonore (affectations, circulations, population, etc.). La réutilisation des données déjà existantes permet ainsi de faciliter les mises à jour par la réactualisation automatique, sur le système global, de chaque modification de bases de données (par exemple modification du bâti).

Pour notre projet, notre choix s'est donc porté sur le SIG MapInfo[®], actuellement utilisé par la ville de Lyon pour cartographier les arrondissements, et déjà fréquemment exploité par le LISI à l'occasion de multiples recherches. Développé par la société MapInfo Corporation (USA), il est distribué en France par la société A.D.D.E. Comme tout SIG, ce logiciel permet d'associer des bases de données alphanumériques à des données graphiques localisées et de créer des relations entre elles. Fonctionnant sous le mode matriciel, il permet de représenter toutes sortes de données ou de combinaisons de données sous la forme d'objets ponctuels, linéaires ou zonals.

Pour les besoins de notre recherche, des fonctionnalités supplémentaires ont en outre été ajoutées à ce logiciel au moyen du langage de programmation MapBasic[®] et de divers programmes spécifiques (création d'animations, insertion de bandes sons et de plages de texte, personnalisation des interfaces, automatisation du dessin des cartes).

2. PRESENTATION DES BASES DE DONNEES DU LOGICIEL "CHAOS"

Contrairement à notre première démarche cartographique sur le quartier du Garet, ce travail ne part pas d'une démarche théorique destinée à établir un système cartographique permettant ensuite de rechercher sur le site les informations nécessaires à l'élaboration des cartes. Il tente au contraire de réutiliser au maximum les informations - ayant trait ou entretenant une relation avec la dimension sonore - déjà existantes dans les données de la communauté urbaine de Lyon (voir Annexe 18) et s'appuie sur des analyses sonores qualitatives déjà effectuées lors d'une étude précédente menée sur le quartier, à laquelle nous avons également participé¹⁰¹.

L'intérêt principal de cette démarche ne réside donc pas dans la façon dont sont repérées les informations *in-situ*, mais plutôt dans la manière dont elles peuvent être insérées au SIG, puis traitées, visualisées et exploitées pour favoriser la médiation. Il s'agit de voir comment organiser ces multiples renseignements en un système de base de données cohérent et de tester divers modes de représentation et d'utilisation.

Nous ne reviendrons donc pas ici sur les méthodes employées pour l'analyse du site et renvoyons le lecteur intéressé par cette phase du travail à la lecture de l'ouvrage consacré à ce sujet¹⁰¹ (voir extraits principaux concernant notre site : Annexe 19).

Nous allons simplement présenter la manière dont ces différents renseignements ont été introduits dans le système¹⁰² et comment il est possible de les visualiser. Par ailleurs, pour ne pas trop répéter ce qui a déjà été dit dans le précédent rapport publié à l'issue de cette recherche¹⁰³, ce projet ne sera pas présenté selon la succession des phases de travail ayant permis son élaboration, mais en fonction des types de données implémentées dans le système.

Voici donc les différents choix de données de base, d'analyses, de visualisations et d'utilisations retenus, ainsi que les principales cartes qui en résultent directement. Nous verrons ultérieurement (cf. § 3) comment ces données peuvent être réutilisées pour générer d'autres cartes et répondre à d'autres interrogations.

¹⁰¹ BALAY Olivier et al. : *Les indicateurs de l'identité sonore d'un quartier, contribution au fonctionnement d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, Convention INGUL n° 95 03 046, CRESSON, Grenoble, INRETS, Lyon, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p.

¹⁰² Pour les besoins de la cartographie automatique, et par conséquent de l'introduction exhaustive des données sur l'ensemble du site, des observations supplémentaires *in-situ* ont naturellement été nécessaires pour compléter les informations déjà disponibles.

¹⁰³ BALAY Olivier et al. : *La représentation de l'environnement sonore urbain à l'aide d'un Système d'Information Géographique*, CRESSON, Grenoble, LISI, Lyon, 1999, 42 p.

2.1. le fond de carte

Ce que nous nommons ici fond de carte ne correspond pas uniquement au dessin du fond de plan urbain. Il s'agit plutôt des données graphiques localisées de base sur lesquelles diverses informations peuvent ensuite être ajoutées.

Les données récupérées

Pour le composer, nous sommes partis des principales données de la situation géographique du lieu, fournies par le système urbain de référence (SUR) de la communauté urbaine du grand Lyon sous MapInfo[®], c'est-à-dire :

- les îlots cadastraux
- les parcelles
- les bâtiments
- les adresses (n° d'entrée des immeubles)
- les tronçons de rue
- les topolignes (trottoirs, lignes de plantations, bordures de ponts, voiries, etc.)

Ces données¹⁰⁴ comprennent non seulement la visualisation graphique des éléments, mais également certains attributs de base qui leur sont associés (n° de référence, date de création et de modification, etc.). Par ailleurs, de nombreux liens unissent ces différents éléments (tronçon-adresse, adresse-bâtiment, bâtiment-parcelle, parcelle-îlot, etc.). Il est ainsi par exemple possible de savoir automatiquement à quel îlot ou tronçon de rue appartient tel ou tel bâtiment, et par conséquent d'utiliser l'un ou l'autre des objets graphiques selon la requête demandée (par exemple visualiser l'ensemble des bâtiments appartenant à tel ou tel îlot ou donnant sur tel ou tel tronçon de rue).

Les données ajoutées

Pour notre travail, nous nous sommes cependant vite aperçus que ces seules données n'étaient pas suffisantes pour représenter l'ensemble des secteurs géographiques sur lesquels nous comptons introduire des données (attributs). En effet, les principaux espaces que nous avons analysé du point de vue de la qualité sonore sont les espaces extérieurs. Or, les seules données graphiques représentant ces espaces sont les tronçons de rues, représentés par un trait à l'axe de la rue. Il nous est donc apparu nécessaire de créer de nouvelles données graphiques localisées représentant les autres espaces extérieurs.

¹⁰⁴ Si ces données ont été, dans leur grande majorité, reprises telles quelles, certaines modifications ont cependant été effectuées afin de corriger des situations qui n'étaient pas mises à jour (suppression d'un bâtiment démolé, modification de la place Louis Pradel, etc.).

Nous les avons nommés "vides urbains" (place, cour, parc, etc.), leur avons attribué à chacun un numéro de référence et un objet graphique (surface de la zone concernée), avons créé les liens nécessaires avec les bâtiments les entourants puis, pour les cours intérieures, avec les îlots les contenant.

Par ailleurs, il nous paraissait également intéressant, dans un premier temps, d'ajouter les notions de façade et de logement, pour pouvoir différencier et visualiser séparément certaines données non pas uniquement par bâtiment, mais de manière plus détaillée. Cette démarche était très intéressante puisqu'elle permettait d'attribuer précisément de nombreuses informations à chacune de ces entités (hauteur, type de matériau, coefficient d'absorption, indice d'isolation acoustique, type de transition intérieur-extérieur, etc.). Elle s'est cependant avérée irréalisable compte tenu de l'importance du travail nécessaire. Il aurait en effet non seulement fallu introduire chacun de ces objets (avec les liens nécessaires entre eux et avec les objets "bâtiments", "tronçons" et "vides urbains"), mais surtout, il aurait été nécessaire d'effectuer une très longue recherche de plans détaillés et de trop nombreux repérages sur le terrain pour obtenir l'ensemble des données nécessaires à l'introduction des attributs prévus.

Pour la réalisation de notre "fond de carte", nous nous sommes donc arrêtés à une version allégée comprenant uniquement, comme support aux attributs, les données graphiques localisées et les liens suivants¹⁰⁵.

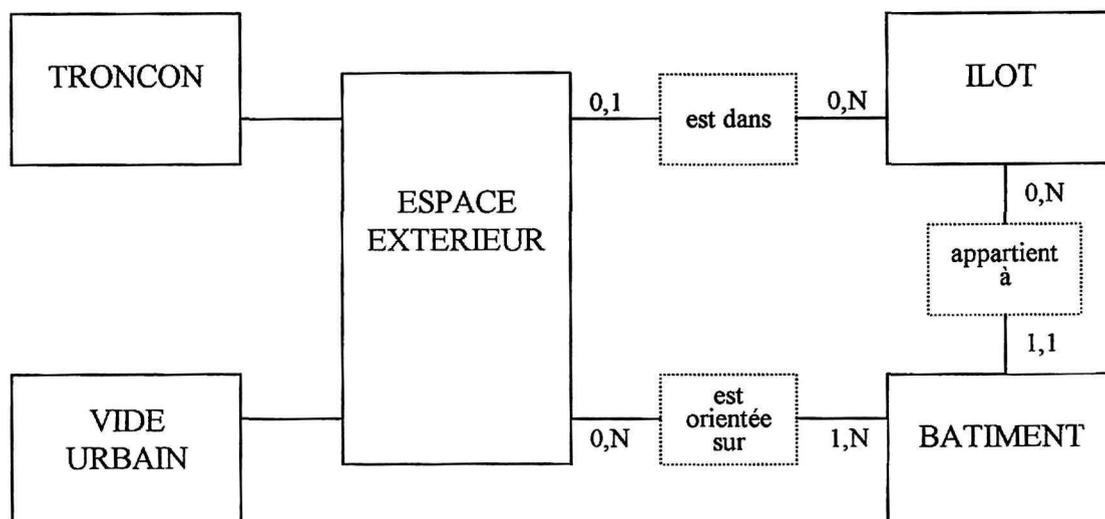


Figure 22 : organigramme des données graphiques localisées du "fond de carte"

¹⁰⁵ Nous verrons ultérieurement (cf. § 2.2, 2.3 et 2.4) que d'autres objets graphiques et d'autres liens ont été créés pour représenter certaines informations plus spécifiques (signaux sonores, affectations, emplacements des enquêtes, des bandes sons et des mesures, etc.). Ils n'apparaissent cependant pas ici, ne faisant pas partie des données graphiques de ce que nous avons nommé notre "fond de carte".

La visualisation de ces données

Ces objets permettent de visualiser tant le fond de plan du secteur étudié que les espaces extérieurs, également susceptibles de recevoir des attributs.

En ce qui concerne le fond de plan, la visualisation retenue met en évidence le secteur étudié par une différenciation de mode de représentation. L'espace urbain est en effet montré dans cette zone par le détail de chaque bâtiment (gris foncé), alors qu'il est simplement suggéré par le pourtour des îlots (gris clair) sur le reste de la carte.

Les espaces extérieurs, quant à eux, sont visualisables soit par les zones des vides urbains spécialement créés pour ce travail (ci-dessous en gris très foncé), soit par les traits des tronçons de rue (ci-dessous en noir), épaissis et placés sous les bâtiments, afin de remplir totalement les vides des rues.

Les teintes de tous ces éléments peuvent ensuite naturellement être variables en fonction des attributs que l'on désire montrer.

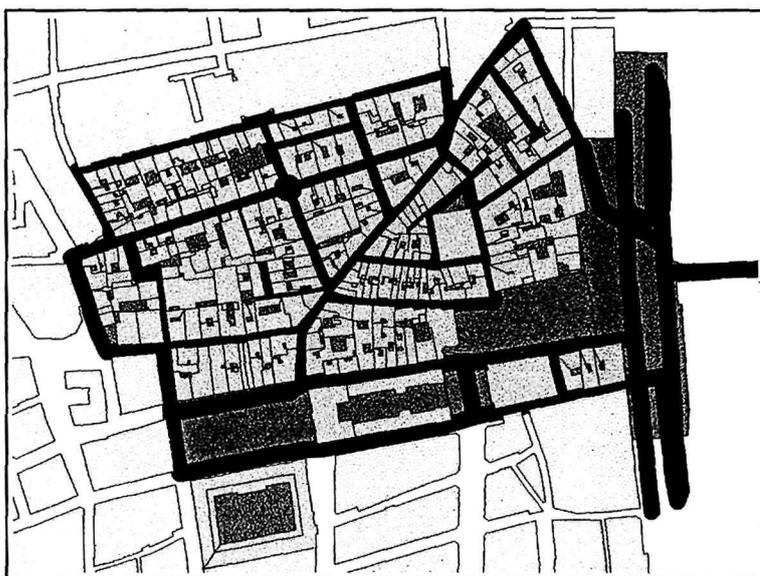


Figure 23
Visualisation des espaces extérieurs

Les conséquences de ces choix

Comme nous l'avons vu, si nous avons décidé de travailler sur la base des principaux éléments spatiaux ci-dessus, c'est avant tout pour imaginer un système capable de s'intégrer au SIG général de la communauté Urbaine de Lyon. Cette démarche a pour but principal la récupération et le suivi des modifications des données des différents services de la ville (par exemple modifications du bâti par le service du cadastre). En outre, elle permet au système général de profiter des nouveaux éléments ajoutés pour

le sonore (la notion de vide urbain peut par exemple certainement s'avérer utile pour le traitement d'autres données¹⁰⁶).

Cependant, ce choix dicté par la pratique et l'opérationnalité impose un certain nombre de contraintes pour la représentation de la dimension sonore.

Tout d'abord, l'espace sonore n'étant pas directement superposable avec l'espace géographique, il n'est pas possible de représenter toutes les données relatives au sonore sur ces seuls objets graphiques. Certaines caractéristiques sonores s'appliquent en effet à une portion plus restreinte du territoire (le pourtour d'une fontaine, l'environnement immédiat d'une terrasse de café, etc.), et d'autres, au contraire, à un espace plus large (tout un quartier, un groupe d'îlots, un ensemble de portions de rues et d'espaces, etc.). Si l'on désire montrer précisément l'emprise de ces caractéristiques, il est donc nécessaire de recourir à d'autres modes de visualisation, et par conséquent à d'autres données spatiales localisées.¹⁰⁷

Par ailleurs, cette approche en plan ne permet pas de montrer les variations selon l'élévation. Cette limitation n'est cependant pas trop invalidante pour notre travail, étant donné que nous traitons principalement les espaces extérieurs, et que ceux-ci ne sont généralement appréhendables qu'au niveau du sol ou, plus exactement, de l'oreille humaine.

Le choix de ces référents spatiaux principaux (tronçons, vides, bâtiments) impose également un certain nombre de restrictions en ce qui concerne l'échelle de représentation. En effet, si l'on s'éloigne trop de la parcelle (grande échelle), il devient difficile de visualiser distinctement les différents éléments, et lorsque l'on s'en approche beaucoup (petite échelle), les informations restent très globales et ne montrent aucuns détails supplémentaires. Ce choix nous paraît cependant bien adapté à l'échelle du terrain étudié (le quartier) où l'on peut, sur un format raisonnable (A4 ou écran d'ordinateur) visualiser l'ensemble et différencier clairement les différents éléments. Bien que la cartographie automatique permette toutes les variations d'échelles par le principe du "zoom", nous n'avons donc, pour cette étude, travaillé que pour une marge d'échelles restreinte (entre 1/2500 et 1/5000)¹⁰⁸.

¹⁰⁶ D'autres améliorations du système que nous verrons ultérieurement (insertions de sons, de textes, possibilités d'animations, etc.) peuvent également être réutilisées pour d'autres applications.

¹⁰⁷ Ceci n'empêche toutefois pas de créer des liens avec les espaces de base concernés (tronçons, vides urbains, etc.) pour une visualisation simplifiée ou la recherche automatique de recouvrements de données.

¹⁰⁸ Si l'on désirait ultérieurement étendre le système à toute une ville et prévoir une visualisation globale, il serait alors nécessaire de prévoir un autre mode de rendu intégrant des regroupements d'informations par entités spatiales plus élargies (quartiers, etc.). En ce qui concerne les informations plus détaillées, l'utilisation d'icônes localisés est également envisageable (cf. signaux sonores).

2.2. Les données extérieures

Avant de chercher à représenter les différentes caractéristiques sonores du site repérées lors de nos propres analyses, nous avons, dans un premier temps, réuni avec patience, auprès des différents services administratifs de Lyon, l'ensemble des informations existantes relatives au terrain d'investigation et pouvant avoir un intérêt pour la compréhension de la dimension sonore.

Ces données proviennent :

- de la Communauté urbaine du Grand Lyon
- des services informatiques de la ville de Lyon
- des sources INSEE disponibles à l'agence d'Urbanisme de la Communauté urbaine
- de la Mairie du premier arrondissement de Lyon
- de la "Division police et déplacement urbain"
- du "Département écologie urbaine de la Ville de Lyon"

Elles sont présentées sous trois formes :

- données textuelles ou chiffrées sur papier
- données cartographiques sur papier
- données infographiques sur MapInfo[®]

L'ensemble des informations recueillies est indiqué en annexe dans notre recensement exhaustif des données existantes (voir Annexe 21). Nous ne présentons ici que les données extérieures qui, nous étant apparues comme les plus pertinentes et les plus exploitables, ont été retenues pour la modélisation de nos bases de données et la réalisation du prototype.

Ces données sont les suivantes :

- Lieux d'intérêts touristiques ou inventaire des lieux d'activités
- Occupation des rez-de-chaussée commerciaux
- Classement sonore des voiries
- Densité de logement par îlot
- Traitement des plaintes
- Trafic automobile

Afin de tester l'exploitation du système pour l'introduction ultérieure de nos propres données, nous avons profité de la récupération de ces données extérieures pour expérimenter différents modes d'introduction et de représentation des données.

2.2.1. Les données comme attributs

L'introduction des données comme attributs des objets graphiques localisés de notre fond de plan permet d'une part d'utiliser les objets graphiques existants pour la visualisation des différentes données, et d'autre part de profiter des multiples liens déjà créés entre les différents objets pour effectuer des croisements d'informations avec toutes les autres données (requêtes multiples). Ce mode d'introduction a été utilisé pour la réalisation des deux cartes suivantes.

La carte de densité de logement par îlot

Cette carte est l'une des multiples cartes de source INSEE disponibles à l'agence d'urbanisme de la communauté urbaine. Fournie sur support papier, elle représente par des variables de couleurs différents niveaux de densité de logement par îlots. Pour l'introduire dans notre système, nous avons donc simplement ajouté à l'objet îlot de notre fond de plan un attribut densité de logement (nulle, faible, forte), correspondant aux différentes variables de couleurs de la carte initiale. Il est donc possible par simple requête de dessiner automatiquement la carte (voir Annexe 21.13) ou d'opérer des croisements avec d'autres informations (par exemple visualisation des tronçons de rue donnant sur au moins un îlot dont la densité de logement est forte).

La carte du trafic automobile

Les données sur le trafic automobile, issues de comptages réalisés par la ville de Lyon (Service circulation, Division police et déplacement urbain), sont fournies sous la forme de tableaux de chiffres correspondant au nombre de véhicules par tronçon de rue. Pour réaliser la carte, nous avons donc créé une base de données permettant d'associer à chaque objet "tronçon de rue" de notre fond de plan, les chiffres correspondants au nombre de véhicules. Nous avons ensuite utilisé un mode de représentation permettant de visualiser ces nombres sur les tronçons, soit par un chiffre au centre de la ligne, soit par une variable de couleur ordonnée¹⁰⁹.

Par simple requête, il est donc possible d'obtenir une carte permettant de visualiser et de comparer la densité du trafic de chaque tronçon de rue pour lequel un comptage a été réalisé. L'introduction de ces valeurs comme attributs des objets "tronçons" permet également d'opérer des requêtes multiples (par exemple tronçons dont la circulation excède x veh./jour et comportant telles ou telles autres caractéristiques sonores, spatiales, etc.¹¹⁰).

¹⁰⁹ Afin que ces variables visuelles correspondent à l'impression subjective d'augmentation du trafic (ou plus exactement du bruit induit), nous les avons fait évoluer selon une échelle logarithmique.

¹¹⁰ Caractéristiques sonores également introduite, comme nous le verrons ultérieurement, en tant qu'attributs dans le système, ou liées aux objets graphiques localisés de notre système de base.

Par ailleurs, ces données n'étant pas fournies uniquement en tant que moyenne journalière (TJM), mais également heure par heure en fonction du jour de la semaine (jours ouvrables, samedis et dimanches), l'ensemble de ces données détaillées a été introduit sous la forme d'une base de données temporelles. Une interface de saisie a en outre été créée afin de permettre des visualisations différenciées en fonction du choix de la période considérée (par exemple du vendredi midi au samedi à 8 h.).

PERIODE D'ANALYSE	
Début	Fin
<u>Semaine</u>	Semaine
Samedi	<u>Samedi</u>
dimanche	dimanche
<input type="text" value="12"/> h <input type="text" value="00"/> min	<input type="text" value="08"/> h <input type="text" value="00"/> min

Figure 24

Interface de saisie pour sélection de la période considérée

Comme nous le verrons ultérieurement (cf. § 3.2) un système d'animation de la carte a également été envisagé afin de montrer l'évolution de la situation tout au long de la période choisie.

2.2.2. Les données comme nouveaux objets graphiques localisés

Certaines données ne peuvent pas s'appliquer aux objets graphiques localisés de notre fond de plan, soit qu'elles concernent d'autres entités spatiales (plus larges, plus restreintes, en élévation, etc.), soit qu'elles véhiculent des informations ne pouvant pas être représentées par de simples variables (couleur, épaisseur, etc.) des objets graphiques concernés.

Il est alors possible de prévoir de nouveaux objets graphiques localisés susceptibles de représenter ces informations.

Si l'on désire cependant pouvoir croiser automatiquement ces informations avec d'autres données du système et visualiser les résultats de cette requête multiple sur la carte, il est alors indispensable de créer les liens nécessaires entre ces nouveaux objets et ceux contenant les autres données de la requête.

Les cartes d'inventaires des lieux d'activités

Parmi les données extérieures en notre possession, les informations concernant les inventaires des lieux d'activités - issues des lieux d'intérêt touristique fournis par le DSIT de la ville de Lyon - existaient déjà sous la forme de bases de données MapInfo[®] réalisées selon ce procédé (nouveaux objets graphiques).

Afin de récupérer toutes ces données et de tester ce mode d'exploitation, nous les avons donc reportées telles quelles dans notre système, en conservant les objets graphiques spatialisés existants qui leurs étaient associés.

Il s'agit de la répartition géographique des différents lieux suivants :

- espaces urbains (traboules)
- lieux de création
- lieux d'activités artistiques
- salles de spectacles
- galeries
- restaurants
- bars
- magasins
- artisans
- sentier (activités de la soierie et du vêtement)

Aucun lien n'étant créé entre ces objets et ceux de notre fond de plan (bâtiments concernés), il n'est pas possible de les associer automatiquement à d'autres données pour effectuer des requêtes multiples.

Nous n'avons cependant pas entrepris cette démarche dans la réalisation de notre prototype, estimant que si celle-ci s'avérait utile, il serait plus judicieux de la prévoir dès la saisie des données, en collaboration avec le DSIT de la ville de Lyon (mise à jour automatique).

Par ailleurs, si les liens entre ces données et les bâtiments étaient créés, il serait possible de les introduire simplement comme attributs des bâtiments et de les visualiser par des variables associées aux objets bâtiments (par exemple, colorer tous les bâtiments qui contiennent telle et/ou telle activité).

2.2.3. Les données comme annexe (images, textes, sons)

Il se peut également que certaines informations soient trop complexes (plages de texte, images, bandes sons, etc.) pour pouvoir être organisées en une base de données typologique visualisable par de simples objets graphiques. Il peut alors s'avérer utile de permettre l'ouverture de fenêtres multimédias donnant accès à ces informations, par l'intermédiaire d'un menu d'accès à un programme spécifique (par exemple Word[®], Paint[®], Média player[®], etc.). Ces données ne sont alors plus exploitées et visualisées par MapInfo[®], mais peuvent être associées au système de manière à être consultées directement depuis celui-ci (par exemple par l'ajout d'un menu déroulant).

C'est par exemple de cette manière qu'ont été récupérées les deux cartes suivantes.

Carte de l'occupation des rez-de-chaussée commerciaux

Cette carte, fournie par la communauté urbaine du Grand Lyon et représentant les diverses affectations commerciales des rez-de-chaussée par des trames colorées sur les bâtiments, n'existe à ce jour que sur support papier. Il aurait naturellement été possible de la reproduire dans notre système en ajoutant aux objets "bâtiments" de notre fond de plan les attributs correspondant aux diverses occupations répertoriées sur la carte.

Cette démarche ne nous est cependant pas apparue nécessaire car ce procédé (données comme attributs) a déjà été testé pour d'autres données extérieures (carte de densité de logement par îlot et carte du trafic automobile), mais aussi parce que ces affectations étant fréquemment sujettes à modification, le long et fastidieux travail que cela représente serait à recommencer régulièrement.

Il nous a donc paru plus opportun d'exploiter cette carte pour tester l'introduction de données annexes par l'intermédiaire d'un programme spécifique. Nous avons donc simplement scanné cette carte, l'avons conservée en tant que fichier image et rendue accessible depuis notre système au moyen d'un menu déroulant ajouté aux fonctionnalités de MapInfo[®] et permettant la visualisation de la carte par l'ouverture automatique d'une fenêtre Paint[®]. Ces données ne sont donc que consultables, mais en aucun cas exploitables par le système.

Carte du classement sonore des voiries

En ce qui concerne la carte du classement sonore des voiries (cartographie papier représentant les axes de circulation les plus bruyants, fournie par la ville de Lyon, Département environnement et écologie urbaine), la même démarche a été adoptée étant donné que sur notre terrain d'investigation, seules deux rues sont concernées et que leur situation sonore a déjà changé depuis la réalisation de la carte.

2.2.4. Les données annexes localisées

Certaines de ces données annexes (plages de texte, images, bandes sons, etc.) peuvent également ne pas concerner l'ensemble du secteur étudié, mais au contraire ne s'appliquer qu'à un lieu précis. Il peut alors être utile de les associer à un objet graphique localisé afin de situer ce lieu sur la carte. Pour ce faire, une interface de saisie - accessible depuis l'objet graphique en question (par exemple par un double "clic" sur l'objet) - peut être créée afin de permettre l'ouverture automatique des fenêtres multimédias donnant accès à ces informations (ouverture du programme approprié et chargement de la donnée concernée).

Dans cette configuration, bien que les données ne soient plus exploitées et visualisées directement par MapInfo[®], un certain nombre de requêtes sont envisageables par la création d'une interface de recherche, par exemple : sélection de tous les lieux (ou objets graphiques) contenant telle ou telle information annexe, dont le texte contient tel ou tel mot, etc.

Carte du traitement des plaintes

Cette démarche est à peu de choses près celle qui a été utilisée pour la carte du traitement des plaintes. En effet, les données en notre possession (fichiers de la Mairie du 1^{er} arrondissement de Lyon 1995, 96 et 97), comprenaient non seulement la liste des plaintes formulées à la Mairie, avec une brève description de la plainte et du plaignant, mais également les adresses de chacun des lieux concernés par ces plaintes.

Pour la réalisation de la carte, après avoir sélectionné les plaintes relatives à la dimension sonore, nous avons donc créé des objets graphiques localisés (points) en chaque lieu sujet à plainte et y avons associé, par l'intermédiaire d'une interface de saisie les informations s'y rapportant.

Ces informations étant relativement succinctes pour des raisons évidentes de confidentialité, il n'a pas été nécessaire d'utiliser un programme textuel spécifique pour les visualiser. Nous avons simplement introduit les remarques dans une base de données (par exemple : Type de plaignant : *riverain* ; Description de la plainte : *nuisance sonore due à l'exploitation d'un bar*) et avons créé une interface accessible avec la souris depuis l'objet graphique concerné, qui permet de visualiser ces données dans une fenêtre MapInfo[®].

Ce même mode d'utilisation (apparition d'une interface de saisie par sélection de l'objet graphique) peut être envisagé pour accéder à toutes sortes d'autres informations. Il est donc possible de l'utiliser pour faire apparaître des informations plus complexes tels que des longs textes, des fichiers images ou des bandes sons. C'est d'ailleurs la méthode que nous avons utilisée pour la réalisation de la carte du patrimoine sonore.

2.3. la carte du patrimoine sonore (voir Annexe 21.1)

Fort de ces premières expériences, nous avons ensuite cherché à représenter les différentes caractéristiques sonores du site repérées lors de nos propres analyses.

En ce sens, nous avons tenté, dans un premier temps, de représenter les résultats de notre étude qualitative du site tels qu'ils ont été obtenus lors de notre précédente recherche sur les indicateurs de l'identité sonore du quartier¹¹¹.

Sans entrer dans le détail de cette étude, indiquons simplement que celle-ci a permis :

- de mettre en évidence, sur la base d'observations du site et d'entretiens auprès de la population, différents lieux et itinéraires représentatifs, expressifs et/ou sensibles, particulièrement révélateurs de l'identité sonore du site, ainsi que certaines de leurs caractéristiques,
- d'enregistrer, pour la plupart des espaces retenus, une séquence sonore révélatrice des principales caractéristiques repérées lors de l'analyse préliminaire de sélection des terrains exemplaires,
- d'obtenir des analyses identitaires détaillées de chacun de ces espaces par l'organisation d'entretiens sur écoute réactivée et de séances de discussion, organisées lors de journées "phonoréputationnelles" en présence de quelques habitants du quartier, de personnes particulièrement sensibles à la dimension sonore et de professionnels de l'aménagement urbain.

En réponse à notre premier objectif, cette carte cherche donc à représenter l'ensemble des informations détaillées obtenues lors de cette étude. Il s'agit de rendre compte, sur un support infographique, des différents espaces et parcours retenus comme particulièrement révélateurs de l'identité sonore du quartier, puis d'y associer les diverses informations recueillies.

Ces informations se présentent sous la forme de textes, de tableaux et de bandes sonores. Mettant en évidence, chaque fois, la spécificité de l'espace considéré, elles ne peuvent pas être traduites par la seule approche cartographique (symboles visuels) sans que l'on perde une grande partie de leur contenu. Elles doivent au contraire être les plus exhaustives et les plus précises et détaillées possible pour proposer de véritables espaces de références, certes uniques et particuliers, mais appréhendables dans "toute" leur complexité et comparables entre eux ainsi qu'avec d'autres situations.

¹¹¹ BALAY Olivier et al. : *Les indicateurs de l'identité sonore d'un quartier, contribution au fonctionnement d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, Convention INGUL n° 95 03 046, CRESSON, Grenoble, INRETS, Lyon, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p.

Nous avons donc décidé de ne montrer sur la carte que la situation géographique de ces espaces et itinéraires identitaires, puis de permettre, au moyen d'une interface de saisie, l'obtention des informations sonores et textuelles s'y rapportant.

Par un simple "clic" sur les différents objets graphiques de la carte (points ou groupes de lignes pour les espaces et traits tillés pour les itinéraires) le système propose donc différentes informations par l'interface suivant :

Lieu : description du lieu sélectionné

Observation du site :

Point de vue observateur

Exemplarité observée

Point de vue habitant :

Synthèse d'enquêtes

Fragments d'entretiens

Enregistrement :

Ecoute

Transcription

Figure 25

Interface de saisie pour obtention des informations textuelles et sonores relatives au patrimoine sonore

Les premières informations proposées concernent les observations du site effectuées par les professionnels chargés de l'analyse le site. Elles regroupent, sous forme textuelle (ouverture automatique d'une page Word associée), l'ensemble des remarques et caractéristiques sonores mises en évidence par ces observateurs avertis (effets, critères de qualité, etc.).

Les menus suivants indiquent le point de vue des habitants par des textes complémentaires synthétisant les résultats des enquêtes effectuées et les illustrant par des extraits d'entretiens révélateurs.

Les deux derniers menus proposent l'écoute (par l'intermédiaire du logiciel Windows Média Player) des séquences sonores réalisées *in-situ*, ainsi que des explications textuelles complémentaires concernant : les expériences sonores vécues mises en évidence, le protocole de prise de sons et le repérage des indicateurs dominants de l'identité sonore.

Pour la réalisation du prototype, nous avons donc associé à ces différents menus les bandes son et les textes issus de notre précédente recherche sur les indicateurs de l'identité sonore du quartier¹¹². A la base, l'ensemble de ces textes n'a cependant pas été écrit en fonction du découpage ci-dessus. Certaines modifications formelles ont donc été nécessaires. Par ailleurs, les deux sous-groupes "*point de vue observateur - exemplarité observée*" et "*synthèse d'enquêtes - fragments d'entretiens*" ont été regroupés au profit d'un découpage plus simple et plus adapté aux textes à disposition. Ce dernier propose d'une part les points de vue des observateurs (y compris les exemplarités observées) et d'autre part, les points de vue des habitants (synthèses d'enquêtes et fragments d'entretiens réunis).

Cette carte, que nous avons nommée "carte du patrimoine sonore", permet à l'utilisateur d'appréhender, dans le détail et sur le mode de la découverte, différents aspects de l'identité sonore du quartier par l'analyse des espaces les plus révélateurs. La triple approche observateur/habitant/écoute lui permet également de s'interroger sur la pertinence des choix des lieux et sur les interprétations proposées en fonction des remarques des différents observateurs et habitants et de sa propre perception des bandes sonores (approche critique). Il est ainsi amené à découvrir la complexité et la diversité des facteurs pouvant intervenir sur la perception d'un espace sonore et à prendre conscience de l'importante influence des choix d'aménagement et d'affectation pour l'équilibre entre ces facteurs.

¹¹² BALAY Olivier et al. : *op. cit.*, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p.

2.4. Les cartes thématiques

Comme nous l'avons vu en introduction de ce chapitre, les objectifs de cette étude ne se limitent pas à la représentation des données identitaires recueillies en chacun des lieux révélateurs retenus. Il s'agit également de tenter de représenter, sur l'ensemble de l'espace public, différentes caractéristiques susceptibles de renseigner sur la qualité de l'environnement sonore.

Afin de faciliter la compréhension du lecteur, nous avons cherché à aborder uniquement des aspects de l'espace sonore urbain facilement compréhensibles et avons volontairement exclu tout vocabulaire trop scientifique.

Afin de permettre une certaine opérationnalité de la carte, nous avons également orienté nos choix vers des particularités de l'espace sonore sur lesquelles les aménageurs urbains sont susceptibles d'intervenir dans leurs démarches projectuelles.

Nous nous sommes donc principalement concentré sur la représentation de caractéristiques spatiales et sonores ayant trait à la forme et à la matérialité de l'espace, ainsi qu'aux types de sons rencontrés et aux affectations qui en sont la cause. Nous avons cependant également cherché à représenter quelques caractéristiques issues d'analyses transversales, c'est-à-dire dépendant de facteurs multiples : spatiaux, sonores et parfois même humains.

Pour réaliser ces cartes, nous avons créé des bases de données permettant d'archiver les caractéristiques retenues et repérées sur le terrain, puis les avons associées à des objets graphiques localisés (issus du fond de plan ou créés pour l'occasion avec les liens nécessaires) afin de permettre la représentation cartographique automatique.

Nous présentons donc ci-dessous les différentes bases de données réalisées ainsi que certaines des cartes proposées.

2.4.1. Les données relatives à l'espace construit

Les premières caractéristiques que nous avons traitées sont celles liées à l'espace. Il existe en effet de nombreuses relations directes entre certaines configurations spatiales et certaines caractéristiques sonores de l'espace. Un espace clos et entièrement minéral sera par exemple toujours plus réverbérant qu'un espace ouvert. Certains dispositifs architecturaux ou choix d'implantations favorisent les connexions sonores, alors que d'autres facilitent l'émergence de coupures ou de filtres sonores, etc.

Nous avons donc tenté de définir les principales caractéristiques spatiales pouvant avoir une influence directe sur l'environnement sonore, les avons repérées sur le terrain et avons cherché à les introduire sur la carte.

Une version complète

D'abord, nous nous sommes efforcés d'être le plus exhaustif possible et de rendre compte d'un maximum d'informations susceptibles d'être utiles. Nous avons donc envisagé une grande base de données comportant non seulement des informations applicables aux objets graphiques de notre fond de plan (tronçons de rue et vides urbains), mais également aux façades, aux logements, aux bâtiments, aux îlots, aux types de rez-de-chaussée et d'espaces de transition entre l'intérieur et l'extérieur, etc. (voir Annexe 20.1).

Ce système permettait un archivage relativement détaillé des matériaux et des formes de chaque espace cartographié. Il comportait en effet une liste de matériaux et de plantations applicables à chaque surface construite (sols, parois et couvertures), ainsi qu'une typologie formelle relativement riche permettant de mettre en évidence certaines particularités générales de chaque espace ayant une incidence sur la dimension sonore, telles que : la présence ou l'absence de couverture, le degré de pente, la continuité du front bâti, la dimension (largeur de rue, hauteur de façade), le type de rez-de-chaussée (droit, arcade, marquise, pilotis, etc.), la présence ou non de balcons et leurs formes (en saillie ou rentrant), les types d'appartements et leurs orientations acoustiques (sur une face, en angle, traversant, etc.), etc.

Par l'ajout de données complémentaires relatives à l'acoustique, telles que la réverbération et l'isolation (mesure et ordre de grandeur), ce système proposait également de montrer certaines des incidences de la forme et de la matérialité de l'espace sur le sonore. Il était ainsi possible de comparer les données spatiales avec certaines caractéristiques acoustiques, et de se rendre compte des influences des unes sur les autres.

Une version allégée

La réalisation d'une telle base de donnée n'était cependant pas possible sans un gros travail d'investigation sur le terrain et nécessitait la création de nombreux nouveaux objets graphiques localisés (façades, appartements, etc.).

Pour la réalisation du prototype, nous avons donc créé une version allégée (voir annexe n° 20.2), ne contenant que des données pouvant être renseignées par les deux travaux de recherche déjà cités et ne s'appliquant qu'aux objets graphiques de notre fond de plan, soit :

pour les tronçons de rues :

- son type (boulevard, rue, ruelle, impasse, pont, quai, etc.)
- la nature de ses extrémités (pincées, ouvertes, droites)
- sa forme (droite, courbe, en angle)
- sa coupe transversale (en U, en L, plate)
- la configuration de son sol : pente, niveaux décalés ...
- la nature de son sol (asphalte, pavés, gravier, etc.)
- la nature des plantations qui s'y trouvent (arbres, arbustes, plantes en pots, etc.)

pour les vides urbains :

- son type (cour, place, parc, carrefour, etc.)
- sa forme (ouverte, fermée)
- la configuration de son sol : pente, niveaux décalés ...
- la nature de son sol
- la nature des plantations qui s'y trouvent

Pour la réalisation cartographique, une interface de saisie permet ensuite de visualiser chacune de ces caractéristiques par un code couleur légendé et appliqué aux objets "tronçons de rue" et "vides urbains" (voir par exemple carte des types d'espaces urbains : Annexe 21.10, et carte des coupes transversales types: Annexe 21.11).

Si cette démarche permet de cartographier diverses caractéristiques spatiales pouvant influencer la dimension sonore (liste non exhaustive pouvant être complétée), elle ne permet pas directement de mettre en évidence leurs conséquences sur le sonore, par exemple : extrémité de rue pincée = coupure sonore, pavés ou gravier = production sonore, espace clos = réverbérant, etc. En réalité, les relations de cause à effet ne sont pas si simples. Une extrémité de rue pincée ne crée pas forcément de coupure sonore (pince trop large ou forme inadaptée, la présence de pavés ou de gravier n'implique une production sonore qu'à la condition d'une déambulation ou d'un roulement, un espace clos mais recouvert de matériaux absorbant n'est pas réfléchissant, etc.

Nous n'avons donc pas voulu indiquer ces conséquences, et laissée libre l'interprétation de l'utilisateur. Celui-ci, informé des facteurs spatiaux déterminants pour le sonore, décide ensuite du choix des objets de son attention. Puis, par le croisement de ces informations avec les autres données contenues dans le SIG (requêtes multiples ou comparaison des cartes), il peut faire travailler son imagination en fonction de sa propre expérience et de ses compétences en acoustique.

Aucune solution n'est donc directement donnée, mais cette approche permet à l'utilisateur d'organiser sa réflexion et d'orienter ses choix de formes et de matériaux.

2.4.2. Les données relatives aux sons

Parallèlement aux données spatiales, nous avons également tenté d'archiver et de cartographier les principaux sons entendus sur l'ensemble du terrain étudié.

Par ailleurs, il nous est également apparu important de prendre en compte le fait que les éléments composant l'environnement sonore entretiennent des relations instables les uns avec les autres, qu'ils sont en perpétuelle transition entre un état et un autre, dans un rapport figure/fond toujours changeant.

Nous avons donc envisagé la réalisation de deux cartes distinctes superposables, dont l'une contient des informations relatives aux fonds sonores, et l'autre informe sur les signaux sonores émergents.

La carte des fonds sonores (voir Annexe 21.14)

Cette carte cherche à mettre en évidence certaines caractéristiques du fond sonore en fonction de leurs continuités. Il s'agit, sur la base de la mémoire sonore de l'utilisateur, de rendre compte de l'atmosphère générale dominante du fond sonore alors que la population est éveillée et à même de la percevoir (période dite diurne).

S'inspirant du mode de classification proposé par R. Murray Schafer¹¹³ et fondé sur la fonction et la signification des sons, elle propose d'indiquer, pour chaque espace extérieur de notre fond de plan (tronçons et vides urbains), le fond sonore dominant en fonction du découpage typologique suivant :

- en bleu : les fonds sonores principalement qualifiés par des sons mécaniques ou technologiques (bruits de la circulation, des industries, etc., relativement continus)
- en rouge : les fonds sonores principalement qualifiés par des sons humains (bruits de pas, de voix, etc., relativement continus)
- en vert : les fonds sonores principalement qualifiés par des sons de la nature (bruits de l'eau, des oiseaux, etc., relativement continus)
- en jaune : les fonds sonores généralement ressentis comme très calmes ou silencieux, c'est-à-dire ne comportants aucune source sonore continue suffisamment proche ou forte pour être véritablement marquante. Seul un drône urbain lointain et/ou de faible niveau reste la plupart du temps perceptible.

¹¹³ SCHAFFER R. Murray : *Le paysage sonore*, Ed. J.C. Lattès, Fondation de France, 1979, pp. 197 -200

La carte des signaux sonores (voir Annexes 21.15 et 21.16)

Contrairement à la précédente, cette carte tente de répertorier et de représenter les principaux signaux sonores émergents (figures) en fonction de leurs moments et durées d'apparition.

Cependant, étant donné qu'il n'est naturellement pas possible de rendre compte sur une carte de tous les sons, en tous lieux et à tous moments, elle ne s'intéresse qu'aux signaux sonores repérés par la plupart des habitants et observateurs comme particulièrement révélateurs de l'environnement sonore du site. Il s'agit des signaux sonores mis en évidence par les enquêtes, les entretiens et les observations du site réalisés lors de l'étude de terrain. De nombreux retours sur le site ont cependant été nécessaires, pour vérifier la véracité et la précision des informations recueillies (en particulier en ce qui concerne les lieux et les moments d'émission).

Sur la carte, chaque signal sonore répertorié est représenté par un objet graphique localisé en son lieu d'émission et caractérisé par les attributs suivants :

- sa couleur indique son appartenance typologique en fonction du découpage (toujours inspiré du mode de classification proposé par R. Murray Schafer) : sons mécaniques (en bleu), sons humains (en rouge), sons naturels (en vert) et indicateurs sonores (cloches, sonneries, etc.) (en jaune)
- sa forme précise, par l'utilisation de symboles graphiques, indique la fonction et la signification de chaque son représenté, par exemple : visage humain = discussions, personnage entier = passages humains, verre = bruits de café et restaurant, robinet = bruits d'eau, maison = bruits de l'intérieur vers l'extérieur, etc.

Ces seules différenciations visuelles (couleur et forme) ne permettent cependant pas toujours d'exprimer clairement la nature exacte et la spécificité de chaque son répertorié, en particulier compte tenu du choix limité de symboles disponibles sous MapInfo[®]. Une courte information textuelle complémentaire est donc associée à chaque objet et peut être consultée par le simple positionnement de la souris sur l'objet correspondant, par exemple : klaxons livraisons, rollers et skaters, entrées et sorties de boîte de nuit, etc.

Par ailleurs, nous avons constaté que de nombreux événements sonores repérés par les observateurs avertis n'étaient pas mentionnés par la population. Si cet état de fait peut parfois être du à un simple oubli, il est le plus souvent révélateur d'un effet de gommage, c'est-à-dire d'une évacuation de la perception ou du souvenir (par exemple en ce qui concerne certains sons considérés comme tellement normaux dans le lieu qu'on ne les entend plus). Nous avons donc ajouté à chaque objet "signal sonore" un attribut permettant d'indiquer s'il est, oui ou non, repéré par l'habitant.

Il est ainsi possible d'obtenir des visualisations différenciées selon que l'on cherche l'ensemble des sons révélateurs répertoriés par les observateurs, ceux repérés par les habitants ou ceux gommés de la perception habitante.

De plus, un lien entre chaque objet graphique correspondant à un signal sonore a été créé avec l'espace urbain sur lequel il s'applique (tronçon et vide urbain), afin de permettre d'éventuelles requêtes multiples, par exemple : quels sont les espaces urbains dont la circulation excède x vhc./jour et comportant toutefois des signaux sonores humains révélateurs, etc.

La principale originalité de cette carte réside cependant dans la prise en compte de la temporalité. Une base de données associée indique en effet, pour chaque signal sonore répertorié, ses moments et ses durées d'apparition selon :

- le jour de la semaine (ouvrable / samedi / dimanche / tous les jours),
- l'heure de début,
- l'heure de fin.

Etant donné que de nombreux signaux apparaissent en différents moments de la journée ou de la semaine, chaque signal peut naturellement comporter plusieurs périodes d'apparition. La cloche du carillon de l'Hôtel de ville qui sonne l'heure tous les jours, pendant 5 minutes, de 8h. à 20h., comporte par exemple treize périodes de trois minutes par jour (tous les jours, de 8h00 à 8h03, de 9h à 9h03, etc.).

Par ailleurs, la majorité des signaux sonores étant éphémères et irréguliers (par exemple clochette de magasin qui s'anime lors des entrées et des sorties des clients, bruits de conversation, etc.), les périodes d'apparition de ces sons sont indiquées par la durée totale sur laquelle ces sons sont susceptibles de se produire (heures d'ouverture du commerce pour la clochette, plages horaires des activités génératrices des conversations, etc.).

Pour la visualisation cartographique, la simple consultation de ces données temporelles, même par l'intermédiaire d'une sélection automatique par un "clic" sur l'objet concerné, ne permet cependant pas une lecture aisée et n'offre par conséquent guère d'intérêt. Une interface de saisie (voir Figure 24, trafic automobile) a donc été créée afin de permettre des visualisations différenciées selon n'importe quelle période au choix. La carte ne montre alors que les sons présents en au moins un moment de cette période.

Par ailleurs, comme nous le verrons ultérieurement (cf. § 3.2), un système d'animation de la carte a également été envisagé afin de montrer l'évolution de la situation tout au long de la période choisie (apparition et disparition des signaux, rythme, etc.).

2.4.3. Les données issues d'analyses transversales

Lors de l'étude de terrain, nous avons également repéré de nombreuses autres caractéristiques de l'environnement sonore, qui ne sont pas spécifiquement sonores ou spatiales, mais qui naissent des interactions entre les sons et les espaces et peuvent dépendre des comportements sociaux.

Nombre de ces caractéristiques peuvent être mises en évidence par le repérage de critères de qualités (tels que définis par P. Amphoux¹¹⁴) ou d'effets sonores (J-F Augoyard et H. Torgue¹¹⁵). Nous aurions donc pu envisager des cartes représentant ces différents critères et effets en chaque lieu où ils ont été repérés. Les premiers essais effectués dans cette direction lors de la réalisation de notre premier prototype sur support papier ont d'ailleurs déjà démontré la faisabilité d'une telle carte, du moins de certains de ces aspects (espaces réverbérants, coupures et connexions sonores, orientations acoustiques, etc.).

Pour cette étude, nous avons cependant tenté de représenter d'autres données, apparues lors des études de terrain, qui s'avèrent particulièrement révélatrices et relativement facilement cartographiables. Après de multiples essais, nous les avons organisées en trois cartes distinctes : les cartes des types spatio-acoustiques, des types de sociabilité et des territoires sonores.

Comme pour les données concernant les signaux sonores, certaines de ces informations ont été repérées uniquement par les chercheurs chargés de l'analyse (observateurs avertis) et d'autres ont été mentionnées par les habitants au cours des enquêtes et entretiens. Chaque nouvelle information introduite a donc été complétée par un attribut permettant d'indiquer si elle a été ou non repérée par l'habitant, afin de permettre des visualisations différenciées.

¹¹⁴ AMPHOUX Pascal : *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble et IREC, rapport n°117, EPFL, Lausanne, 1993, 2 vol.: 45 & 38 p.

¹¹⁵ AUGOYARD Jean-François, TORGUE Henry (Dir.) : *Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, Marseille, 1995, 174 p.

La carte des types spatio-acoustiques (voir Annexes 21.2 et 21.3)

Cette carte représente différents types d'espaces dont la forme et/ou la matérialité caractérise l'environnement sonore. Nous les avons nommés :

- *Les sas acoustiques* ; c'est-à-dire les espaces qui génèrent une transition nette entre un environnement sonore et un autre (sur notre terrain, hormis quelques rues, il s'agit principalement des traboules).
- *Les filtres acoustiques* : c'est-à-dire les espaces qui filtrent les sons en provenance des espaces voisins (ce sont par exemple les rues étroites et relativement calmes qui jouxtent des espaces plus bruyants)
- *Les réserves de silence* : c'est-à-dire les espaces calmes, préservés du bruit des espaces voisins (ce sont principalement les cours intérieures fermées)
- *Les révélateurs de sol* : c'est-à-dire les espaces dont le revêtement de sol génère une production sonore particulière (ce sont par exemple les rues pavées du centre ancien, les fontaines au sol de la place des Terreaux et les revêtements lisses et architecturés de la place Louis-Pradel qui attirent les skaters).
- *Les salles acoustiques urbaines* : c'est-à-dire les espaces qui génèrent une bonne clarté acoustique et sonnent bien (c'est par exemple le cas de la place du Griffon, où l'on a l'impression de se trouver à l'intérieure d'une salle de spectacle et où toute production sonore paraît exposée à l'écoute).
- *Les rythmes fondateurs de temps* : c'est-à-dire les espaces dont une affectation particulière génère une production sonore en différents moments précis et répétitifs, rythmant ainsi le lieu (ce peut être le cas d'une cour de récréation ou, ici, de l'entrée et de la sortie de l'Opéra, sur la place de la Comédie).

La carte des types de sociabilité (voir Annexes 21.4 et 21.5)

Cette carte indique différentes caractéristiques relatives à la manière dont les sons issus des activités humaines s'organisent en terme de sociabilité. Elle représente les lieux caractérisés par :

- *Le silence social le jour* : c'est-à-dire les espaces où l'on entend presque aucun son lié à l'activité humaine durant la journée (ils sont souvent caractérisés comme morts ou anonymes).
- *L'interconnaissance et la rencontre* : c'est-à-dire les espaces où les sons humains sont principalement composés de bruits de conversation, d'appels, etc. ; les usagers se retrouvent et discutent par petits groupes (ils sont souvent caractérisés comme conviviaux).

- *Les activités sociales multiples* ; c'est-à-dire les espaces emplis de nombreux sons humains divers et variés (ils sont souvent caractérisés comme animés).
- *Les activités domestiques audibles* : c'est-à-dire les espaces où l'on entend des sons en provenance de l'intérieur des bâtiments (ils sont souvent caractérisés comme privés ou semi-privés, et on a alors l'impression d'être un intrus).
- *Les activités nocturnes* : c'est-à-dire les espaces où l'on peut entendre des sons d'origine humaine la nuit (ils peuvent être soit animés, soit conviviaux).
- *Les sociabilités peu significatives* ; c'est-à-dire les espaces qui comportent bien des sons humains, mais sans que ceux-ci ne soient caractérisés de manière précise.

La carte des territoires sonores (voir Annexes 21.6 et 21.7)

Cette carte est conçue pour donner des informations complémentaires quant à la nature des types de sociabilité indiqués ci-dessus. Elle représente des territoires délimités par une impression subjective de "frontières", à l'intérieur desquelles se situe une perception particulière des sons d'origine humaine. Ces territoires peuvent être soit :

- *Qualifiés par les formes urbaines* : c'est-à-dire que la configuration architecturale du lieu ou le tissu urbain génère un "quartier" sonore à l'intérieur duquel on perçoit une entité qui lui est propre (c'est par exemple le cas des rues du centre du quartier, relativement bien préservées des bruits du reste de la ville et à l'intérieur desquelles peut se développer le caractère paisible d'un quartier d'habitation).
- *Révélateurs de la vie sociale locale* : c'est-à-dire que les espaces sont animés de jour et/ou de nuit par les habitants du lieu (on perçoit alors une vie de quartier qui, bien que pouvant être bruyante, est en général bien tolérée par les riverains).
- *Révélateurs de la vie sociale extra-locale* ; c'est-à-dire que les espaces sont animés de jour et/ou de nuit par des personnes extérieures au quartier (les riverains se sentent alors généralement envahis par une production sonore qui ne les concerne pas et ont plus de mal à accepter la situation).

3. FONCTIONNEMENT DU LOGICIEL "CHAOS" (PRINCIPE D'UTILISATION)

Comme nous l'avons vu au cours de la présentation ci-dessus, les différentes données introduites dans le système permettent de générer de multiples cartes relatives à chacune des bases de données proposées.

Certaines données, telles que les signaux sonores et la densité du trafic automobile, sont complétées par des bases de données temporelles, et un système d'animation a été mis au point afin de visualiser leur évolution dans le temps.

Par ailleurs, grâce aux requêtes multiples, le SIG permet également d'envisager de nombreuses autres cartes par le croisement des informations entre données de différentes bases. Il est ainsi possible de rechercher et de visualiser l'ensemble des espaces comportant telles ou telles caractéristiques spatiales, sonores, et/ou issues de données extérieures (trafic, affectation, etc.), afin de repérer d'éventuelles similitudes et de pouvoir imaginer comment ces facteurs peuvent influencer l'environnement sonore. La carte du patrimoine sonore ou celles issues des analyses transversales peuvent éventuellement servir de base au questionnement et à la réflexion. On peut par exemple chercher à comprendre pourquoi tel ou tel espace est perçu de telle manière (extraits et résumés d'entretiens, types spatio-acoustiques, types de sociabilité, territoires sonores), en fonction des différentes données répertoriées.

Nous allons maintenant voir comment le logiciel est organisé et de quelle manière il peut être utilisé.

3.1. Les cartes préétablies

La première manière de consulter le logiciel est de visualiser les différentes cartes proposées au moyen des menus déroulants ajoutés aux fonctionnalités de MapInfo[®]. Ceux-ci, organisés en quatre groupes principaux, effectuent automatiquement les requêtes et affichent les différentes cartes que nous avons vues précédemment, ainsi que les légendes correspondant à chacun des éléments représentés, soit :

- Cartes des données extérieures
 - Inventaire des lieux d'activité
 - Trafic
 - Classement acoustique des voiries
 - Plaintes
 - Densité de logements
 - Activités économiques des rez-de-chaussée
- Carte du patrimoine sonore

- Cartes thématiques
 - Caractéristiques spatiales
 - Fonds sonores
 - Signaux sonores
 - Types spatio-acoustiques
 - Types de sociabilité
 - Territoires sonores
- Recueil de données sur le terrain
 - Mesures acoustiques
 - Enregistrements sonores
 - Entretiens

Ce mode de lecture permet d'accéder facilement à l'ensemble des informations contenues dans le système et de visualiser rapidement, sous formes cartographiques, les différentes bases de données spatialisées proposées. On peut ainsi prendre connaissance des différentes études effectuées et des nombreux éléments susceptibles d'influencer l'environnement sonore (caractéristiques spatiales, affectation des bâtiments, circulation, etc.).

3.2. les cartes animées

Afin de tester les potentialités de l'outil infographique pour rendre compte de la temporalité, un système d'animation a été mis au point sur deux de ces cartes : le trafic automobile et les signaux sonores.

Pour ce faire, nous avons associé des données temporelles à chacune des données de ces cartes.

- En ce qui concerne le trafic automobile, nous avons repris le découpage temporel proposé par les comptages de véhicules en notre possession. Ils indiquent des valeurs différenciées en fonction du jour de la semaine (jour ouvrable, samedi, dimanche) et de l'heure (comptage différencié heure par heure). Afin d'obtenir une animation moins saccadée et plus évolutive, nous avons toutefois créé un système permettant d'interpoler ces données par tranches de 10 minutes.
- Pour les signaux sonores, nous avons simplement ajouté pour chaque objet graphique localisé des données temporelles indiquant les différents moments d'apparition de ceux-ci, en fonction du jour de la semaine (jour ouvrable, samedi, dimanche) et des heures de début et de fin des phénomènes (cf. § 2.4.2 carte des signaux sonores).

Pour l'animation proprement dite, les applications de MapInfo[®] ne permettent que de générer des affichages successifs de cartes à partir des données temporelles contenues dans la base. Chaque carte nécessite donc un temps de calcul et engendre un rafraîchissement d'écran. Il n'est par conséquent pas possible d'envisager une succession rapide de cartes sans générer un clignotement de l'écran, gênant pour la lecture.

Nous avons donc envisagé un système d'animation externe qui, par l'intermédiaire d'une interface de saisie, calcule sous MapInfo[®] l'ensemble des cartes nécessaires à l'animation, génère un fichier AVI pour les conserver, puis les restitue en une succession d'images permettant une animation correcte.

Cette interface de saisie permet de déterminer la période d'analyse par sélection du début et de la fin de la période considérée, ainsi que la vitesse de l'animation par l'intermédiaire du choix de l'intervalle temporel de chaque carte et de la durée d'affichage de chaque image (dans l'exemple ci-dessous : du samedi à 15h. 30 au dimanche à 10h., avec une carte pour chaque période de 10 minutes, renouvelée toutes les demi-secondes).

PERIODE D'ANALYSE	
Début	Fin
Semaine <u>Samedi</u> dimanche	Semaine Samedi <u>dimanche</u>
<input type="text" value="15"/> h <input type="text" value="30"/> Min	<input type="text" value="10"/> h <input type="text" value="00"/> min
Une image par intervalle de : <input type="text" value="10"/> min.	
Durée d'affichage de chaque image : <input type="text" value="500"/> ms.	

Figure 26

Interface de saisie pour l'animation des cartes

Il suffit alors de lancer l'exécution du système pour que la carte s'anime en fonction des choix effectués.

Par ailleurs, afin de pouvoir à tout moment stopper et redémarrer l'animation, ainsi que pour pouvoir visualiser l'avancement du temps, une fenêtre s'ouvre en marge de la carte. Celle-ci comporte les informations et les fonctions suivantes :

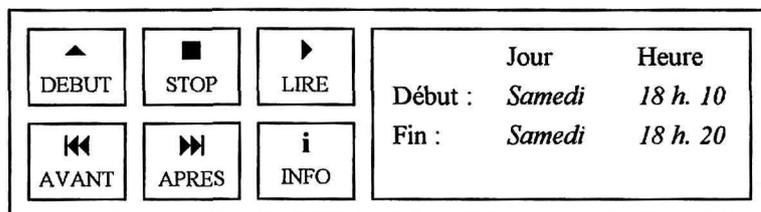


Figure 27

Fenêtre de pilotage pour l'animation des cartes

Les trois premiers boutons servent à interagir sur l'animation comme avec n'importe quel magnétoscope. Les boutons "avant" et "après" permettent de faire défiler l'animation image par image (ou carte par carte). Le bouton "info" permet de sélectionner les objets visibles sur la carte stoppée, afin de consulter les informations complémentaires qu'ils contiennent (nombre de véhicules pour la carte du trafic, types et nature des sons pour la carte des signaux sonores). La partie de droite, quant à elle, indique le déroulement du temps par le défilement des jours et des heures du début et de la fin de chaque carte, au fur et à mesure de leur apparition sur la séquence¹¹⁶.

Ce mode de représentation animé, qui peut de prime abord apparaître comme un simple jeu, s'est révélé particulièrement intéressant. Il permet en effet de bien montrer l'évolution des phénomènes au fur et à mesure du temps qui passe : transitions lentes ou rapides, changements radicaux soudains, etc.

Par ailleurs, il permet de révéler certains aspects du rythme du quartier. Sur la carte des signaux sonores par exemple, on visualise en effet bien au cours de l'animation quand et comment le quartier se réveille ou s'endort, quels sont les types de sons prédominants en tel ou tel moment de la journée, etc.

Certains signaux enfin apparaissent comme des donneurs de temps. Ils rythment la carte par un jeu d'apparitions et de disparitions (clignotement) de la même manière qu'ils rythment l'environnement sonore auquel ils appartiennent. C'est par exemple le cas du carillon de l'Hôtel de ville qui apparaît à chaque début d'heure.

¹¹⁶ La visualisation du temps qui passe était initialement prévue par le défilement des aiguilles sur un cadran d'horloge. Ceci s'étant avéré difficile à réaliser dans le cadre de ce prototype, cette solution a cependant été provisoirement abandonnée.

3.3. Les visualisations partielles ou combinatoires

Si, comme nous venons de le voir, les menus déroulants ajoutés aux fonctionnalités de MapInfo[®] permettent de générer automatiquement les différentes cartes proposées, ils n'imposent pas l'affichage complet de l'ensemble des données contenues dans chaque carte. Ils sont en effet conçus de manière à pouvoir sélectionner séparément chacune des données contenues dans chacune des cartes. Il est donc possible de n'afficher que certaines données et de les visualiser seules sur la carte.

Si l'on ne s'intéresse par exemple qu'à la localisation des impasses ou à celle des signaux sonores technologiques, il est donc possible de créer une carte ne comportant que ces informations. C'est d'ailleurs souvent le seul moyen de pouvoir bien visualiser la répartition spatiale de l'élément observé, celui-ci n'étant plus noyé parmi de multiples autres renseignements. Par ailleurs l'ajout d'une information complémentaire n'implique pas nécessairement l'effacement des éléments précédents. Chaque critère peut être ajouté ou supprimé selon les désirs de l'utilisateur, et les légendes associées apparaissent et disparaissent simultanément. Il est donc possible d'afficher en même temps toutes sortes de données différentes, afin de les mettre en relation sur la carte.

Ce mode d'utilisation permet donc de générer différentes cartes susceptibles de répondre à de multiples interrogations. La superposition des espaces de parcs et jardins avec celle des sons repérés de la nature permet par exemple de mettre en évidence le fait que certains jardins ne comportent pas de sons de la nature (absence d'arbre). Il existe donc un potentiel de son naturel à générer dans ces lieux. Inversement, on s'aperçoit que de nombreux sons de la nature existent hors de ces espaces (fontaines, avenues arborisées, etc.). Il est donc possible de générer des sons de la nature en ville sans forcément concevoir un parc ou un jardin.

Ce type de comparaison permet encore de susciter de nombreuses autres réflexions et de mettre en évidence différentes relations qui peuvent exister entre plusieurs données, par exemple :

- *fonds et signaux sonores* : comment s'organisent les signaux émergents par rapport aux fonds sonores ? Correspondent-ils aux mêmes groupes de sons (humain, naturel ou technologiques) et en quelle proportion ? Y a-t-il moins de signaux émergents sur un fond sonore technologique (en principe plus bruyant) ?, Etc.
- *lieu d'activité particulière, signaux sonores humains et type de sociabilité* : existe-t-il une relation directe entre certains signaux sonores repérés et diverses affectations ? Quels sont les signaux sonores ou les affectations les plus présents vers tel ou tel type de sociabilité ? Y a-t-il une relation de cause à effet ? Etc.

3.4. Les recherches multi-critères

Ce type de comparaison visuelle sur la carte n'est cependant possible que si les éléments représentés correspondent à des objets graphiques différenciés. Si deux différentes données correspondent à un même objet graphique, celui-ci ne peut pas représenter les deux informations en même temps.

Cependant, le principe même du fonctionnement d'un SIG, et par voie de conséquence du logiciel MapInfo[®], est de pouvoir effectuer des recherches multi-critères sur un même objet graphique. C'est pourquoi la grande majorité des données introduites dans notre système sont non seulement associées ou reliées aux objets du fond de plan (bâtiments, îlots, tronçons de rue et vides urbains), mais également mises en relations les unes avec les autres par l'intermédiaire des liens informatiques créés entre chacun de ces objets.

Par le biais des recherches multi-critères, il est donc possible d'effectuer toutes sortes de requêtes complexes sur chacun des objets graphiques cartographiés, afin de répondre à diverses questions spécifiques, par exemple :

- Quels sont les bâtiments qui comportent une forte densité de logement et dont les espaces adjacents contiennent des sons issus d'activités humaines entre 10 heures le soir et deux heures du matin ? (gêne potentielle la nuit).
- Quels sont les îlots qui contiennent des réserves de silence alors que la circulation d'au moins une des rues adjacentes excède x vhc./jour ? (forme urbaine protectrice).
- Quels sont les espaces urbains qualifiés par les habitants comme révélateurs de la vie sociale extra-locale et comportants telle ou telle activité particulière (influences des bars, restaurants, théâtres, cinémas, etc. sur la vie sociale du quartier.)
- Quels sont les signaux sonores repérés par l'observateur et non cités par les habitants ? (gommés de la mémoire collective).

La carte n'affiche alors que les objets graphiques correspondant à l'ensemble des conditions de la requête.

Par des affichages différenciés (par exemple codes couleurs), il est également possible de montrer les variations d'une donnée par rapport à une autre, par exemple :

- Quels sont les espaces révélateurs de sol mis en évidence par tel et tel type de matériaux "et en quelles circonstances" ? (pas sur gravier, roues sur pavés, skates sur béton, etc.).
- Quels sont les espaces qui favorisent les filtres ou les coupures sonores et en fonction de quelles caractéristiques spatiales ? (extrémités de rues pincées, traboules, angles, etc.).

4. CONCLUSION DE CETTE SECONDE APPROCHE

Comme nous venons de le voir, ce travail a permis la réalisation de très nombreuses cartes relatives à l'approche de la dimension sonore qualitative et représentant chacune certaines des données introduites dans le système, soit :

- *les données extérieures* (cf. § 2.2): lieux d'activités, occupation des rez-de-chaussée, classement sonore des voiries, densité de logements par îlots, traitement des plaintes, trafic automobile,
- *les espaces et itinéraires révélateurs du patrimoine sonore du site* (cf. § 2.3) : avec bandes son et textes explicatifs,
- *les caractéristiques spatiales* (cf. § 2.4.1) : types d'espaces, coupes types, forme des extrémités des rues, nature des sols, pentes, plantations, etc.
- *les fonds sonores* (cf. § 2.4.2.1) : calmes, humains, naturels ou technologiques
- *les signaux sonores* (cf. § 2.4.2.2): humains, naturels technologiques ou indicateurs
- *les types spatio-acoustiques* (cf. § 2.4.3.1): sas et filtres acoustiques, réserves de silence, révélateurs de sol, salles acoustiques urbaines, rythmes fondateurs de temps,
- *les types de sociabilité* (cf. § 2.4.3.2): silence social le jour, interconnaissance et rencontre, activités sociales multiples, activités domestiques audibles, activités nocturnes, sociabilité peu significative,
- *les territoires sonores* (cf. § 2.4.3.3) : qualifiés par les formes urbaines, révélateurs de la vie sociale locale, révélateurs de la vie sociale extra-locale,

En outre certaines de ces cartes ont été complétées :

- par des données temporelles permettant l'affichage de cartes périodiques ou la création d'animations (signaux sonores et trafic automobile),
- par des textes explicatifs et/ou des bandes sons permettant une meilleure compréhension de l'élément représenté (espaces et itinéraires révélateurs du patrimoine sonore, signaux sonores, plaintes),
- par un attribut permettant de différencier les éléments repérés par l'habitant de ceux repérés uniquement par l'observateur averti (fonds sonores, signaux sonores, types spatio-acoustiques, types de sociabilité, territoires sonores).

Pour effectuer ces cartes, nous nous sommes principalement appuyés sur les données déjà disponibles dans les différents services administratifs de la ville ainsi que sur les résultats d'une analyse du site effectuée précédemment (op. cit.). Cette analyse n'ayant cependant pas été menée directement dans le but de la cartographie, elle ne permettait pas toujours de fournir l'ensemble des informations détaillées et localisées indispensables à l'introduction exhaustive des données. De nombreux retours sur le site ont donc été nécessaires et quelques informations n'ont pas pu être précisément vérifiées pour tous les espaces de notre terrain d'étude.

Par ailleurs, les limites graphiques du logiciel MapInfo ne nous ont pas toujours permis de réaliser les modes de représentation souhaités. Si certaines applications ont pu être ajoutées aux fonctionnalités de ce logiciel pour intégrer certains éléments fondamentaux pour notre étude (animation, insertion de textes et de bandes sons), d'autres procédés visuels envisagés n'ont pas pu être concrétisés (superpositions de trames, variations d'intensités lumineuses, etc.).

Les deux remarques précédentes ne nous paraissent cependant pas remettre en cause l'intérêt et la validité de notre travail. Notre but n'était en effet pas de réaliser des cartes directement exploitables, mais de tester les potentialités du SIG pour représenter les différents aspects de la dimension sonore mis en évidence par cette étude. Dans le cas d'une généralisation de l'une ou l'autre des cartes proposées, il serait donc naturellement nécessaire de prévoir des méthodes d'investigations spécifiques permettant d'obtenir plus rapidement et plus précisément l'ensemble des données localisées nécessaires, ainsi que de chercher à améliorer les modes de visualisation, par exemple par l'utilisation d'un autre logiciel.

En outre, l'intérêt de cette démarche ne réside pas uniquement dans les cartes présentées, mais également dans les formidables possibilités de croisements d'informations offertes par le SIG. En effet, étant donné que la majeure partie des données sont reliées entre elles par des liens informatiques, il est possible d'effectuer toutes sortes de requêtes permettant de les mettre en relation les unes avec les autres. Le système proposé ne permet donc pas uniquement de visualiser les cartes indiquées ci-dessus, mais également de générer toutes sortes d'autres cartes permettant de montrer la répartition spatiale de diverses combinaisons de données. Ceci soit par juxtaposition et/ou superposition visuelle d'objets graphiques correspondant à des données différentes, soit par affichages des lieux ayant les mêmes caractéristiques (requête multiple). En fonction des différentes données introduites dans le système, il est donc possible de se poser toutes sortes de questions relatives à diverses combinaisons de données et d'en visualiser la répartition spatiale sur la carte.

Cependant, à l'issue de ce travail, bien que nous ayons indiqué divers croisements d'informations susceptibles d'apporter quelques renseignements intéressants (cf. § 3.3 et 3.4), nous n'avons pas effectué de recherche approfondie dans ce domaine. Nous nous sommes contentés de répondre à nos hypothèses de départ en montrant qu'il est possible de regrouper l'ensemble des informations récoltées sur un même support, en permettant : la visualisation spatialisée de chaque élément, la variation temporelle de certains renseignements (cartes animées), les recherches multi-critères spatialisées et l'indication complémentaire d'informations textuelles et sonores.

Nous avons ainsi pu fournir un premier outil d'information pédagogique, regroupant un grand nombre de renseignements relatifs à l'espace sonore urbain et permettant la découverte, la réflexion et le questionnement.

Afin de valider le rôle pédagogique et le potentiel conceptuel de ce SIG, il serait maintenant intéressant de le soumettre à un certain nombre de tests auprès de ses utilisateurs potentiels (architectes, urbanistes, responsables de l'aménagement et de la gestion urbaine, élus, habitants). Nous pourrions ainsi repérer les informations et les croisements d'informations les plus opérants pour la gestion et l'aménagement, ainsi que les renseignements inutiles ou manquants. Les points de vues des chercheurs, des acousticiens, ainsi que de tous les autres professionnels de la dimension sonore seraient également très utiles pour enrichir et simplifier le prototype.

Le but principal de ce travail n'était cependant pas de proposer une solution cartographique définitive, mais de chercher à voir ce qui pouvait être réalisé et comment. Nous n'avons donc pas poussé plus loin nos investigations sur ce système cartographique et laissé à plus tard cette analyse rétroactive. Nous avons préféré effectuer un bilan critique théorique des deux essais de cartographie proposés dans notre étude, afin de répondre plus précisément aux questions posées à l'issue de nos hypothèses principales, en fonction de notre problématique globale.

CHAPITRE 4

ACQUIS, LIMITES ET PERSPECTIVES

A l'issue de ces deux démarches exploratoires, ce chapitre a pour but de répondre aux différents aspects de notre problématique. A cette fin, il reprend, un à un mais dans un ordre différent, les différents outils d'analyse théorique de la qualité sonore ayant servi de base de réflexion et cherche à voir quels ont été les problèmes rencontrés et comment ils ont pu être traités. Par une démarche en sens inverse partant des cartes réalisées, il met ensuite en évidence les principaux atouts et les limites des cartes effectuées. Sur la base de cette double analyse, il propose alors la première ébauche d'un cadre théorique et méthodologique global susceptible d'orienter la recherche sur la cartographie sonore qualitative et d'indiquer quelques pistes de réflexion.

1. LES ASPECTS QUALITATIFS TRAITES

1.1. L'approche sémantique

Bien que nous n'ayons pas directement exploité la notion de signifiant telle que proposée par Pierre Schaeffer¹¹⁷ (cf. Introduction § 2.1.1.), la question de la signification des sons est restée centrale tout au long de notre recherche. En effet, lors de toutes nos démarches, qu'avons-nous fait d'autre que d'essayer de donner du sens à ce que nous tentions de représenter ? Or cette question s'est avérée complexe et multiple, puisqu'il est impossible de rendre compte sur une carte de tous les différents sens que peuvent véhiculer des faits sonores ou des ensembles de sons (significations sociales, existentielles, contextuelles, circonstanciées, culturelles, etc.¹¹⁸).

Nous nous apercevons cependant que pour aborder cette notion, trois démarches ont été envisagées. La première et la plus évidente est celle qui a consisté à choisir une signification particulière et à la représenter sur la carte au moyen d'une légende. C'est par exemple ce que nous avons fait lorsque nous avons représenté les lieux réverbérants, les réserves de silence, les types spatio-acoustiques, etc. Le sens du signe (code couleur, forme, etc.) est alors défini et connu à l'avance, puis simplement reporté sur la carte partout où il est repéré. C'est la démarche cartographique la plus simple et la plus couramment utilisée.

La deuxième méthode utilisée est celle qui a essayé d'indiquer plusieurs significations avec le même signe. C'est par exemple le cas de la trame "temporelle" de la première carte manuelle, qui montre en même temps le niveau de bruit global, les niveaux partiels, le potentiel de pause et l'effet de masque. C'est également le cas des signaux sonores de la carte informatique qui, par un code couleur, indiquent l'appartenance à un type de son (naturel, humain, technologique, indicateur) et, par un symbole graphique, évoquent la nature du son représenté (café, restaurant, circulation, discussions, passages humains, eau, oiseaux, etc.).

Enfin, la dernière approche a consisté à compléter l'information du signe par un texte explicatif ou une bande son, soit par deux ou trois mots directement sur la carte à côté du signe (toujours présent sur la carte manuelle et apparaissant à la demande par un "clic" de souris sur la carte informatique), soit de manière plus approfondie par un lien informatique avec une bande son ou un texte explicatif détaillé (point de vue de l'habitant, de l'observateur, etc.).

¹¹⁷ SCHAEFFER Pierre : *Traité des objets musicaux*, Ed. Seuil nouvelle édition, Paris, 1966, p.268

Chacune de ces démarches comporte des avantages et des inconvénients. La première permet de réaliser des cartes faciles à lire, mais ne peut indiquer que des informations relativement simples. La deuxième permet un examen circonstancié par l'utilisation de plusieurs variables visuelles. Elle demande une lecture un peu plus attentive, mais permet toujours de transmettre les informations par un langage cartographique. Enfin, l'ajout de textes ou de bandes son ne permet plus la visualisation de la répartition géographique des significations détaillées, mais offre un approfondissement du sens de chaque élément.

Pour la représentation de la signification des sons, il n'y a donc apparemment pas une solution unique qui soit meilleure qu'une autre, mais plusieurs possibilités complémentaires qui - par la localisation de significations connues, par l'évocation textuelle ou iconique de situations vécues, et par l'ajout d'explications détaillées ou de bandes sons complémentaires relatives aux perceptions sensibles des individus ou simplement informatives - permettent chacune d'aborder différents aspects du sens des sons.

¹¹⁸ CHALAS Yves : *L'imaginaire sonore politique, Analyses des représentations de l'environnement sonore dans la gestion urbaine de lutte contre le bruit*, CRESSON, Grenoble, 1998, p. 56

1.2. L'approche identitaire

A notre surprise, nous nous apercevons que les trois caractéristiques (connu, vécu et sensible) ayant servi de base à Pascal Amphoux pour l'élaboration de ses trois approches environnementales, médiales et paysagères¹¹⁹ (cf. Introduction § 2.1.1, Figure 1), apparaissent à l'issue de cette analyse succincte de notre approche sémantique. Le "connu" sur la carte, le "vécu" par l'évocation iconique et textuelle et le "sensible" par l'explication textuelle détaillée et la bande son. Est-ce à dire que seul l'environnement sonore peut être véritablement cartographié et que les notions de milieu et de paysage ne peuvent être abordées que par l'évocation, l'explication ou la démonstration ? Le raccourci paraît un peu court et mérite quelques approfondissements.

1.2.1. L'environnement sonore et la carte

En ce qui concerne l'approche environnementale, nos explorations cartographiques ont permis de proposer divers modes de représentation possibles pour plusieurs aspects de la qualité sonore : critères de qualité tels que proposés par Pascal Amphoux (carte manuelle), signaux sonores, fonds sonores, caractéristiques sonores (cartes informatiques). Ces qualités environnementales étant objectivables, il n'y a donc apparemment aucune incompatibilité pour les représenter sur une carte.

La difficulté se situe cependant au niveau du nombre et du degré de complexité des informations (ou qualités) représentées.

Le nombre d'informations

En effet, si l'environnement sonore désigne l'ensemble des faits sonores objectivables, la carte ne peut pas les représenter de manière exhaustive, d'une part, parce qu'il n'est pas possible de tous les repérer, et d'autre part, parce que la carte ne le supporte pas. Celle-ci doit donc nécessairement opérer soit une moyenne, soit une sélection. La moyenne s'opère par une réduction typologique qui consiste à prendre l'ensemble des sons présents et à les classer selon qu'ils appartiennent plutôt à l'un ou l'autre des types retenus (carte des fonds sonores, carte d'Alain Léobon, chap. 1 § 3.2). La sélection s'opère par le choix de faits sonores admis comme particulièrement révélateurs, par exemple, parce qu'ils font émerger un critère de qualité particulier ou parce qu'ils ont été repérés comme tels par les habitants ou par un observateur averti.

¹¹⁹ AMPHOUX Pascal et al. : *Aux écoutes de la ville*, IREC, rapport n° 94, EPFL, Lausanne, 1991, p. 231

Mais quelque soit les méthodes utilisées et les choix effectués pour réduire le nombre d'informations, il y a nécessairement une perte de contenu.

Sur une carte, il est donc impossible de représenter l'environnement sonore dans toute sa complexité, mais il est seulement envisageable d'aborder certains aspect de ses qualités significatives.

Le degré de complexité des informations

Comme nous l'avons vu en introduction (§ 2.2.2) et au chapitre 1 (§ 2.4.1.), la monosémie de la carte impose que les concepts représentés soient connus du lecteur pour qu'il puisse les comprendre sur la carte. Or, nombre des facteurs de qualité de la dimension sonore ne sont pas connus d'un large public et peuvent donc difficilement être appréhendés par une simple légende. Autrement dit, plus le concept est spécialisé, moins il a de chance d'être connu et maîtrisé par le lecteur et plus il nécessite une légende approfondie ou un complément d'information. Lors de nos réalisations cartographiques, une des principales difficultés a donc été d'essayer de trouver des concepts suffisamment explicites pour qu'il n'y ait pas besoin de longues explications. Nous ne sommes cependant pas certain d'y être toujours parvenus et certains critères ou faits sonores représentés sont peut-être encore un peu difficile d'accès pour le profane. Des légendes plus approfondies ou des liens "hypertexte" vers des explications détaillées auraient éventuellement pu permettre de palier à ces inconvénients, mais quelles que soient les méthodes envisagées, une carte des qualités sonores paraît nécessiter un certain degré d'acculturation pour pouvoir être lue et comprise correctement.

1.2.2. Le milieu sonore et la carte

Nos investigations méthodologiques ne nous ont pas permis d'aborder de manière aussi approfondie la notion de milieu que celle d'environnement. Toutefois un certain nombre de questions nous sont apparues quant à la faisabilité d'une carte médiale.

Premièrement, les travaux de Frédéric Roulier¹²⁰ (cf. chapitre 1 § 4.3) ont démontré qu'il est possible de représenter certains aspects du milieu sonore sur une carte. Grâce à l'utilisation d'un questionnaire semi-directif, il évacue la complexité du vécu individuel pour obtenir des réponses objectivables à des questions précises qui abordent principalement les notions de gêne et de représentation mentale (où sont les lieux bruyants, où peut-on entendre des sons de la nature, êtes-vous gênés, etc. ?).

¹²⁰ ROULIER Frédéric : *Le milieu sonore d'Angers, Essai d'une géographie du bruit*, Thèse de doctorat géographie sociale n°405, Université d'Angers Département de géographie, CARTA - UMR 6590 ESO, 1998, Angers, 434 p.

Par recoupement et croisement des informations obtenues, il réalise alors, au moyen d'un SIG, différentes cartes qui rendent compte des répartitions spatiales de certaines perceptions et représentations habitantes, en fonction de critères préétablis.

Mais s'agit-il bien là de cartes médiales ? Ne s'agit-il pas plutôt justement de cartes de perceptions et de représentations habitantes ? Est-ce vraiment différent ?

Pourquoi, si nous admettons que l'on peut représenter l'environnement sonore avec seulement quelques-uns des critères et des faits sonores objectivables, n'acceptons nous pas aussi que l'on puisse également représenter le milieu avec seulement certaines des relations fusionnelles que l'homme entretient avec le monde sonore (cf. Introduction § 2.1.1, Figure 1) ?

Le milieu sonore peut-il être objectivé et moyenné ou n'est-il pas au contraire l'expression de vécus individuels dans toute leur complexité et leur part d'indicible ?

Voici quelques-unes des questions qui nous sont apparues au cours de notre recherche. Il ne s'agit pas ici de fournir des réponses, mais simplement de montrer notre position par rapport à la représentation du milieu sonore.

En effet, bien que nous n'ayons à aucun moment véritablement tenté de représenter le milieu sonore des sites sur lesquels nous avons travaillé, nous nous sommes aperçus que certaines des informations récoltées et représentées sur nos cartes paraissent également aborder certains aspects de cette notion. Cela est bien sûr très lacunaire, mais mérite toutefois un petit détour que nous effectuerons rapidement sous la forme de quelques interrogations.

- La simple représentation de faits sonores signifiés (terrasse de restaurant, bruits des oiseaux ou des fontaines, voix humaines, etc.) ne permet-elle pas de se projeter dans un milieu sonore par l'évocation d'une expérience déjà vécue ?
- La mise en relation de ces informations avec d'autres caractéristiques telles que les affectations des bâtiments, les types de population, etc., n'est-elle pas à même de préciser cette projection mentale dans un milieu ?
- Les types de sociabilité exposés (cf. chapitre 3 § 2.4.3) ne sont-ils pas également un moyen d'aborder certains aspects du milieu sonore ?
- L'indication textuelle des points de vue des habitants n'est-elle pas justement l'expression du milieu sonore tel que ressenti par chaque individu ?
- Le simple fait de fournir l'ensemble de ces informations au lecteur de la carte tout en lui laissant une libre interprétation ne lui permet-il pas de se faire une idée du milieu sonore tel qu'il le ressentirait lui-même ?

L'ensemble de ces questions reste malheureusement sans réponse à ce stade de notre étude. Cependant, on peut se demander s'il est vraiment judicieux, sur une carte, de tenter de représenter certains aspects nécessairement réducteurs d'un milieu sonore ou s'il ne vaut pas mieux se contenter d'évoquer certains faits sonores révélateurs et de donner quelques exemples significatifs de perceptions et représentations habitantes détaillées, afin de permettre au lecteur, par analyse, comparaison, récurrence et rémanence, de se projeter dans l'imaginaire du vécu et de reconstituer ainsi sa propre approche du milieu.

1.2.3. Le paysage sonore et la carte

Au vu des difficultés relatives à la cartographie de faits connus et objectivables, ainsi que des questions suscitées par l'approche du vécu, il ne nous a pas paru raisonnable d'envisager la représentation des appréciations sensibles et esthétiques des individus. En effet, si comme nous venons de le suggérer, l'approche du milieu doit passer par l'évocation pour favoriser la projection mentale dans un vécu individuel ou collectif, l'approche du paysage ne doit-elle pas passer par la démonstration pour permettre la pleine appréhension individuelle de ses aspects sensibles et esthétiques ?

Lors de nos recherches, nous n'avons donc pas tenté d'aborder la cartographie de paysages sonores. Nous nous sommes contentés, selon l'exemple de Murray Schafer¹²¹ de donner à entendre des séquences sonores caractéristiques. Celles-ci sont cependant localisées sur la carte (lieux et itinéraires) et composées sur la base des remarques et expressions habitantes, afin de rendre compte au mieux des principaux aspects identitaires et esthétiques repérés. Des textes explicatifs ont en outre été associés à ces séquences sonores, de manière à signifier les intentions et à préciser les principaux critères émergents.

Cela ne signifie pas qu'une démarche strictement cartographique de certains aspects des perceptions sensibles et esthétiques de la population soit impossible. Mais cette approche, nécessairement réductrice, ne nous est pas parue opportune dans le contexte de notre étude.

¹²¹ SCHAFFER R. Murray : *Le paysage sonore*, Ed. J.C. Lattès, Fondation de France, 1979, 388 p.

1.2.4. L'identité sonore et la carte

Bien que l'identité sonore d'un lieu ne puisse jamais être précisément définie, nous avons vu qu'il est possible d'aborder certains de ses aspects, par l'intermédiaire des approches environnementales, médiales et paysagères. Cependant, nous constatons que leurs représentations ne sont pas forcément aisées et qu'il n'est pas possible d'en aborder toutes les facettes sur une carte.

On peut alors se demander s'il ne serait pas possible de représenter directement l'identité sonore des lieux sans passer par le découpage trilogique mentionné ci-dessus. C'est ce que nous avons tenté lorsque nous avons réalisé la carte du patrimoine sonore. Les méthodes d'investigation utilisées lors de l'analyse du site nous ont en effet permis de mettre en évidence différents lieux et itinéraires représentatifs, expressifs et sensibles de l'identité sonore du quartier. Nous les avons donc situés sur la carte et y avons associés l'ensemble des données s'y rapportant (bandes son et transcriptions, synthèses d'enquêtes et fragments d'entretiens, particularités et exemplarités observées). Il ne s'agit cependant pas encore véritablement d'une carte identitaire. Celle-ci ne représente en effet pas des identités sonores différenciées en fonction des lieux, mais informe de manière détaillée sur certains aspects de l'identité sonore de lieux particulièrement révélateurs.

Mais alors, comment nommer et cartographier des identités sonores différenciées en fonction du lieu ? Ce problème est complexe et n'a pas trouvé de réponse à ce jour. Pour l'aborder, il faudrait, selon nous, se positionner par rapport à deux problèmes principaux.

- Comment peut-on typifier une identité sonore sur une carte ? Les critères proposés par Pascal Amphoux¹²² sont-ils adaptés à cette démarche ? Est-il possible d'en trouver d'autres, plus adaptés à la cartographie, et permettant de décrire plus simplement l'identité sonore d'un lieu ?
- A quelle échelle abordons-nous l'identité sonore ? Faut-il parler de l'identité sonore des villes, des quartiers, des rues, des appartements, etc. ? Faut-il prévoir des échelles variables qui affinent la représentation et la diversité des critères au fur et à mesure de la précision souhaitée ? Quelles sont les "frontières" identitaires ?

Dans le cadre de ce travail, nous n'avons malheureusement pas pu aller plus loin dans cette démarche. Nous laissons donc ces interrogations à d'éventuelles recherches ultérieures.

¹²² AMPHOUX Pascal : *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble et IREC, rapport n°117, EPFL, Lausanne, 1993, vol. 2, 41 p.

1.3. Les effets sonores

Si les effets sonores¹²³ (cf. Introduction § 2.1.1) ont largement été utilisés lors de nos études de terrain pour nommer certaines caractéristiques qualitatives repérées, nous n'avons pas véritablement cherché de moyen pour les représenter sur une carte. Quelques-uns des critères de qualité représentés sur nos cartes abordent bien certains aspects de différents effets sonores (réverbération, coupure, masque), mais jamais de manière complète et exhaustive.

En effet, cette notion, par nature transdisciplinaire, à la fois événementielle et située entre action et perception, ne se laisse pas facilement cartographier. Premièrement parce qu'un effet sonore n'est la plupart du temps pas localisable (où se situe un écho, un fondu-enchaîné, un gommage, une irruption, un enveloppement, un vibrato, etc. ?). Et deuxièmement parce qu'il évoque un paradigme qui ne se laisse pas expliquer par une simple légende et nécessite obligatoirement des exemples¹²⁴.

Nous avons donc renoncé à toute représentation cartographique d'effets sonores, pour ne les utiliser que là où ils paraissent être les plus opérants, c'est-à-dire lors des descriptions textuelles approfondies.

¹²³ AUGOYARD Jean-François, TORGUE Henry (Dir.) : *Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, Marseille, 1995, 174 p.

¹²⁴ Cette démarche sera peut-être plus facilement envisageable lorsque la version CD-Rom du *répertoire des effets sonores* (op. cit. ci dessus) sera terminée et que l'on pourra ainsi directement créer des liens informatiques avec les explications et exemples détaillés.

1.4. Les trois propriétés fondamentales de l'espace sonore

Comme nous l'avons vu en introduction (cf. § 2.1.3), notre démarche a également été guidée par les possibilités de représentation des trois caractéristiques fondamentales de l'espace sonore : la temporalité, la discrétion et la métabole¹²⁵. Nous allons maintenant voir comment ces aspects ont été abordés sur nos cartes, les limites des systèmes proposés, ainsi que les éventuelles améliorations envisageables.

1.4.1. La temporalité et la carte

Le temps nous étant apparu comme le caractère le plus remarquable de l'espace sonore, c'est sur cette notion que nous avons le plus travaillé.

Le premier problème à résoudre a été celui du temps de la carte. Dans ce sens, l'aspect qui nous a le plus intéressé n'était pas de savoir si nous voulions créer des cartes "éphémères" ou des cartes "monuments" (destinées à durer)¹²⁶. Ce point nous est paru secondaire dans le sens où, avant de savoir quel pourrait être exactement l'usage de ces cartes, il nous importait surtout de savoir s'il était possible de les réaliser. Nous nous sommes donc principalement intéressés non pas à la durée de vie de la carte, mais à la portion de temps représentée sur la carte.

Ensuite, bien que la carte représente en principe un temps arrêté, une de nos principales préoccupations a été de chercher différents systèmes pour intégrer la temporalité sur la carte. Pour ce faire, deux démarches ont été envisagées, celle de la représentation du temps sur une carte "fixe", et celle de l'animation de la carte.

Le temps de la carte

Toute carte est nécessairement le reflet de son époque ou, plus exactement dans le cas qui nous intéresse, du moment de l'analyse *in-situ*. Aucune carte ne peut donc être véritablement intemporelle. Cependant, on peut remarquer une différence entre les cartes qui représentent la situation temporelle globale de l'époque considérée et celles qui découpent le temps en plusieurs périodes différenciées.

¹²⁵ AUGOYARD Jean-François : Les qualités sonores de la territorialité humaine, *Architecture et Comporement*, Vol 7, n°1, 1991, pp.13-24 ; La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?, *Le Débat* n°65, Paris, Ed. Gallimard, mai-août 1991, pp. 51-59

¹²⁶ JACOB Christian : *L'empire des cartes*, Ed. Albin Michel, Histoire, Paris, 1992, pp. 54-56

Les cartes "intemporelles"

Afin d'éviter la multiplicité des cartes par un découpage périodique, une de nos démarches a été de chercher des caractéristiques sonores qualitatives susceptibles de révéler la situation sonore globale de l'époque considérée, sans que le moment ou la durée précise (heures, jour, etc.) ne remette en cause l'existence ou l'existence potentielle de ces qualités. A cette fin, deux types de caractéristiques nous sont apparues possibles.

- Les premières concernent les aspects directement liés à la forme et à la matérialité de l'espace construit (réverbération, coupure, connexion, etc.). L'espace géographique ne variant pas dans le temps de la carte, ces particularités restent donc potentiellement valables, quel que soit le moment ou la durée.
- Les secondes concernent les aspects qui correspondent à un sentiment global sur l'ensemble du temps écoulé jusqu'alors (lieux et parcours identitaires ou patrimoniaux, types spatio-acoustiques, types de sociabilité, territoires sonores, etc.). Ceux-ci étant le fruit d'une "image" mentale, ils ne sont pas situés selon une temporalité particulière, mais peuvent concerner indifféremment un moment ou un autre.

Pour ces deux types de caractéristiques, il n'est donc ni nécessaire, ni possible, d'indiquer une quelconque temporalité sur la carte, hormis, bien sûr, la date correspondant à l'analyse de l'état des lieux.

Les cartes périodiques

Cependant, nombres d'autres aspects de la qualité sonore varient constamment dans le temps (fonds et signaux sonores, nombre de véhicules, etc.). Ils peuvent donc s'avérer très différents selon le moment de la journée, le jour de la semaine, la période de l'année, etc.

Il est alors nécessaire de définir plus précisément le temps de la carte ou, autrement dit, la période considérée sur la carte. Les informations cartographiées correspondent alors soit à une moyenne sur la période considérée (par ex. fond sonore moyen), soit à l'ensemble ou la somme des éléments repérés sur cette période (par ex. signaux sonores).

Pour la réalisation de nos cartes, deux modes de découpages périodiques ont été retenus.

- Le découpage jour/nuit, basé sur un jour moyen de la semaine et de l'année (tel qu'habituellement utilisé pour les cartes de bruit).
- Le découpage "à la demande". Ce dernier n'a naturellement pu être réalisé qu'avec des cartes informatisées. Il s'est agi d'associer aux caractéristiques cartographiées (en l'occurrence les signaux sonores et le nombre de véhicules), des données temporelles permettant, pour chaque élément représenté, d'indiquer ses variations en fonction du moment de la journée, du jour de la semaine et de la saison. Une interface de saisie permet alors de sélectionner la période désirée, et la carte représente automatiquement le résultat correspondant à cette période.

Le temps sur la carte

Comme nous l'avons vu précédemment, outre le problème du temps de la carte, nous avons également tenté de représenter certains aspects des variations temporelles du son sur la carte.

Notre première méthode a consisté à utiliser une des dimensions du plan pour représenter le temps. Les niveaux de bruits étant l'approche la plus connue et la plus approfondie de la dimension sonore, nous les avons retenus pour tester la faisabilité d'une telle démarche. Par la transformation d'histogrammes en "trames temporelles", nous avons ainsi pu démontrer qu'il est possible de visualiser certains aspects de la temporalité sur une carte "fixe" (potentiel de pause, continuité/discontinuité, etc.).

Nous ne reviendrons cependant pas plus en détail sur cette question, ce sujet ayant déjà largement été abordé dans notre deuxième chapitre (cf. § 4.1.2). Indiquons simplement que si cette approche a pu être réalisée avec les niveaux de bruit, il n'est pas impossible qu'elle puisse également être tentée avec d'autres aspects de la dimension sonore.

Le temps entre les cartes (cartes animées)

Avec l'utilisation des cartes informatiques, il est devenu possible d'utiliser la disparition de la fixité de l'image pour envisager des animations, par affichages successifs de cartes différenciées. La temporalité a ainsi pu être abordée, non plus *sur* la carte, mais *entre* les cartes (cf. chapitre 3 § 3.2).

Pour tester cette application, nous nous sommes intéressés à deux types de caractéristiques sonores : le nombre de véhicules et les signaux sonores.

- Le nombre de véhicules a été retenu pour plusieurs raisons. Premièrement, nous disposions de comptages relativement récents sur plusieurs rues du site étudié. Ensuite, son aspect quantitatif paraissait faciliter l'automatisation des animations. Enfin, sa similitude avec l'approche acoustique (mesures ou calculs estimatifs), permettait de tester un système facilement adaptable à la représentation temporelle des niveaux de bruit.
- Les signaux sonores ont été choisis pour dépasser l'approche purement quantitative et tenter de voir comment des faits sonores pouvaient se répartir dans le temps.

Deux types de cartes animées ont donc été réalisés.

- La carte de la circulation montre l'évolution temporelle du nombre de véhicules par une variation d'intensité visuelle des rues (variable de niveau de couleur).
- La carte des signaux sonores montre l'évolution temporelle de chacun des faits sonores par leurs apparitions et disparitions au fur et à mesure de l'animation, ou autrement dit, de la journée.

Nous ne reviendrons pas non plus sur les multiples apports que ces techniques ont favorisés : choix des périodes et des vitesses d'animation, visualisation du rythme, etc. Nous nous contentons simplement de rappeler qu'il a été possible, grâce à l'animation, de visualiser l'évolution temporelle de phénomènes sonores sur une carte. Cette démarche devrait donc être envisageable avec n'importe quel autre aspect de la dimension sonore variable dans le temps.

1.4.2. La discrétion et la carte

La discrétion de l'espace sonore est également un problème qui nous a suivi tout au long de notre étude. En effet, les sons se propageant dans l'espace, ils peuvent être en même temps ici et ailleurs. Ils sont donc difficilement localisables sur une carte.

Nous avons donc longuement cherché diverses solutions cartographiques susceptibles de rendre compte de la répartition ou, plus exactement, de la distribution des sons dans l'espace (anamorphoses, flou des limites, zones superposables, etc.). Malheureusement aucune solution ne nous étant apparue véritablement satisfaisante, nous en sommes revenus à une approche plus traditionnelle, qui consiste à représenter les informations soit en leur lieu d'émission, soit en leur lieu de réception.

Ces solutions comportent cependant quelques restrictions que nous tenterons de développer ci-après.

La représentation à l'émission

La solution la plus simple est certainement celle qui consiste à représenter les sons en leurs lieux d'émission. Il suffit alors de repérer où sont émis les sons caractéristiques, puis de les reporter sur la carte, sous forme de points (sources fixes), de lignes (sources mobiles) ou de zones (sources étendues et uniformément réparties). C'est par exemple ce que nous avons fait pour les signatures sonores remarquables. Cette solution comporte l'avantage de situer précisément les sources, mais ne permet pas de visualiser le "périmètre" à l'intérieur duquel cette source reste perceptible.

Par ailleurs, cette approche comporte aussi un autre inconvénient. En effet, lorsque l'on représente les éléments en leur lieu d'émission, il se peut que certains d'entre eux, bien que perceptibles sur le secteur cartographique pris en compte, soient situés en dehors de l'espace de la carte. Ils ne sont donc en principe pas représentables. Sur notre première carte "manuelle", nous avons pallié à cet inconvénient en indiquant, en bordure de plan, des flèches montrant que, par-là, des sons pénètrent le lieu (par exemple cloche de l'église St Bonaventure, annexes n° 17.1 et 17.6). Mais cette solution ne peut pas être appliquée pour tous les types de sons. Comment ferions-nous par exemple pour situer le bruit des avions si ceux-ci passaient au-dessus du site ?

La représentation à la réception

L'autre approche consiste à représenter les sons là où ils sont perçus. Cependant, on s'aperçoit immédiatement qu'en chaque point de l'espace, et donc de la carte, une multitude de sons sont entendus de manière différenciée. Il paraît donc difficile de représenter l'ensemble des sons perçus (ou même une sélection de sons repérés comme particulièrement révélateurs), ainsi que leurs interrelations en chaque point de l'espace. Une démarche, sur la base de courbes isophoniques superposables, a bien été tentée, mais elle s'est avérée irréalisable compte tenu du nombre d'informations nécessaires *in-situ* et des difficultés de représentation cartographique.

Nous avons alors opté pour une solution plus simple, qui consiste à définir des espaces de réception et à indiquer les éléments que l'on perçoit à l'intérieur de ces espaces. Cette méthode comporte cependant un inconvénient majeur. En effet, si l'on utilise déjà les deux dimensions du plan pour représenter la répartition spatiale des espaces de réception, il ne nous reste plus que quelques variables visuelles (couleurs, valeur de gris, texture, etc.) pour indiquer, à l'intérieur de ces espaces, la nature de ce que l'on désire représenter. Il paraît dès lors difficile de rendre compte de cette manière de l'ensemble des différents signaux sonores répertoriés.

Toutefois, si l'on s'intéresse non plus aux sons eux-mêmes, mais à une caractéristique particulière de l'espace sonore, cette méthode permet de bien en montrer les variations selon la répartition spatiale. C'est par exemple ce que nous avons fait pour représenter les types de fonds sonores, les types spatio-acoustiques, les types de sociabilité, les caractéristiques spatiales, etc. Il est alors possible de savoir où ces caractéristiques sont perceptibles, mais on ne peut pas connaître les emplacements exacts des sources sonores à l'origine de ces caractéristiques.

Par ailleurs, l'espace sonore n'étant pas directement superposable avec l'espace cartographique, cette manière de procéder impose de s'interroger sur l'échelle d'intervention, ainsi que sur les tailles, les répartitions et les limites des espaces de réception. Ces questions sont en effet primordiales dans le sens où c'est du choix des solutions que va dépendre la précision de la répartition géographique des éléments représentés. Quelle est l'échelle à laquelle doivent être transmises les informations ? Doit-on considérer une série de points, de lignes ou de zones de réception ? Doit-on envisager un maillage régulier, à même de découper le territoire en espaces de réceptions réguliers ? Quelles doivent être les dimensions de ces points, lignes, zones ou maillages ?

En ce qui nous concerne, nos deux démarches cartographiques ont été élaborées en centre ville, à l'échelle du quartier et ne se préoccupaient que de la qualification des espaces extérieurs. Les espaces de réception qui nous sont apparus les plus pertinents ont donc été les tronçons de rue et les vides urbains (place, cour, etc.). Ceux-ci étant délimités par le cadre bâti, ils permettent en effet relativement bien de différencier les espaces sonores.

Cependant, certains des aspects que nous désirions traiter ne s'appliquaient pas directement à ces espaces de réception et d'autres solutions ont du être trouvées (exigences normatives sur les façades, détournage des territoires sonores). Par ailleurs, si ce découpage (tronçon de rue et vides urbains) paraît relativement bien adapté à un tissu urbain dense, il l'est beaucoup moins dans le cas de grands espaces ouverts, où de fortes variations du critère représenté peuvent exister à l'intérieur du même espace. Comment pourra-t-il alors être découpé ? Où seront situées les frontières de ces espaces ? Ce problème est d'ailleurs déjà en partie apparu lors de la réalisation de la trame temporelle de notre première carte qui, étant réalisée à une plus petite échelle, nécessitait de montrer comment les sons se propagent aux intersections.

Nous nous apercevons donc que la question du choix de l'espace de réception dépend de nombreux facteurs (échelle, critères représentés, modes de représentation) et que la réponse peut être très différente selon la question que l'on se pose. Il n'existe donc pas une solution unique, dans tous les cas meilleure que les autres, mais une multitude de solutions différenciées, qui comportent chacune leurs avantages et inconvénients.

La représentation simultanée émission/réception

A l'issue de l'analyse de ces deux approches émission/réception, on s'aperçoit que la représentation à l'émission paraît mieux adaptée pour figurer les signaux sonores eux-mêmes, alors que la représentation à la réception permet mieux de rendre compte de caractéristiques sonores.

Les deux approches ayant été envisagées lors de nos recherches cartographiques, les cartes proposées indiquent donc les informations parfois en leurs lieux d'émission, et parfois en leur lieu de réception. Or, chacune de ces solutions pouvant être abordée sous forme de points, de symboles, de lignes ou de zones, il n'est pas toujours facile, lorsque l'on passe d'une carte à l'autre, de savoir s'il s'agit d'une émission ou d'une réception. Mais ce problème en est-il véritablement un ? L'important n'est-il pas de savoir qu'en ce lieu on peut entendre ou remarquer tel ou tel son et/ou caractéristique sonore ?

Nous n'avons pas répondu à cette question, mais constatons simplement que cela n'a pas l'air de poser de problème pour la lecture des cartes, puisque l'on comprend toujours que telle ou telle indication existe en ce lieu, qu'elle soit émise (signal sonore), perçue (caractéristique sonore), ou qu'elle corresponde à une qualité intrinsèque de l'espace (réverbération, orientation, etc.).

D'ailleurs, sur notre première carte avec support papier, nous avons mélangé les émissions et les réceptions, ainsi que les modes de représentation, et, au lieu de brouiller les pistes, cela s'est plutôt avéré favorable pour l'émergence de lectures comparatives (par exemple : trame temporelle du fond sonore de la circulation sur signaux sonores qualitatifs, renforcement du caractère humain ou public des lieux par la représentation simultanée, dans la même gamme de couleurs, de signaux émis sur fonds perçus, etc.).

1.4.3. La métabole et la carte

Représenter la métabole sur une carte signifie représenter les combinaisons hiérarchisées entre les différents sons en présence. Cependant, les rapports de permutation entre ces sons étant en perpétuelles transitions les uns avec les autres, dans le temps et dans l'espace, il paraît impossible de tous les représenter sur une carte. Ceci d'autant plus que nous venons de voir les difficultés rencontrées pour intégrer la temporalité et la discrétion sur la carte.

Pourtant, lors de la réalisation de notre première carte manuelle, nous nous sommes aperçus que la superposition de la trame temporelle du fond sonore de la circulation sur les signaux caractéristiques émergents pouvait faire apparaître, par analogie visuel/sonore, certaines des relations existantes entre les différents sons en présence. Il ne s'agit bien entendu pas encore d'une véritable représentation de la métabole, mais de certaines relations qui peuvent exister entre des figures et des fonds sonores (effets de masque et d'émergence en fonction du temps).

A ce stade de l'étude, cette expérience n'a pas pu être développée plus avant. Cependant, au vu des formidables potentialités de la carte informatique pour aborder la dimension temporelle (temps de la carte et choix de la période considérée, temps entre les cartes et animations à vitesses variables), il paraît possible d'améliorer efficacement le système.

Dans notre système d'information géographique "*Chaos*", il suffirait par exemple de remplacer la carte du nombre de véhicules par une carte des niveaux de bruits de la circulation, de représenter ces niveaux de bruit par des trames semi-transparentes et variables en intensité visuelle selon le niveau de bruit (par exemple trames à point), puis de superposer cette carte à celle des signaux sonores qualitatifs émergents. En sélectionnant la période considérée et la vitesse d'animation, on pourrait alors visualiser l'évolution simultanée de l'ensemble de ces informations, ainsi que leurs interrelations (apparition et disparition des signaux, effet de masque du bruit de la circulation en fonction du temps qui passe, rythme, etc.).

Nous n'aurions ainsi pas encore une véritable représentation de l'ensemble des aspects métaboliques de l'environnement sonore, mais pourrions déjà appréhender (par analogie visuel/sonore) une foule d'informations relatives à l'organisation des sons cartographiés entre eux, dans le temps et dans l'espace.

1.5. L'ambiance sonore

Bien que ce travail n'ait pas eu la prétention de chercher à représenter l'intégralité de la complexité de la notion d'ambiance (cf. Introduction § 2.1.1), c'est toutefois le but inaccessible que nous avons tenté d'approcher par les différentes démarches qualitatives que nous venons d'évoquer (sens des sons, approche environnementale, médiale et paysagère, effets sonores, temporalité, discrétion et métabole). Par ailleurs, lors de notre recherche sur support infographique (SIG), nous avons encore essayé de croiser ces informations avec d'autres caractéristiques de l'espace sonore humain, telles que les configurations spatiales et sociales (forme et matérialité des espaces, affectations, activités particulières, densité de population, etc.).

L'ensemble de ces démarches a permis la création de nombreuses cartes novatrices, ainsi que le regroupement et le croisement de multiples informations relatives à la qualité sonore des sites étudiés. Les possibilités de superpositions de cartes ainsi que les requêtes automatiques permises par le SIG ont en outre permis de mettre en évidence certaines des relations qui peuvent exister entre ces diverses caractéristiques (cf. chap. 2, § 4 et chap.3, § 3).

Cependant, nous sommes encore loin d'avoir pu traiter l'ensemble des éléments relatifs à la définition et à la représentation d'une ambiance sonore. En effet, comme nous l'avons dit en introduction, la recherche sur les ambiances sonores est encore actuellement en développement et fait constamment émerger de nouvelles approches et de nouveaux concepts. Or, lorsque nous voyons déjà le nombre de renseignements pris en compte sur nos cartes, ainsi que les difficultés rencontrées pour les mettre clairement en évidence et en relation les uns avec les autres, nous pouvons nous demander s'il est vraiment envisageable d'espérer pouvoir un jour représenter toute la complexité des ambiances sonores sur une carte ou sur un système infographique.

A l'issue de l'ensemble de nos démarches exploratoires, nous pensons donc que l'ambiance sonore doit rester ce pôle asymptotique qui permet de faire avancer la recherche, alors que la cartographie doit se contenter d'aborder la représentation de qualités sonores susceptibles d'appréhender certains aspects de l'ambiance.

2. LES LIMITES DES SYSTEMES CARTOGRAPHIQUES PROPOSES

Nous venons de voir dans quelle mesure et comment les principaux aspects qualitatifs de la dimension sonore ont pu être traités. Il nous paraît maintenant important de replacer les différents systèmes cartographiques proposés dans leurs contextes méthodologiques et d'en montrer ainsi brièvement les principales limites.

2.1. L'espace de représentation

Tout d'abord, les choix de nos terrains d'étude et des espaces pris en considération pour l'analyse ont impliqué un certain nombre de restrictions quant aux possibilités de représentations cartographiques.

2.1.1. Les échelles d'intervention

Afin de travailler à l'échelle du bâti et de permettre l'analyse différenciée de chaque espace urbain (rues, places, cours, etc.), nos deux explorations cartographiques ont été effectuées sur des quartiers de relativement petites dimensions. L'ensemble des solutions proposées - tant en ce qui concerne les méthodes d'investigations *in-situ* que les modes de représentations retenus - ne sont donc valables que pour les échelles auxquelles elles ont été conçues.

Si l'on désirait travailler à des échelles plus larges (par ex. toute une ville) ou plus restreintes (par ex. une place ou une arrière-cour particulière), elles devraient par conséquent nécessairement être réadaptées. En effet, selon l'échelle du site étudié, les caractéristiques sonores qualitatives à prendre en considération ne sont pas forcément les mêmes, et le degré de précision des informations varie obligatoirement en fonction de la taille des sous-espaces représentés (la trame temporelle de notre première carte n'est par exemple déjà plus visualisable à l'échelle de notre deuxième quartier et il est fort probable que les signaux sonores ne soient plus lisibles à une échelle plus large).

Deux constatations opposées peuvent dès lors être mises en évidence. Premièrement, il est nécessaire de trouver un moyen d'étendre la carte à l'ensemble d'une ville. Deuxièmement il est impossible d'évacuer la complexité des situations différenciées si l'on veut pouvoir travailler de manière opérante au niveau du bâti.

A ce stade de notre recherche, bien qu'aucune extension de nos systèmes cartographiques n'ait été prévue à l'échelle d'une ville, une solution nous paraît cependant envisageable. Il s'agirait de décomposer la ville par morcellements successifs, où chaque stade permettrait d'indiquer diverses qualités sonores relatives à la taille du secteur retenu (à définir), et où le dernier niveau pourrait être celui des cartes proposées dans cette étude. Grâce aux possibilités de zoom des cartes informatiques, il serait alors possible de changer d'échelle à la demande et d'obtenir ainsi, au fur et à mesure des rapprochements successifs, des informations de plus en plus détaillées correspondant chaque fois à l'échelle du site pris en considération. En outre, les possibilités de croisement d'informations offertes par les systèmes d'information géographique (SIG) permettraient peut-être d'effectuer des requêtes automatiques susceptibles de reprendre certaines des informations fournies à l'échelle détaillée pour les simplifier ou les "moyenner" aux niveaux supérieurs.

Mais, ceci étant de la musique d'avenir, il nous faut actuellement nous contenter de constater que les cartes proposées permettent uniquement d'aborder des espaces relativement restreints (quartiers).

2.1.2. L'approche bi-dimensionnelle

Lors de nos multiples démarches, nous nous sommes principalement intéressés à la description des qualités sonores des espaces publics extérieurs, perçus depuis le sol à la hauteur des oreilles de l'écouter. Il ne nous est donc pas paru nécessaire d'aborder l'élévation sur nos cartes. Cependant, comme chacun le sait, les sons se propagent théoriquement dans toutes les directions, et la situation sonore perçue depuis un bâtiment peut être très différente selon le niveau ou l'étage auquel on se trouve.

Comment pourrions-nous donc rendre compte, sur nos cartes, des perceptions différenciées en fonction de l'altitude, si nous désirions représenter les sons entendus depuis les bâtiments ? Faudrait-il prévoir des couches successives correspondant à la situation de chaque étage ? Faudrait-il envisager des vues en élévation ? Pourrions-nous envisager une représentation en trois dimensions, sachant que toutes les faces ne pourront jamais être visualisées en même temps ?

Ces questions n'ayant pas été abordées dans le cadre de cette étude, nous n'avons malheureusement aucune solution à proposer et devons simplement constater que les systèmes réalisés ne permettent de représenter la situation sonore qu'à un niveau donné.

2.2. Les modes de représentation

Le deuxième groupe de limites que nous voyons à nos cartes concernent les modes de représentation retenus et se situent à deux niveaux principaux : les signes utilisés et le nombre élevé d'informations sur les cartes.

2.2.1. Les signes utilisés

L'essentiel de nos recherches ayant porté sur la faisabilité de la représentation cartographique des qualités sonores retenues, nous nous sommes souvent contentés de montrer, au moyen de systèmes relativement simples, s'il était possible ou non de les aborder sur une carte. Nous n'avons donc que peu exploré les diverses possibilités de la sémiologie graphique et les solutions proposées ne nous paraissent pas forcément toujours les plus adaptées au contenu sémantique des éléments représentés, que ce soit pour la description qualitative des signaux sonores (choix des symboles) ou pour la représentation des différentes qualités des espaces sonores (choix des couleurs, trames, etc.).

Cet état de fait n'est cependant pas dû à un oubli ou à une négligence de notre part. Il provient essentiellement des limites des différents systèmes cartographiques que nous avons utilisés.

Premièrement, lors de la réalisation des cartes manuelles, les moyens techniques à notre disposition (calques, crayons, ciseaux, etc.) ne nous permettaient pas toujours, compte tenu de nos compétences en dessin cartographique, de réaliser exactement ce que nous souhaitions. L'utilisation de trames autocollantes ne nous a par exemple pas permis de trouver des variations de couleurs qui correspondent exactement à une même intensité visuelle perceptive (niveaux de gris) sous la trame des niveaux de bruit de la circulation.

Ensuite, et c'est certainement le plus important, les faibles possibilités graphiques du logiciel MapInfo[®] (version 4.5) nous ont souvent empêchés de réaliser les modes de représentations que nous désirions. En effet, ce logiciel ne permet par exemple pas directement de superposer deux trames surfaciques différentes. En outre, il ne dispose que d'un choix relativement limité de types de lignes, de trames ou de symboles et ne permet pas de les faire évoluer selon toutes les variables visuelles, ainsi que dans le temps.

Le problème de la temporalité nous étant apparu très important, nous avons bien effectué un gros effort informatique pour réaliser un système d'animation, mais cet effort n'a pas pu être effectué pour toutes les autres idées que nous avons développées.

De nombreuses démarches sémiologiques (telles que par exemple les variations d'intensités lumineuses sur fond noir par effet néon, les zones à bords flous, les superpositions de surfaces différenciées, la création de symboles particuliers, etc.) ont donc dû être abandonnées.

Il s'ensuit une série de cartes au contenu sémiologique relativement limité qu'il serait intéressant d'enrichir lors d'une étape ultérieure par l'utilisation d'un logiciel plus performant ou par l'adaptation d'applications extérieures.

2.2.2. Le nombre d'informations et la lecture des cartes

Le deuxième problème relatif aux modes de représentation proposés concerne le nombre élevé d'informations sur les mêmes cartes. En effet, bien que notre œil ne soit pas capable de différencier plus de trois variables en même temps (Bertin chap. 1, § 1.4), le nombre élevé d'informations nécessaires pour aborder la qualité sonore nous a, la plupart du temps, obligés à représenter bien plus de trois variables sur la même carte. Il s'ensuit une lecture plus difficile, qui nécessite des retours successifs et ne permet pas toujours la mémorisation de l'ensemble.

C'est d'ailleurs la principale raison pour laquelle nos cartes manuelles sont décomposées en plusieurs couches superposables qui permettent chacune une lecture simplifiée. Par ailleurs, sur les cartes informatiques, il est toujours possible de ne sélectionner qu'une partie des informations et d'en obtenir alors une lecture simple qui permet la visualisation instantanée et la mémorisation des répartitions géographiques.

Ce problème pourrait par conséquent être considéré comme résolu. Cependant, il nous semble que la recherche de systèmes cartographiques susceptibles de limiter le nombre d'informations pourrait s'avérer utile car, bien que limitant le degré de précision des informations, elle permettrait la simplification de la lecture. On peut alors se demander s'il ne serait pas possible d'envisager un système cartographique qui ne dépasserait jamais trois variables par carte, mais qui approfondirait chaque fois la précision par trois autres sous-critères représentés sur une carte différente. De la même manière que nous avons proposé ci-dessus d'aborder le problème de l'échelle par zooms successifs, on pourrait alors également aborder le degré de précision par approfondissements successifs des notions représentées.

A ce stade de l'étude, ces réflexions n'ayant pas encore trouvé de solutions, force est de constater que les cartes proposées ne sont pas toujours facilement mémorisables.

2.3. La carte et l'approche sensible

La dernière remarque qui reste à faire concerne le peu de solutions cartographiques proposées pour aborder les dimensions vécues et sensibles de l'espace sonore. Cette constatation est principalement due au fait que notre première démarche cartographique ne s'est intéressée qu'à l'approche environnementale et que notre deuxième étude, engagée sur la base d'une analyse scripturaire détaillée des perceptions sensibles des individus, ne permettait pas d'effectuer de véritables découpages typologiques des perceptions habitantes (hormis peut-être les territoires sonores et les types de sociabilité).

Cependant, comme nous l'avons indiqué précédemment (cf. § 1.2.2 et 1.2.3), nous ne sommes pas convaincu qu'il soit véritablement utile de typifier les perceptions sensibles. Nous pensons plutôt que c'est la mise en relation des faits connus et objectivables (cartographiés) avec les multiples perceptions différenciées des individus (textes explicatifs détaillés) et l'écoute de séquences sonores révélatrices (bandes son) qui permettent le mieux d'appréhender les dimensions vécues et sensibles dans toute leur complexité.

Nous n'avons donc pas poussé plus loin nos investigations sur les représentations typologiques des perceptions et représentations habitantes et avons préféré orienter notre réflexion vers les démarches prospectives suivantes.

3. DEMARCHES PROSPECTIVES

Comme nous avons pu le constater tout au long de ce travail, notre démarche a consisté à voir, sur la base des différents outils théoriques à notre disposition, comment des cartes des qualités sonores pouvaient être possibles. Par nos explorations méthodologiques successives, nous avons proposé divers systèmes cartographiques et infographiques susceptibles d'aborder certains des aspects qualitatifs pris en compte (sens des sons, temporalité, caractéristiques qualitatives, etc.). Cependant, si ces systèmes ont permis l'émergence de nombreuses solutions novatrices, ils comportent encore un certain nombre de restrictions et ne peuvent par conséquent pas être considérés comme des solutions définitives.

En outre, si nous avons maintenant une idée plus précise de ce que nous pouvons ou ne pouvons pas faire, ainsi que des atouts et des limites des multiples approches envisagées, nous n'avons toujours pas abordé dans le détail la dernière question posée à l'issue de nos hypothèses :

Comment pouvons-nous faire évoluer favorablement ces cartes ?

Pour aborder cette question, deux démarches prospectives nous sont apparues possibles.

3.1. Analyse de l'efficacité des cartes réalisées

La première pourrait consister à mener une série d'enquêtes auprès des utilisateurs potentiels de ces cartes, ainsi qu'auprès de différents spécialistes de la cartographie, afin de tester l'efficacité de chacun des systèmes cartographiques (manuels, informatiques et SIG), actuellement réalisés sur la dimension sonore qualitative. Ceci tant en ce qui concerne les recherches précédentes sur le thème (cartes de gêne, cartes de A. Léobon, 1994, cartes de F. Rouillier, 1998, cf. chapitre 1 § 4), qu'en ce qui concerne nos propres propositions (cf. chapitres 2 et 3).

Il s'agirait alors d'analyser comment les informations cartographiées sont perçues, comment elles peuvent s'avérer utiles, quels sont les manques et comment les systèmes cartographiques pourraient être efficacement améliorés, tant du point de vue des informations qu'ils contiennent que de celui des modes de lecture et de représentation.

Pour ce faire, il serait naturellement indispensable de consulter le plus grand nombre possible de professionnels capables de juger de l'efficacité des informations fournies et de mettre en évidence les lacunes éventuelles (gestionnaires et aménageurs urbains : architectes, urbanistes, responsables de services administratifs, politiques). Il faudrait également interroger des spécialistes de la représentation graphique (géographes, cartographes, sémiologues), seuls à même de critiquer objectivement les modes de représentation retenus et de proposer d'éventuelles améliorations graphiques.

Par ailleurs, bien que ces cartes soient destinées en priorité aux personnes susceptibles d'intervenir directement sur l'espace sonore des lieux qu'ils aménagent, il n'est pas impossible - au même titre que les cartes militaires se sont avérées très utiles aux randonneurs - que celles-ci puissent trouver un usage intéressant pour d'autres personnes, tels que les investisseurs, les exploitants ou les simples usagers de la ville (par exemple pour le choix d'un site approprié à telle ou telle activité). Il serait donc intéressant de ne pas limiter les enquêtes aux seuls milieux professionnels de l'aménagement urbain et de la cartographie, mais de les étendre auprès des promoteurs, artisans, commerçants, habitants, etc.

Cette démarche devrait permettre de repérer les aspects qualitatifs les plus opérants pour tel ou tel usage, ainsi que les limites et les possibilités d'améliorations des différents modes de représentations proposés. Sur cette base, on pourrait alors envisager des cartes destinées à divers usages spécifiques qui, ne prenant en compte que quelques critères de qualités, pourraient être réalisées avec un minimum d'investissements *in-situ* et selon un mode de lecture simplifié, uniquement destiné à répondre à une question précise.

Jusqu'à présent, la question de l'usage des cartes n'était cependant pas véritablement au centre de nos préoccupations, puisqu'il s'agissait avant tout de déterminer des conditions de faisabilité. Ces enquêtes n'ont donc pas été réalisées et nous avons préféré consacrer notre temps et notre énergie à la mise en place d'un cadre théorique pour la recherche future sur la représentation cartographique des qualités sonores (cf. ci-dessous).

Cette approche reste donc en suspend, mais retient toute notre attention et devra nécessairement être menée un jour ou l'autre si nous voulons cibler plus précisément l'opérationnalité de nos cartes en fonction de la demande¹²⁷.

¹²⁷ Le principe de base de notre SIG ne devrait cependant pas être entièrement remis en cause, puisqu'il offre une grande adaptabilité et un intéressant potentiel de croisements d'informations diverses (données alphanumériques, textuelles, sonores, temporelles) qui devraient relativement facilement lui permettre d'évoluer en fonction des besoins des utilisateurs potentiels.

3.2. Un cadre théorique pour la recherche sur la représentation cartographique des qualités sonores

Comme nous venons de le voir, pour faire évoluer ces cartes, nous avons concentré notre attention sur la proposition d'un cadre théorique susceptible d'orienter la recherche vers une cartographie sonore qualitative. Il s'agit alors non plus de chercher des solutions cartographiques et de tester leur faisabilité et leur pertinence, mais d'organiser les questions, de manière à voir tout ce que l'on pourrait mettre sur une carte pour aborder la dimension sonore qualitative. Il serait ainsi possible non plus d'obtenir des exemples de cartographies avec leurs atouts et leurs limites, mais de disposer d'un outil d'analyse permettant de regrouper l'ensemble des questions possibles, ainsi que les différentes pistes et solutions envisageables. Sur cette base, nous pourrions alors sélectionner les différents éléments à prendre en considération, en fonction des objectifs des cartes que nous souhaiterions réaliser.

A ce stade de notre étude, cette démarche n'a pas encore véritablement pu être menée à terme. Cependant, nos multiples réflexions tout au long de la recherche, ainsi que les acquis et les limites des cartes réalisées, nous ont permis d'esquisser une première ébauche de ce que pourrait être ce cadre théorique. Nous soumettons donc ci-dessous, à l'appréciation de nos lecteurs, l'état actuel de nos réflexions sur ce thème.

3.2.1. Le connu, le vécu et le sensible sur le même support

Tout d'abord, comme nous l'avons vu en introduction, les trois approches fondamentales de la dimension sonore élaborées au CRESSON depuis de nombreuses années, le *connu*, le *vécu* et le *senti*, ont permis de décomposer ce que Pascal Amphoux nomme le Monde sonore en trois modalités d'écoutes différenciées qui abordent chacune les notions d'environnement, de milieu ou de paysage sonore (cf. Introduction § 2.1.1). Or comme le suggère Martine Leroux¹²⁸, ces trois approches étant associées à trois types d'objectifs différenciés – *le diagnostic, la gestion et la création* – on pourrait envisager trois types de cartes :

- *Les cartes environnementales*, dont le but serait d'effectuer le *diagnostic de l'état et de l'évolution de l'environnement sonore*.
- *Les cartes médiales*, dont l'objectif serait de permettre la *gestion opérationnelle des milieux sonores*.
- *Les cartes paysagères*, destinées à l'aide à la *création de paysages sonores*.

¹²⁸ LEROUX Martine : *Enquête auprès des municipalités sur la cartographie sonore*, ML consultant, Paris, 1996, p. 52

Il s'agirait alors, selon nous, de proposer des outils de représentation, d'analyse et de conception, susceptibles de montrer l'existant, ce qu'en pense la population et ce qu'on peut faire, par la représentation de faits objectivables, de perceptions habitantes et d'exemples de référence.

Connu Représentatif	Vécu Expressif	Senti Sensible	CRESSON J.F. Augoyard
Environnement Faits objectivables	Milieu Relations fusionnelles	Paysage Phénomènes sensibles	P. Amphoux
Diagnostic	Gestion	Création	M. Leroux
Représentation	Analyse	Conception	Outils de
Ce qui existe objectivement	Ce qu'on en pense comment c'est perçu ?	Ce qu'on peut faire pour créer du sensible	Montrer
Faits objectivables	Perceptions habitantes	Exemples de référence	Représenter
Monodisciplinaire	Pluridisciplinaire	Transdisciplinaire	Démarche

Figure 28

Trois approches cartographiques basées sur le connu, le vécu et le sensible

Cependant, bien que les utilisateurs potentiels de ces cartes puissent chercher à gérer le milieu sonore (amélioration et/ou conservation du confort, limitation des plaintes, etc.) et à créer ou conserver des situations sonores exemplaires (paysagères ou identitaires), ils ne peuvent en aucun cas intervenir directement sur les perceptions vécues et sensibles des usagers, mais uniquement sur les faits et caractéristiques sonores objectivables de l'environnement :

- soit par les choix d'affectation et d'organisation des activités (qui déterminent les sons potentiellement présents dans le lieu),
- soit par les choix de formes et de matérialités de l'espace (qui déterminent certaines qualités sonores potentielles du lieu),
- soit encore par d'éventuelles mesures restrictives ou incitatives (qui peuvent déterminer certaines potentialités d'actions des usagers).

Plutôt que de prévoir des cartes différenciées, il nous paraît donc plus intéressant de chercher à relier sur un même support, les données vécues et sensibles avec les faits et caractéristiques connus et objectivables. Il serait alors possible de mettre directement en relation, dans le même système, ce qui existe, ce qu'en pensent les habitants et ce qu'on peut faire pour créer du sensible. Les utilisateurs auraient ainsi la possibilité de chercher des éventuelles relations de cause à effet, et le même outil pourrait alors servir :

- au diagnostic de l'environnement par la représentation des faits objectivables,
- à la gestion des relations fusionnelles avec le monde sonore par la comparaison entre les faits objectivables et les analyses des perceptions vécues et différenciées des individus,
- à la création de phénomènes esthétiques par la comparaison entre les faits objectivables et les paysages sonores sensibles de référence.

3.2.2. Hypothèses pour la constitution d'un cadre théorique

Comme nous venons de le voir, notre première hypothèse pour la constitution d'un cadre théorique pour la représentation qualitative de l'espace sonore humain est d'aborder ensemble, sur un même système, les aspects connus, vécus et sensibles de la dimension sonore et de les mettre en relation les uns avec les autres.

D'où les questions suivantes.

- Comment pouvons-nous représenter un environnement sonore connu *par des faits objectivables permettant le diagnostic ?*
- Comment pouvons-nous rendre compte d'un milieu sonore vécu *par des synthèses d'analyses permettant la gestion ?*
- Comment pouvons-nous rendre compte d'un paysage sonore sensible *par des exemples de référence permettant la création ?*
- Comment pouvons-nous créer des liens susceptibles de mettre ces informations en relation les unes avec les autres ?

Ces questions ont déjà trouvé des ébauches de solutions dans les tentatives cartographiques et infographiques que nous avons effectuées. Mais ce qui nous intéresse ici n'est pas tant de voir ce qui a pu être réalisé (cf. § 1 et 2) que ce qui pourrait encore l'être.

Par ailleurs, comme nous l'avons indiqué précédemment (§ 2.3), nous ne pensons pas que la seule approche cartographique soit à même d'aborder les dimensions vécues et sensibles des habitants toute leur complexité. Nous croyons plutôt (comme nous avons d'ailleurs en partie tenté de le faire) que des transcriptions textuelles détaillées et des exemples sonores sont nécessaires pour ne pas perdre la richesse et la diversité des informations récoltées.

Bien entendu, ces approches textuelles et sonores pourraient encore être améliorées, par exemple par la recherche de méthodes simplifiées d'analyse *in-situ*, par le perfectionnement des modes de représentation textuels et sonores, par la précision de la localisation des informations, ou encore par l'automatisation des relations avec les autres caractéristiques infographiées (recherche automatique de mots dans le texte, mise en évidence sur les cartes des faits objectivables cités dans le texte ou entendus dans les bandes son, etc.).

Mais ce qui nous intéresse particulièrement à ce stade de notre analyse prospective, c'est de voir ce qu'on peut représenter et comment, afin d'aborder le plus en détail possible les qualités d'un espace sonore. Nous présentons donc ci-après, sous forme de tableaux récapitulatifs, l'ensemble des informations que nous avons repérées pour qualifier un espace sonore, ainsi que quelques pistes de recherches sur la manière de les représenter.

3.2.3. Grilles d'analyses pour la représentation des qualités sonores

Pour rechercher un maximum de possibilités d'analyse et de représentation des qualités sonores, nous avons défini cinq caractéristiques remarquables que nous avons essayé d'appliquer aux trois composantes principales de l'espace sonore humain : les sons, l'espace et la société¹²⁹. Il s'agit des caractéristiques physiques et sémantiques, ainsi que des caractéristiques temporelles, de distribution et de composition, issues des trois propriétés fondamentales de l'espace sonore urbain définies par J.F. Augoyard : la temporalité, la discrétion et la métabole (cf. Introduction § 2.1.3).

¹²⁹ Nous rejoignons en ce sens les travaux du CRESSON qui, lors du travail préparatoire à l'établissement d'un répertoire des effets sonores en milieu urbain, proposait de travailler sur l'environnement sonore à partir de trois entrées : la morphologie sonore, la morphologie urbaine, la morphologie micro-sociale ; AUGOYARD Jean-François et al. : *Sonorité, Sociabilité, Urbanité, Méthode pour l'établissement d'un répertoire des effets sonores en milieu urbain*, Ministère de l'Urbanisme et du Logement – Plan-Construction, Recherche n° 80.471, s.d. (198?), p. 3

En croisant ces cinq caractéristiques avec les dimensions sonores, spatiales et sociales, nous obtenons une première grille d'analyse de l'espace sonore humain permettant de nommer et de répertorier, selon un système organisé, la plupart des problèmes que nous avons rencontrés dans le cadre de notre étude, ainsi que quelques nouvelles perspectives de recherche.

L'ESPACE SONORE HUMAIN

	SON	ESPACE	SOCIETE
CARACTERISTIQUES	Signaux, fonds et critères sonores	Formes, matérialités et espaces sonores	Faits, actions et perceptions
PHYSIQUES	Mesures et/ou calculs acoustiques	Configurations géographiques	Informations statistiques
SEMANTIQUES	Signification des sons	Significations sonores de l'espace	Actions et perceptions sonores significatives
TEMPORELLES	Evolution des sons dans le temps	Evolution de l'espace dans le temps	Evolution temporelle des caractéristiques sociales
DE DISTRIBUTION	Situation des sons dans l'espace	Situation espace sonore / espace géographique	Situations spatiales des caractéristiques sociales
DE COMPOSITION	Organisation des sons entre eux	Organisation des espaces sonores entre eux	Organisation des caract. sociales entre elles

Figure 29

Grille d'analyse pour une cartographie de l'espace sonore humain

Ce découpage ne doit pas être perçu comme une vérité absolue ou un ordre immuable. Il propose simplement un moyen d'organiser la problématique de la représentation cartographique de l'espace sonore humain et a pour but de permettre l'exploration détaillée de chacune des différentes approches proposées.

Par ailleurs, il permet également de situer les différentes cartes sonores qualitatives déjà réalisées par rapport à une problématique plus globale. Ainsi, hormis les caractéristiques physiques de l'espace (*configurations géographiques*), qui doivent nécessairement être indiquées sur n'importe quelle carte, on s'aperçoit par exemple que :

- Les cartes de densité de population gênée (cf. chap.1 § 4.1) - qui mettent en relation les niveaux de bruit avec la densité de population - se situent principalement au niveau des caractéristiques physiques du signal et de la société (*mesures ou calculs acoustiques et informations statistiques de la population*).

- Les cartes de A. Léobon (cf. chap.1 § 4.2) - qui indiquent des espaces sonores qualifiés - se situe principalement du côté des aspects sémantiques et de la distribution des signaux sonores (*signification des sons et répartition des sons dans l'espace*).
- Les cartes de F. Roulier (cf. chap.1 § 4.3) - qui indiquent des perceptions et représentations habitantes selon un maillage cartographique - se situent principalement du côté des aspects sémantiques-sociaux et de la distribution dans l'espace (*perceptions sonores significatives et relations entre espace géographique et espace sonore*).
- Notre première carte sur support papier aborde l'ensemble des aspects physiques, sémantiques, temporels, de distribution et de composition des signaux sonores (*mesures et calculs acoustiques, signification des sons, évolution des sons dans le temps, répartition des sons dans l'espace, répartition des sons entre eux*), ainsi que certains aspects sémantiques de l'espace (*signification sonore de l'espace*).
- Notre système d'information géographique "Chaos" aborde encore un plus grand nombre de ces aspects (ainsi que des informations textuelles et sonores relatives aux perceptions sensibles et vécues des habitants), mais il ne permet toujours pas de les prendre tous en considération.

Nous proposons donc maintenant, sur la base de trois tableaux successifs, d'essayer d'établir, pour chacun des aspects sonores, spatiaux ou sociaux, ce que nous pouvons représenter, ainsi que quelques possibilités de représentations envisageables. Ces tableaux n'ont en aucun cas la prétention d'être exhaustifs, car ils sont simplement destinés à situer ce qui a déjà pu être réalisé et à proposer quelques nouvelles pistes de recherche.

LA REPRESENTATION DES SONS

SIGNAUX, FONDS ET CRITERES SONORES

<i>caractéristiques</i>	<i>Que représenter ?</i>	<i>Comment ?</i>
Physiques <i>Mesures acoustiques</i>	Niveaux, Fréquences, Temps de réverbération, indices d'intelligibilité, etc.	tableaux, diagrammes, histogrammes, sonagrammes, variables visuelles (taille, niveau de gris, couleur, etc.)
Sémantiques <i>Sens des sons</i>	Découpages typologiques : - de signaux sonores (figures) - de fonds sonores - de critères de qualité Explications détaillées	Variables visuelles (forme, couleur, etc.) sur symbole graphique Variables visuelles (couleur, niv. de gris...) sur zone de référence (trame) Variables visuelles (couleur, niv. de gris...) sur espace de référence (point, rue, bât, etc.) Plages de texte et/ou bandes son
Temporelles <i>Evolution des sons dans le temps</i>	Le temps de la carte (époque de l'analyse, découpages périodiques, archivage des éléments sonores disparus) Le temps sur la carte (moments et durées des signaux, fonds et critères de qualités sonores) Le temps entre les cartes (moments et durées des signaux, fonds et critères de qualités sonores) Caractéristiques sonores temporelles (rythme, potentiel de pause, récurrence, etc.)	Titres et légendes (visualisations successives de cartes périodiques et/ou des états antérieurs) Combinaison de variables visuelles (correspondant aux types de sons et aux découpages temporels, par ex. trame "temporelle" chap. 2) Animations Symboles graphiques et/ou variables visuelles (couleur, forme, texture, etc.)
de Distribution <i>Situation des sons dans l'espace</i>	Localisation à la source Localisation à la réception Localisation sur le chemin de propagation	Points, lignes, zones Points, lignes, zones, maillages, espaces de référence (bâtiment, rue, quartier, etc.) Zones variables et superposables, courbes isophoniques, flou des limites, flèches pour sources extérieures au plan, etc.
de Composition <i>Organisation des sons entre eux</i>	Relations entre figures sonores (répartitions des signaux sonores dans le temps et dans l'espace) Relations entre fonds sonores (répartitions des fonds sonores dans le temps et dans l'espace) Relation figures/fonds (masque, émergence, etc.) Approche "métabolique" (rythme, potentiel de pause, récurrence, moments et durées des signaux, fonds et critères de qualités sonores)	Répartition spatiale de symboles graphiques (animation ou indication textuelle des moments et durées) Juxtaposition et superposition de trames (animation ou indication textuelle des moments et durées) Rapport d'intensité visualisé par superposition de trames sur symboles Animation de trames et de symboles permettant la répartition spatiale et temporelle, la juxtaposition et la superposition, ainsi que la visualisation des rapports d'intensité

Figure 30
Grille d'analyse pour la représentation cartographique des sons

LA REPRESENTATION DES ESPACES

FORME, MATERIALITE ET ESPACES SONORES

<i>caractéristiques</i>	<i>Que représenter ?</i>	<i>Comment ?</i>
<i>Physiques</i> <i>Configurations géographiques</i>	2D, 3D Intérieur et/ou extérieur Echelle (degré de précision)	Plans, coupes, perspectives Bâtiments et/ou espaces vides Fixe ou variable
<i>Sémantiques</i> <i>Significations sonores de l'espace</i>	Formes et matérialités de l'espace pouvant influencer le sonore (formes, coupes types, configurations et natures des sols et des façades, plantations, etc.) Espaces urbains révélateurs de caractéristiques sonores particulières (espaces protégés, qui sonnent bien, qui résonnent, filtres et sas urbains, etc.) Explications détaillées	Symboles graphiques et/ou variables visuelles (couleur, forme, texture, etc.) directement sur la carte ou appliqués aux espaces de référence Symboles graphiques et/ou variables visuelles (couleur, forme, texture, etc.) directement sur la carte ou appliqués aux espaces de référence Plages de texte et/ou bandes son
<i>Temporelles</i> <i>Evolution de l'espace dans le temps</i>	Le temps de la carte (époque de l'analyse, découpages périodiques, archivage des éléments disparus) Le temps sur la carte (moments et durées des variations éventuelles de l'espace dans le temps : tentes éphémères, ouverture et fermeture de fenêtres, etc.) Le temps entre les cartes (moments et durées des variations éventuelles de l'espace dans le temps : tentes éphémères, ouverture et fermeture de fenêtres, etc.)	Titres et légendes (visualisations successives de cartes périodiques et/ou des états antérieurs) Combinaison de variables visuelles (correspondant aux types d'espaces et aux découpages temporels) Animations
<i>de Distribution</i> <i>Situation des espaces sonores par rapport aux espaces géographiques</i>	Localisation de l'espace géographique Localisation d'espaces de référence dont les frontières sonores correspondent approximativement aux configurations géographiques Transformation de l'espace géographique pour l'adapter à l'espace sonore	Fond de plan Espace géographique dont la taille est adaptée au critère sonore pris en considération (tronçon de rue, place, bâtiment, îlot, quartier, etc.) Anamorphose, limites floues, etc.
<i>de Composition</i> <i>Organisation des espaces sonores entre eux</i>	Juxtaposition d'espaces sonores Superposition d'espaces sonores Interpénétration d'espaces sonores (par exemple connexions et coupures sonores)	Points, lignes, zones, maillage Trames superposables Flèches, traits, etc.

Figure 31

Grille d'analyse pour la représentation cartographique des espaces

LA REPRESENTATION DES CARACTERISTIQUES SOCIALES POUVANT INFLUENCER LA DIMENSION SONORE FAITS, ACTIONS ET PERCEPTIONS

<i>caractéristiques</i>	<i>Que représenter ?</i>	<i>Comment ?</i>
Physiques <i>Informations statistiques</i>	Densité de population, âge, sexe, nationalité, situation familiale, revenu, etc.	Variables visuelles (taille, couleur, niveau de gris, etc.)
Sémantiques <i>Actions et perceptions significatives</i>	Typologie d'actions (travail, repos, loisirs, déplacements, etc.) Indication des secteurs d'activités (commerce, théâtre, cinéma, artisan, café, restaurant, discothèque, etc.) Typologie de sensibilités perceptives aux bruits (cf. <i>Le bruit, la plainte et le voisin</i> P. Amphoux et M. Leroux ; <i>Les faiseurs de bruit</i> M. Leroux) Perceptions et représentations habitantes révélatrices (cf. <i>Le milieu sonore d'Angers</i> F. Roulier) Explications détaillées	Variables visuelles (taille, couleur, niveau de gris, etc.) Variables visuelles (couleur, forme, etc.) Variables visuelles (taille, couleur, niveau de gris, etc.) Variables visuelles (taille, couleur, niveau de gris, etc.) Plages de texte et/ou bandes son
Temporelles <i>Evolution temporelle des caractéristiques sociales</i>	Le temps de la carte (époque de l'analyse, découpages périodiques, archivage des éléments sociaux disparus) Le temps sur la carte (moments et durées des actions et/ou perceptions différenciées dans le temps) Le temps entre les cartes (moments et durées des actions et/ou perceptions différenciées dans le temps)	Titres et légendes (visualisations successives de cartes périodiques et/ou des états antérieurs) Combinaison de variables visuelles (correspondant aux types d'actions et/ou de perceptions et aux découpages temporels) Animations
de Distribution <i>Situation spatiale des caractéristiques sociales</i>	Localisation des interviewés (emplacements des informations statistiques et des perceptions) Localisation des espaces dont on parle (emplacements des actions et perceptions)	Points, appartements, îlots, etc. Points, lignes, zones, maillages, espaces de référence (bâtiment, rue, quartier, etc.)
de Composition <i>Organisation des caractéristiques sociales entre elles</i>	Relations entre types d'actions et secteurs d'activités Relations entre types de perceptions et représentations habitantes Relations entre actions et perceptions Relations entre informations statistiques et actions Relations entre informations statistiques et perceptions	Combinaison de variables visuelles ou requêtes automatiques Combinaison de variables visuelles ou requêtes automatiques

Figure 32

Grille d'analyse pour la représentation cartographique de caractéristiques sociales pouvant influencer la dimension sonore

3.2.4. Intérêts de ces grilles d'analyses

Bien que ces tableaux ne puissent pas encore être considérés comme véritablement définitifs - car encore lacunaires et imprécis - ils nous paraissent être une bonne base de travail pour l'exploration future de la représentation infographique des qualités de l'espace sonore humain.

Ils permettent en effet :

- de regrouper et de classer les nombreux problèmes liés à la représentation des qualités de l'espace sonore humain,
- de proposer des pistes de recherches en ce qui concerne les choix des facteurs de qualité envisageables pour aborder chacun de ces problèmes,
- de donner des ébauches de solutions cartographiques ou infographiques pour chacun des facteurs qualitatifs proposés.

Il est alors possible d'approfondir chacun des problèmes spécifiques, en particulier pour la définition des facteurs de qualité à prendre en compte, ainsi que pour la détermination des modes de représentation à envisager.

Par ailleurs, les lectures transversales et horizontales de ces tableaux permettent également de chercher des modes de représentation susceptibles d'aborder de manière homogène les trois propriétés fondamentales de l'espace sonore. Il s'agit alors :

- de chercher des solutions permettant de représenter, sur un même support, la temporalité pour l'ensemble des aspects sonores, spatiaux et humains,
- de chercher des solutions permettant de représenter, sur un même support, la distribution des sons, des espaces sonores et des caractéristiques sociales,
- de chercher des solutions permettant de représenter, sur un même support, la composition ou l'organisation des sons, des espaces sonores et des caractéristiques sociales, entre eux, dans le temps et dans l'espace.

Il est ainsi envisageable, non pas de trouver un système susceptible de tout représenter, mais de sélectionner certaines caractéristiques parmi les plus opérantes (cf. première démarche prospective par enquêtes § 3.1) et d'espérer pouvoir les représenter ensemble, sur un même support, dans le temps, dans l'espace et en tenant compte de leurs interrelations.

Cet objectif est naturellement très ambitieux. Cependant, compte tenu des immenses possibilités actuellement offertes par l'infographie, par les moyens multimédias et par les systèmes d'informations géographiques (SIG), il ne nous paraît pas irréalisable.

En effet, lorsque nous voyons les résultats déjà obtenus avec notre logiciel "*Chaos*" - pourtant parti d'une analyse existante d'un site donné et réalisé par tâtonnements - il nous semble possible, sur la base des tableaux analytiques ci-dessus, d'envisager des systèmes beaucoup plus performants, à même de mieux mettre en relation l'ensemble des données retenues et de fournir ainsi d'innombrables renseignements intéressants, par requêtes multiples, prévues et programmées.

Lors de l'utilisation du logiciel "*Chaos*", certains croisements d'informations, pas toujours prévus au départ, nous ont par exemple permis de mettre en évidence de nouvelles approches telles que le potentiel de création de sons de la nature, la gêne potentielle la nuit, les formes urbaines protectrices, etc. (chap. 3, § 3.3 et 3.4). Il est donc fort probable que des croisements d'informations plus réfléchis et structurés dès le départ soient à même de proposer des analyses plus précises, tout en simplifiant la récolte des informations *in-situ* et la lecture des cartes. A titre d'exemple, nous pouvons citer les notions de diversité et de profondeur sonore qui nous sont apparues comme pouvant être des facteurs de qualités opérants, et pour lesquels nous avons commencé à réfléchir à des modes d'analyse, de représentation et d'automatisation des cartes, par simple recoupement de données.

CONCLUSION

Nous savions dès le départ de notre recherche qu'il serait impossible d'aborder tous les aspects de la qualité sonore et tous les modes de représentations cartographiques et infographiques possibles et imaginables. Nos hypothèses principales s'appuyaient d'ailleurs sur le fait qu'il ne peut pas exister de carte solution et que de multiples explorations méthodologiques finalisées sont nécessaires pour cerner les limites et les potentialités de la carte pour aborder la dimension sonore qualitative.

Après un bref retour sur les cartes sonores déjà existantes (quantitatives et qualitatives), ainsi que sur les notions de base de la cartographie, de l'infographie et des SIG (cf. chapitre 1), nous avons donc proposé deux approches différentes pour aborder les qualités sonores sur une carte.

Notre première démarche (cf. chapitre 2) a permis de montrer qu'il est possible, sur un même support cartographique papier (composé de couches successives), de représenter de nombreuses particularités de l'environnement sonore par le regroupement de diverses caractéristiques

- quantitatives (niveaux de bruit de la circulation),
- normatives (façades pour lesquelles les exigences ne sont pas respectées),
- qualitatives (fonds, signaux et caractéristiques sonores),
- liées à l'espace (réverbération, connexions, etc.) ;

... tout en intégrant certains aspects

- de la temporalité (trame "temporelle" et cartes jour-nuit),
- de la discrétion (points et flèches pour les émissions sonores, trames pour les zones de perception),
- de la métabole (rapport figure/fond par superposition de la trame temporelle sur les signaux sonores).

Notre deuxième démarche (cf. chapitre 3) - par l'utilisation du système d'information géographique MapInfo® et de certains apports multimédias (insertions de pages textuelles, de bandes sons, d'animations) - a permis montrer qu'il est possible de reporter, sur un même support infographique, l'ensemble des informations récoltées lors d'une analyse détaillée de l'espace sonore humain, soit :

- des caractéristiques spatiales (type, forme et matérialité de l'espace),
- des caractéristiques "sociales" issues de données extérieures (densité de population, affectations, plaintes, etc.),
- des caractéristiques sonores
 - connues (fonds, signaux et caractéristiques sonores objectivables),
 - vécues (relations fusionnelles entre la population et l'espace sonore),
 - sensibles (perceptions esthétiques de l'espace sonore),
- des caractéristiques issues d'analyses transversales (types spatio-acoustiques, types de sociabilité, territoires sonores) ;

... tout en intégrant certains aspects

- de la temporalité (animations des signaux sonores et de la densité de la circulation),
- de la discrétion (symboles pour les émissions sonores, espaces de références pour les perceptions et caractéristiques diverses),
- et de la métabole (proposition d'animations simultanées et superposées des sources sonores et des niveaux de bruit de la circulation) ;

... et en permettant toutes sortes de recherches multi-critères :

- par comparaison visuelle de données différenciées sur la carte (affichage simultané de données complémentaires, associées à des objets graphiques différents),
- par croisement de données associées aux mêmes objets graphiques (affichage des objets graphiques comportant telle ou telle combinaison de données),
- par requête multiple utilisant les liens entre les différents objets graphiques (affichage de telle ou telle combinaison de données, associées à différents objets graphiques, et pouvant être visualisées sur les objets de notre choix).

Comme nous venons de le voir, ces cartes permettent d'aborder de nombreux aspects de la qualité sonore et proposent de multiples modes de représentation novateurs. Cependant, au même titre que les premières démarches de A Léobon et F. Roulier (cf. chapitre 1, § 4.2 et 4.3), ce ne sont pas des solutions définitives, mais simplement des exemples susceptibles de faire avancer la recherche sur la représentation cartographique de l'espace sonore humain.

C'est pourquoi il nous est apparu nécessaire d'effectuer un retour analytique sur les différents systèmes cartographiques proposés (cf. chapitre 4).

Cette démarche nous a dans un premier temps permis de cerner les principaux acquis et d'exposer nos réserves concernant les possibilités de représentation des différentes notions que nous avons abordées (cf. chapitre 4, § 1).

Il en ressort par exemple que :

- si les faits connus ou les critères objectivables de l'environnement sonore peuvent relativement facilement trouver des solutions cartographiques (et même intégrer certains aspects des caractéristiques temporelles, discrètes et métaboliques de l'espace sonore),
- les notions qui font appel aux vécus et aux perceptions sensibles des individus sont plus difficilement cartographiables (si l'on ne veut pas perdre la richesse et la diversité des informations).

Le recours aux textes (légendes et/ou explications détaillées) et aux séquences sonores enregistrées s'avère donc souvent indispensable pour aborder précisément :

- la signification des sons
- les caractéristiques médiales, paysagères et identitaires,
- ainsi que les notions d'effet ou d'ambiance sonore.

Par l'analyse des systèmes cartographiques proposés, nous avons ensuite mis leurs principales limites en évidence (cf. chapitre 4, § 2).

On s'aperçoit ainsi que nos hypothèses méthodologiques (choix des terrains d'étude et des outils utilisés) ne nous ont pas permis :

- d'aborder l'analyse des qualités à l'échelle de la ville (systèmes uniquement adaptés à l'échelle d'un quartier)
- de tenir compte des variations en fonction de l'élévation (études limitées aux espaces publics extérieurs, au niveau des oreilles de l'écoutant),
- de réaliser l'ensemble des modes de représentation souhaités (limites des possibilités graphiques des moyens envisagés : trames autocollantes et logiciel MapInfo[®]),
- d'assurer une lecture instantanée et une mémorisation facile pour l'ensemble des cartes proposées (pas plus de trois variables),
- d'aborder les problèmes de la répartition spatiale des éléments représentés autrement que par l'approche émission/réception.

Bien qu'un certain nombre de pistes aient été données pour aborder certains de ces aspects (cf. chapitre 4, § 2), il serait donc intéressant de poursuivre la recherche de manière à approfondir la démarche sémiologique par :

- la prise en compte d'échelles variables,
- l'intégration de la troisième dimension (élévation),
- l'utilisation de logiciels plus performants pour la représentation,
- la limitation du nombre d'informations par carte,
- une meilleure distribution des sons dans l'espace (adéquation espace sonore / espace géographique).

Enfin, notre dernière démarche (cf. chapitre 4, § 3.2) a consisté à regrouper, selon un système organisé, le plus grand nombre possible de problèmes soulevés, de résultats obtenus et de démarches entrevues tout au long de notre étude. En croisant les trois composantes fondamentales de l'espace sonore humain avec ses principales caractéristiques, nous avons alors réalisé plusieurs grilles d'analyse dans le but :

- de nommer, de répertorier et de classer les principaux problèmes rencontrés,
- d'indiquer différentes approches susceptibles d'aborder chacun de ces problèmes,
- de proposer des pistes ou des solutions pour la représentation de chacune de ces approches.

Par divers modes de lecture, ces tableaux permettent donc :

- l'approfondissement de chaque problème spécifique,
- l'analyse verticale des critères et des modes de représentations proposés ;
que peut-on représenter et comment pour aborder :
 - les sons (signaux, fonds et caractéristiques sonores),
 - l'espace (forme, matérialité et espaces sonores),
 - la société (faits, actions et perceptions sonores différenciées) ?
- l'analyse horizontale des critères et des modes de représentations proposés ;
que peut-on représenter et comment pour aborder :
 - les caractéristiques physiques (mesurables et/ou calculables),
 - les aspects sémantiques (relatifs aux sens ou aux significations véhiculées),
 - la temporalité (intégration du temps sur la carte),
 - les caractéristiques de distribution (localisation des éléments représentés),
 - les caractéristiques de composition (organisation des éléments entre eux) ?
- diverses analyses transversales des critères et des modes de représentations proposés ; comment peut-on aborder et représenter ensemble tel et tel aspect sur une carte ou dans un système d'information géographique ?

Au stade actuel de leurs développements, ces tableaux ne doivent cependant pas être considérés comme immuables. Ils ne constituent en effet que les premières tentatives de regroupements organisés et devront encore être complétés, affinés voire en partie corrigés. Toutefois, il nous semble d'ores et déjà qu'ils sont l'ébauche d'un outil d'analyse prospectif très intéressant pour :

- la constitution d'un cadre théorique global de la représentation des qualités de l'espace sonore humain (quels sont l'ensemble des problèmes que l'on peut ou que l'on doit prendre en compte ?),
- l'organisation et le classement systématique des solutions envisageables en fonction des problèmes soulevés (quelles sont les approches et les modes de représentation susceptibles d'aborder tel ou tel problème ?),
- le classement des différentes cartes sonores réalisées à ce jour selon une problématique plus générale (quels aspects sont abordés par quelles cartes et comment ?),
- les explorations futures de nouvelles approches cartographiques de la dimension sonore (de quoi doit-on tenir compte, quels sont les problèmes et les solutions envisageables, etc. ?).

A l'issue de cette recherche, nous pensons donc avoir pu répondre à l'ensemble de nos hypothèses de départ.

Par l'intermédiaire de nos démarches exploratoires, nous avons en effet pu démontrer qu'il est non seulement possible de représenter de nombreux aspects de la qualité sonore sur une carte, mais qu'en plus, il est possible de mettre en évidence, sur un même support cartographique ou infographique, certaines des relations qui s'établissent entre les différents critères retenus (caractéristiques sonores qualitatives, niveaux de bruit, caractéristiques spatiales, informations liées au vécu et aux perceptions sensibles des individus, etc.).

Par la finalisation de nos deux systèmes cartographiques, nous avons également pu proposer différentes méthodes d'élaboration (théoriques et pratiques), puis, par un retour analytique, nous avons ensuite pu en dégager les principaux atouts, ainsi que les limites.

Enfin, nos tableaux théoriques et méthodologiques nous ont permis de fournir les premières bases d'un outil d'analyse prospectif pour la recherche future sur la cartographie des qualités de l'espace sonore humain.

Ce travail terminé, il nous paraît maintenant important, pour la continuation de la recherche sur la cartographie des qualités de l'espace sonore humain, de nous intéresser à une notion que nous avons volontairement exclue de nos démarches jusqu'à présent : il s'agit de la notion d'usage, de fonction ou d'utilité de la carte.

En effet, bien que nous sommes convaincus que ce n'est que par la multiplication d'explorations méthodologiques finalisées que nous pourrions améliorer la cartographie de la dimension sonore qualitative, celle-ci ne pourra jamais véritablement être opérante tant que nous ne saurons pas quelles sont les informations les plus utiles et les modes de représentation les plus appropriés pour les différents utilisateurs potentiels. Par ailleurs, étant donné qu'il ne sera, selon nous, jamais possible de représenter tous les aspects de l'espace sonore humain sur une carte, il s'avère nécessaire de sélectionner les approches les plus appropriées pour répondre aux différentes questions que peuvent se poser chacun des lecteurs de ces cartes.

Pour ce faire, nous pensons qu'il serait utile de mener une série d'enquêtes auprès des différents utilisateurs potentiels de l'ensemble des cartes sonores qualitatives réalisées à ce jour (cf. chapitre 4, § 3.1). Une telle démarche devrait en effet permettre de mettre en évidence les critères de qualités et les modes de représentation qui s'avèrent les plus pertinents pour tels ou tels usages. Il serait alors possible d'envisager des systèmes cartographiques plus adaptés à chaque utilisation spécifique qui, ne retenant que les aspects véritablement profitables au lecteur, permettraient de limiter le nombre d'informations, et par conséquent de simplifier la lecture des cartes et de réduire le temps d'intervention sur le site.

Toutefois, cette réduction d'informations ne doit pas se faire au détriment de l'approfondissement de la question posée. Il s'agit plutôt de limiter le nombre de questions par carte, tout en fournissant des réponses les plus complètes possibles.

Dans ce but, nous pensons que nos tableaux analytiques et méthodologiques pourraient s'avérer très utiles, afin d'éviter de négliger certains des aspects nécessaires à une approche approfondie des questions posées. En outre, par leurs possibilités d'analyses horizontales, verticales et transversales, ils pourraient également servir à l'organisation de la représentation simultanée (sur un même support cartographique) des différents critères et modes de représentation retenus. Nous espérons donc que ceux-ci s'avéreront suffisamment intéressants et opérants pour guider efficacement les études ultérieures, et qu'ils pourront ainsi être utilement repris, complétés, améliorés et modifiés, au fur et à mesure de la progression des recherches.

BIBLIOGRAPHIE

- ADOLPHE Luc (Dir.) : Ambiances architecturales et urbaines, *Les cahiers de la recherche architecturale 42/43*, Editions Parenthèses, Marseille, 1998, 251 p.
- AMPHOUX Pascal, LEROUX Martine et al. : *Le bruit, la plainte et le voisin*, Tome 1, *Le mécanisme de la plainte et son contexte*, CRESSON, Grenoble, 1989, 284 p.
- AMPHOUX Pascal et al. : *Aux écoutes de la ville*, IREC, rapport n° 94, EPFL, Lausanne, 1991, 320 p.
- AMPHOUX Pascal : *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble, et IREC, rapport n°117, EPFL, Lausanne, 1993, 2 vol.: 45 & 38 p.
- AMPHOUX Pascal : *CD Paysage sonore urbain, Introduction aux écoutes de la ville*, CRESSON, Ecole d'Architecture de Grenoble, et IREC, EPFL, Lausanne, 1997, 1h 12min
- AMPHOUX Pascal et al. : *La notion d'ambiance, Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*, IREC, rapport n° 140, EPFL, Lausanne, 1998, 181 p.
- ARLAUD Blaise : *Vers une cartographie qualitative de l'environnement sonore urbain, Le quartier du Garet à Lyon*, DEA, Université de Nantes, UMR 1563, CRESSON, Grenoble, 1996, 111 p.
- AUGOYARD Jean-François et al. : *Sonorité, Sociabilité, Urbanité, Méthode pour l'établissement d'un répertoire des effets sonores en milieu urbain*, Ministère de l'Urbanisme et du Logement - Plan-Construction, Recherche n° 80.471, s.d. (198?), 155 p.
- AUGOYARD Jean-François : Les qualités sonores de la territorialité humaine, *Architecture et comportement*, Vol 7, n°1, 1991, pp.13-24,
- AUGOYARD Jean-François : La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?, *Le Débat* n°65, Ed. Gallimard, Paris, 1991, pp. 51-59
- AUGOYARD Jean-François : L'environnement sensible et les ambiances architecturales, *L'espace géographique* n°4, Paris, 1995, pp. 302-318
- AUGOYARD Jean-François, TORGUE Henry (Dir.) : *Répertoire des effets sonores*, Ed. Parenthèses, Marseille, 1995, 174 p.
- AUJARD C., VINCENT B. et al. : *Environnement sonore urbain, Recherche sur l'information, la sensibilisation et l'implication des acteurs de la ville*, METRAVIB RDS, PROCOM, Convention Agence des Villes 99ESU01, 1999, 96 p.
- BALAY Olivier et al. : *Etude de faisabilité pour la création d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, CRESSON, Grenoble, INRETS, Lyon, 1994, 9 p.

- BALAY Olivier et al. : *Les indicateurs de l'identité sonore d'un quartier, contribution au fonctionnement d'un observatoire de l'environnement sonore à Lyon*, Convention INGUL n° 95 03 046, CRESSON, Grenoble, INRETS, Lyon, 1997, 2 vol. : 109 & 122 p.
- BALAY Olivier et al. : *La représentation de l'environnement sonore urbain à l'aide d'un Système d'Information Géographique*, CRESSON, Grenoble, LISI, Lyon, 1999, 42 p.
- BALAY Olivier et ARLAUD Blaise : *A Geographical Information System of the Qualitative Sound Environment, The GIS "Chaos", Proceedings Inter-Noise 2000*, Nice, August 2000, , 4 p. (Published in abstracts and in CD-Rom by IN)
- BARTHES Roland : *L'aventure sémiologique*, Ed. du Seuil, Paris, 1985, 358 p.
- BERTIN Jacques et al. : *Sémiologie graphique*, Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1967, 431 p.
- BONIN Serge : *Initiation à la graphique*, Ed. Epi, nouvelle édition, Paris, 1983, 170 p.
- BRETON Philippe : *Une histoire de l'informatique*, Ed. du Seuil points sciences, Paris, 1990, 251 p.
- BROSSARD Thierry: *Pratique des paysages en baie du roi et sa région (svalbar)*, Annales littéraires de l'université de Franche-Comté, N° 428, 1991, 397 p.
- BRUNET Roger : *La carte, mode d'emploi*, Ed. Fayard / Reclus, Paris, 1987, 270 p., 269 ill.
- CASATI Roberto et DOKIC Jérôme : *La philosophie du son*, Nîmes, Ed. Jacqueline Chambon, Nîmes, 1994, 210 p.
- CHALAS Yves : *L'imaginaire sonore politique, Analyse des représentations de l'environnement sonore dans la gestion urbaine de lutte contre le bruit*, CRESSON, Grenoble, 1998, 122p.
- CHALAS Yves : *L'invention de la ville*, Ed. Anthropos collection ville, Paris, 2000, 199 p.
- CHION Michel : *Le promeneur écoutant*, Ed. Plume, Paris, 1993, 195 p.
- CIDB : *Généralités*, Cahier Acoustique et Technique n° 15, Actualités, CIDB, Paris, pp.64-65
- COLLECTIF : *Cartes et figures de la terre*, Centre Georges Pompidou, Centre de création industrielle, n° d'éditeur 206, Paris, 1980
- COLLECTIF (ACIRENE) : *Vers une charte qualité de l'environnement sonore en milieu urbain*, Agence des villes, Communauté urbaine de Lyon, 2000, 157 p.
- COLLECTIF : *CD-Rom Atlas mondial Encarta*, Microsoft, 1998
- COLLECTIF : *CD-Rom Atlas mondial*, Hachette multimédia, 1998
- CRENNER E. : *Le cadre de vie, comment le perçoit-on ?*, INSEE première n° 476, 1996
- CROY Peter : *Les signes et leurs messages*, Ed. Musterschmidt, Goettingen, 1971, 220p.
- DELEUZE Gilles : *cinéma 2; l'image-temp*, Ed. de Minuit, Paris, 1994, 379 p.
- DELEUZE Gilles : *cinéma 1; l'image-mouvement*, Ed. de Minuit, Paris, 1996, 298 p.

- DENEGRE Jean et SALGE François : *Les systèmes d'information géographique*, 1996
- ECO Umberto : *La structure absente, introduction à la recherche sémiotique*, Ed. Mercure de France, Paris, 1972, 435 p.
- ECO Umberto : *Sémiotique et philosophie du langage*, Presse universitaire de France, Paris, 1984, 285 p.
- ECO Umberto : *Le signe, Histoire et analyse d'un concept*, Ed. Labor, Coll. Média, Bruxelles, 1988, 220 p.
- GROSJEAN Michèle, THIBAUD Jean-Paul (Dir.) : *L'espace urbain en méthode*, Ed. Parenthèses, Marseille, 2001, 266 p.
- HARLEY, J. Brian : "The map and the development of the History of Cartography", *The History of Cartography I, Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean*, University of Chicago, 1987, pp.1-42
- HENAULT Anne : *Histoire de la sémiotique*, collection Que sais-je?, Presse universitaire de France, Paris, 1992, 127 p.
- JACOB CHRISTIAN : *L'empire des cartes*, Ed. Albin Michel, Paris, Histoire, 1992, 537 p.
- JEAN Georges : *Langage des signes, l'écriture et son double*, Ed. découverte Gallimard n°67, Paris, 1989
- JOLY Fernand: *Dix ans de cartographie géographique*, Travaux de l'institut de géographie de Reims, N° 79-80, 1990, pp. 75-81
- JOLY Fernand: *La cartographie*, collection Que sais-je ?, Presses universitaires de France, Paris, 1994², 127 p.
- JOLY Martine : *Introduction à l'analyse de l'image*, Paris, Ed. Nathan Université, 1993, 128 p.
- LANÇON Michel et al., Présentation de cadastre du bruit du trafic automobile, *Journal Romand de l'Environnement n° 187*, Bulletin de l'ARPEA, Delémont, 1995, fig. 3, p.22
- LEIPP E. : *Acoustique et musique*, Ed. Masson, Paris, 1984, 376 p.
- LEOBON Alain, SAPALY Jean et al. : *Identité sonore et qualité de vie en centre-ville ; Les ambiances sonores du quartier Graslin (Nantes)*, Université de Paris VI, URA 879 du CNRS, Villepreux, 1994, 124 p.
- LEROUX Martine et al. : *Les faiseurs de bruit*, CRESSON, Grenoble, 1989, 98 p.
- LEROUX Martine : *Enquête auprès des municipalités sur la cartographie sonore*, ML consultant, Paris, 1996, 54 p.
- LEVY Pierre : *Qu'est-ce que le virtuel ?* Ed. la Découverte sciences et société, Paris, 1995, 156 p.
- LIBAULT André : *La cartographie*, collection Que sais-je ?, Presses universitaires de France, Paris, 1972, 127 p.

- MERCIER D. et al. : *Le livre des techniques du son*, Ed. Eyrolles, Paris, 1987, 359 p.
- MIEDEMA Henk : *Exposure-response relationships for transportation noise*, J. Acoust. Soc. Am. 104(6), 1998, 3445 p.
- MOLES Abraham Antoine : *Théorie de l'information et perception esthétique*, Ed. Gonthier, Denoël, Paris, 1972, 327 p.
- MOLES Abraham Antoine : *Les sciences de l'imprécis*, Ed. du Seuil, collection points, Paris, 1990, 360 p.
- MONMONIER Mark : *Comment faire mentir les cartes*, Ed. française Flammarion, Paris, 1993, 232 p.
- MOUNIN Georges : *Introduction à la sémiologie*, les éditions de minuit, Paris, 1970, 249 p.
- NATTIEZ Jean-Jacques : *Musicologie générale et sémiologie*, Ed. Christian Bourgois, s.l., 1987, 400 p.
- PEIRCE Charles Sanders : *Ecrits sur le signe*, Ed. du Seuil, Paris, 1978, 261 p.
- PEIRCE Charles Sanders : *Textes fondamentaux de sémiotique*, Ed. Méridiens Klincksieck, Paris, 1987, 124 p.
- PEYRETTI Guy et al. : *Application des systèmes d'information géographiques dans les villes moyennes en Europe, Vol II Guide pratique*, Commission des communautés européennes DGXIII – programme SPRINT, RA 333, INGU.L, Lyon, 1993, 60 p.
- RADAU R. : *L'acoustique ou les phénomènes du son*, Ed. Hachette, Paris, 1980
- RAPIN Jean-Marie et al. : *Observatoire de l'environnement sonore du grand Lyon*, CSTB Service Acoustique, n° 2.93.143, Grenoble, 1994, 109 p.
- RAPIN Jean-Marie, QUESSEVEUR Erwan, et al. : *Systèmes d'Information Géographique et Acoustique Urbaine*, convention INGUL n° 98 02 CD 058, CSTB, Université Joseph Fourier, Grenoble, 1999, 62 p.
- REGNAULT Cécile : *Les représentations visuelles de l'espace sonore*, Thèse de doctorat, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes, UMR 1563, CRESSON, Grenoble, 2001 à paraître
- RIMBERT Sylvie : *Carto-graphies*, Ed. Hermès, Paris, 1990, 175 p.
- ROULIER Frédéric : *Le milieu sonore d'Angers, Essai d'une géographie du bruit*, Thèse de doctorat géographie sociale n°405, Université d'Angers Département de géographie, CARTA - UMR 6590 ESO, Angers, 1998, 434 p.
- SCHAEFFER Pierre : *Traité des objets musicaux*, Ed. du Seuil, nouvelle éd., Paris, 1966, 703 p.
- SCHAFER R. Murray : *Le paysage sonore*, Ed. J.C. Lattès, Fondation de France, 1979, 388 p.
- SERVIGNE sylvie et al. : *A prototype of an Information System for Urban Soundscape, Preceedings of the 21th Urban Data Management Symposium, Venice, Italy, April 1999*, 10 p. (Published in CD-Rom by UDMS)

- STROUMSA Anni, GFELLER Philippe et al. : *Le bruit dans la ville*, CUEH, Service d'urbanisme de la ville de Genève, 1989, 180 p.
- TODOROV Tzvetan : *Théories du symbole*, Ed. du Seuil collection Points, Paris, 1979, 379 p.
- TOMATIS Alfred : *L'oreille et la vie*, Ed. Robert Laffont, Paris, 1990, 359 p.
- TORGUE Henry : *Interactivité entre les images et les sons*, CRESSON, Grenoble, 1993, 36 p.
- VESLIN Guillaume : *Vers une méthode de représentation graphique synthétique des ambiances*, DEA, Université de Nantes, UMR 1563, CRESSON, Grenoble, 1998, 207 p.
- VOGIATZIS Constantinos : *Inventaire des cartes de bruit européennes et application d'une méthodologie basée sur l'écoute réactivée*, ET&T Consulting Engineers Ltd, N. Ppsichiko (Greece), s.d. (199?), 109 p. (Ministère de l'environnement, GEUS II n° 93311)
- WANIEZ Philippe: De la "cartomatique" aux systèmes d'information géographique, *Espace-Population-Société n°3*, Ed. Université des Sciences et Technologies de Lille, 1991, pp. 505-516
- WIDMER Franz et al. : *La cartographie comme moyen de représentation des problèmes de l'environnement*, EPFL, Lausanne, 1982, 50 p.
- YAGUELLO Marina : *Alice au pays du langage, pour comprendre la linguistique*, Ed. du Seuil, Paris, 1981, 208 p.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	5
1. SITUATION DU SUJET ET OBJECTIFS	5
Une perception plurisensorielle.....	5
La dimension sonore, un sujet de préoccupation majeur.....	6
Le rôle des aménageurs urbains	6
La nécessaire prise en compte de la qualité sonore.....	7
La carte comme outil de médiation privilégié	8
La demande de cartes qualitatives.....	9
2. PROBLÉMATIQUE	11
2.1. QU'EST-CE QUE LA QUALITÉ SONORE ?	11
2.1.1. Les outils d'analyse théorique de la qualité sonore.....	11
L'objet sonore et les signifiants	11
Le paysage sonore.....	12
L'effet sonore	13
L'identité sonore et les notions d'environnement, de milieu et de paysage	14
L'ambiance sonore	16
2.1.2. Les méthodes d'analyse de la qualité sonore.....	18
2.1.3. Les qualités intrinsèques de l'espace sonore.....	19
La temporalité.....	19
La discrétion	20
La métabole	21
2.2. QUE PEUT FAIRE LA CARTE ?.....	22
2.2.1. L'espace sonore et l'espace cartographique	22
Les cartes traditionnelles	22
Les cartes informatiques.....	23
2.2.2. La pluridisciplinarité des qualités sonores et la monosémie de la carte.....	23
Monosémie des cartes traditionnelles.....	24
Monosémie des cartes informatiques	24
2.3. PEUT-ON REPRÉSENTER LA QUALITÉ SONORE SUR UNE CARTE ?	25
2.3.1. Quelles qualités sonores représenter ?	25
2.3.2. Comment les représenter sur une carte ?.....	26
2.3.3. L'impossible exhaustivité	26
3. HYPOTHESES - UNE EXPLORATION MÉTHODOLOGIQUE	27
3.1. PAS DE CARTE "SOLUTION"	27
3.2. L'HYPOTHÈSE EXPLORATOIRE.....	28
4. MÉTHODES	30

CHAPITRE 1: ETAT DE LA CARTOGRAPHIE SONORE.....	32
1. INTRODUCTION	33
2. QU'EST-CE QU'UNE CARTE ?	34
2.1. LA FONCTION DE LA CARTE (LA CARTE COMME MÉDIATION)	35
2.2. DES CARTES GÉOGRAPHIQUES AUX CARTES DE "L'INVISIBLE"	36
2.3. PROCESSUS DE COMMUNICATION ET USAGES DE LA CARTE	38
2.3.1. Le support	38
2.3.2. Le référent	39
2.3.3. L'utilisateur	40
2.4. LES RÈGLES DE LA CARTOGRAPHIE	41
2.4.1. La graphique selon Jacques Bertin	41
La graphique, langage visuel	41
La graphique est monosémique	42
La graphique est universelle	42
La graphique dispose de trois variables sensibles	42
2.4.2. Quelques principes fondateurs	43
La "grammaire" graphique	43
La représentation systématique des critères choisis	43
Les six principales variables visuelles	44
Pas plus de trois variables pour une lecture instantanée	45
Les règles garantes de la fonction	45
2.5. APPARITION DES CARTES AUTOMATIQUES	46
2.5.1. Les changements fondamentaux	46
2.5.2. Les principaux apports de la cartographie automatique	47
2.5.3. Les moyens de la cartographie automatique	48
2.5.4. L'engouement pour les systèmes d'information géographique	49
2.5.5. Une nouvelle forme de médiation	51
2.6. QUE RETENIR DE CETTE DÉFINITION ?	54
3. LES CARTES DE BRUIT	55
3.1. LES MODES DE REPRÉSENTATION	56
3.1.1. Les cartes à points	56
3.1.2. Les cartes à lignes	56
3.1.3. Les cartes à zones	57
3.1.4. Les cartes 3D	58
3.1.5. Les cartes animées	59
3.2. LES MÉTHODES D'ÉVALUATION	60
3.2.1. Les mesures	60
Les niveaux mesurés	60
Les emplacements de la mesure	61
Les moments de la mesure	61
3.2.2. Les calculs prévisionnels	62
Les niveaux calculés	62
Les emplacements des estimations	63
Les moments de l'estimation	64
3.2.3. Les méthodes mixtes (mesures et calculs)	64

3.3. LES INFORMATIONS TRANSMISES ET LEURS USAGES	66
3.3.1. Les sources sonores	66
Les sources sonores uniques	67
Les sources sonores multiples	67
L'ensemble des sources sonores	68
La difficile comparaison des cartes de sources sonores différenciées	68
3.3.2. Le traitement des niveaux	69
Le degré de précision	69
La représentation des niveaux	69
Les niveaux différentiels	70
3.3.3. Les indications complémentaires	70
3.4. LES APPORTS ET LES LIMITES DES CARTES DE BRUIT	72
4. LES CARTES SONORES QUALITATIVES	74
4.1. LES CARTES DE DENSITÉ DE POPULATION GÊNÉE	74
4.2. UNE CARTOGRAPHIE D'ESPACES SONORES QUALIFIÉS	76
4.3. UNE CARTOGRAPHIE DES PERCEPTIONS ET REPRÉSENTATIONS HABITANTES	79
4.4. LA NÉCESSAIRE ÉVOLUTION DES CARTES QUALITATIVES	83
5. CONCLUSION DE L'ETAT DE LA RECHERCHE	83

CHAPITRE 2. UNE CARTOGRAPHIE DES QUALITÉS SONORES ENVIRONNEMENTALES SUR SUPPORT PAPIER..... 85

1. INTRODUCTION	86
1.1. ORIENTATION DE LA RECHERCHE	86
1.2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES SPÉCIFIQUES	86
2. LA RECHERCHE D'UN SYSTÈME CARTOGRAPHIQUE.....	88
2.1. UNE SIGNALÉTIQUE DES CRITÈRES RETENUS.....	88
2.1.1. Le rapport forme/espace (échelle, altitude, dessin)	88
2.1.2. La norme (quels aspects, et comment ?)	89
2.1.3. Le bruit de la circulation automobile	90
2.1.4. Les renseignements qualitatifs	93
Echelle	94
Orientation	96
Atemporalité	96
Degré de publicité	97
Mémoire collective	98
Degré de naturalité	99
Réverbération	100
Signature sonore	100
Métabolisme sonore	101
2.1.5. Récapitulation des modes de représentation retenus	102

2.2. DES SIGNES AU SYSTÈME CARTOGRAPHIQUE	104
2.2.1. Représentation à la source	104
2.2.2. Choix des périodes représentées	105
2.2.3. Différents niveaux de lecture	106
Le fond de carte	106
La trame temporelle du bruit de la circulation	107
Les trames colorées des fonds sonores	107
Les signes liés à l'espace	107
Les signes liés au son	108
Les trames colorées et les signes liés au son	108
L'ajout de la trame temporelle du bruit de la circulation sur les qualités sonores du site	108
L'ajout des signes liés à l'espace au-dessus du tout	109
La lecture de l'ensemble	109
3. APPLICATION SUR UN SITE DONNÉ	111
3.1. PRÉSENTATION DU TERRAIN D'ÉTUDE	111
3.2. OBJECTIFS ET MOYENS ENVISAGÉS	113
3.3. MESURES EFFECTUÉES POUR CETTE ÉTUDE	114
3.3.1. Mode de saisie sur le site	114
Sonomètre utilisé	114
Emplacements des points de mesure	115
Moments et durées des mesures	116
3.3.2. Traitement des résultats	117
Les niveaux équivalents	117
Les histogrammes	117
Les niveaux maximums	117
Moyennes des périodes jour et soirée	118
3.3.3. Analyse des résultats	118
Regroupement des mesures par secteurs	118
Analyse des niveaux de bruit équivalents	121
Analyse des histogrammes (réalisation de la trame temporelle)	125
3.3.4. Remarques sur la validité des mesures	127
3.4. REPRÉSENTATION DES RÉSULTATS DES MESURES	129
3.4.1. Les exigences normatives en fonction des niveaux équivalents	129
3.4.2. Des histogrammes aux trames	129
Intervalles de niveaux retenus pour la représentation cartographique	130
Représentation de la durée d'occupation de chaque intervalle	131
Représentation des histogrammes par secteurs sous forme de trame	135
3.5. ANALYSE QUALITATIVE DU SITE	138
3.5.1. Première observation <i>in-situ</i>	140
3.5.2. Enquêtes auprès des habitants	141
4. LA RÉALISATION ET LA LECTURE DES CARTES	143
4.1.1. Le plan des qualités potentielles du site	143
Le fond sonore public	143
Le fond sonore de la nature	143
Les signaux ou événements sonores caractéristiques	144
La lecture de l'ensemble des renseignements qualitatifs	144
4.1.2. Le plan du fond sonore de la circulation automobile	145
4.1.3. Le plan des caractéristiques spatiales	146
4.1.4. La superposition des trois plans	147
5. CONCLUSION DE CETTE PREMIERE APPROCHE	148

CHAPITRE 3 UNE PROPOSITION DE SIG INTÉGRANT DES DONNÉES SONORES QUALITATIVES.....	149
1. INTRODUCTION	150
1.1. ORIENTATION DE LA RECHERCHE	150
1.2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	151
1.3. PRÉSENTATION DU SITE	153
1.4. PRÉSENTATION DES INTERVENANTS	154
1.5. CHOIX DU SIG UTILISÉ	155
2. PRÉSENTATION DES BASES DE DONNÉES DU LOGICIEL "CHAOS"	156
2.1. LE FOND DE CARTE.....	157
Les données récupérées	157
Les données ajoutées	157
La visualisation de ces données.....	159
Les conséquences de ces choix.....	159
2.2. LES DONNÉES EXTÉRIEURES	161
2.2.1. Les données comme attributs.....	162
La carte de densité de logement par îlot.....	162
La carte du trafic automobile.....	162
2.2.2. Les données comme nouveaux objets graphiques localisés	163
Les cartes d'inventaires des lieux d'activités	164
2.2.3. Les données comme annexe (images, textes, sons).....	165
Carte de l'occupation des rez-de-chaussée commerciaux.....	165
Carte du classement sonore des voiries	165
2.2.4. Les données annexes localisées	166
Carte du traitement des plaintes	166
2.3. LA CARTE DU PATRIMOINE SONORE	167
2.4. LES CARTES THÉMATIQUES.....	170
2.4.1. Les données relatives à l'espace construit	170
2.4.2. Les données relatives aux sons	173
La carte des fonds sonores.....	173
La carte des signaux sonores.....	174
2.4.3. Les données issues d'analyses transversales	176
La carte des types spatio-acoustiques	177
La carte des types de sociabilité	177
La carte des territoires sonores.....	178
3. FONCTIONNEMENT DU LOGICIEL "CHAOS" (Principe d'utilisation).....	179
3.1. LES CARTES PRÉÉTABLIES.....	179
3.2. LES CARTES ANIMÉES.....	180
3.3. LES VISUALISATIONS PARTIELLES OU COMBINATOIRES	183
3.4. LES RECHERCHES MULTI-CRITÈRES.....	184
4. CONCLUSION DE CETTE SECONDE APPROCHE.....	185

CHAPITRE 4 : ACQUIS, LIMITES ET PERSPECTIVES	188
1. LES ASPECTS QUALITATIFS TRAITÉS	189
1.1. L'APPROCHE SÉMANTIQUE	189
1.2. L'APPROCHE IDENTITAIRE	191
1.2.1. L'environnement sonore et la carte	191
Le nombre d'informations.....	191
Le degré de complexité des informations.....	192
1.2.2. Le milieu sonore et la carte.....	192
1.2.3. Le paysage sonore et la carte	194
1.2.4. L'identité sonore et la carte	195
1.3. LES EFFETS SONORES.....	196
1.4. LES TROIS PROPRIÉTÉS FONDAMENTALES DE L'ESPACE SONORE.....	197
1.4.1. La temporalité et la carte	197
Le temps de la carte	197
Le temps sur la carte.....	199
Le temps entre les cartes (cartes animées)	199
1.4.2. La discrétion et la carte.....	200
La représentation à l'émission	201
La représentation à la réception.....	201
La représentation simultanée émission/réception	203
1.4.3. La métabole et la carte.....	204
1.5. L'AMBIANCE SONORE.....	205
2. LES LIMITES DES SYSTÈMES CARTOGRAPHIQUES PROPOSÉS.....	206
2.1. L'ESPACE DE REPRÉSENTATION	206
2.1.1. Les échelles d'intervention.....	206
2.1.2. L'approche bi-dimensionnelle.....	207
2.2. LES MODES DE REPRÉSENTATION.....	208
2.2.1. Les signes utilisés.....	208
2.2.2. Le nombre d'informations et la lecture des cartes	209
2.3. LA CARTE ET L'APPROCHE SENSIBLE	210
3. DEMARCHES PROSPECTIVES.....	211
3.1. ANALYSE DE L'EFFICACITÉ DES CARTES RÉALISÉES	211
3.2. UN CADRE THÉORIQUE POUR LA RECHERCHE SUR LA REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE DES QUALITÉS SONORES	213
3.2.1. Le connu, le vécu et le sensible sur le même support.....	213
3.2.2. Hypothèses pour la constitution d'un cadre théorique.....	215
3.2.3. Grilles d'analyses pour la représentation des qualités sonores.....	216
3.2.4. Intérêts de ces grilles d'analyses.....	222
CONCLUSION.....	224
Bibliographie	230
Table des matières	235
Table des figures	241
Annexes et planches.....	Vol. 2

TABLE DES FIGURES (ILLUSTRATIONS, TABLEAUX ET GRAPHIQUES)

Figure 1 :	Un outil de description du Monde sonore, P. Amphoux	15
Figure 2 :	Modalité d'un phénomène d'ambiance in situ, J. F. Augoyard	17
Figure 3 :	Phases dynamiques du son, P. Schaeffer	20
Figure 4 :	Carte de la répartition du gibier en France, C. Dubut et S. Bonin	37
Figure 5 :	Carte des migrations historiques, époque classique/Russie, Atlas hist. Stock	37
Figure 6 :	Tableau des variables visuelles, R. Brunet	44
Figure 7 :	Principe de base d'un SIG, fiche Ministère E.T.L.....	49
Figure 8 :	Les deux modes de représentation numérique d'un SIG (vecteur et raster)	50
Figure 9 :	La représentation des niveaux de bruit par des codes graphiques ordonnés	69
Figure 10 :	Transformation des histogrammes de mesure en trames "temporelles"	91
Figure 11 :	Répartition des trames "temporelles" sur le plan	92
Figure 12 :	Tableau récapitulatif des codes graphiques envisagés et des critères de qualité qu'ils mettent en évidence	103
Figure 13 :	Récapitulation des différents niveaux de lecture envisageables avec le système cartographique proposé	109
Figure 14 :	Situation du terrain d'étude, Lyon, 1er arrondissement, quartier du Gare	112
Figure 15 :	Emplacements des points de mesure	115
Figure 16 :	Regroupement des mesures par secteur	120
Figure 17 :	Calcul des niveaux de bruits équivalents par secteurs	121
Figure 18 :	Approximation des histogrammes par secteurs le jour	133
Figure 19 :	Approximation des histogrammes par secteurs le soir	134
Figure 20 :	Représentation des histogrammes par secteurs sous forme de trame	135
Figure 21 :	Situation du terrain d'étude, Lyon, 1er arrondissement, quartier du Romarin ...	153
Figure 22 :	Organigramme des données graphiques localisées du "fond de carte"	158
Figure 23 :	Visualisation des espaces extérieurs	159
Figure 24 :	Interface de saisie pour sélection de la période considérée	163
Figure 25 :	Interface de saisie pour obtention des informations textuelles et sonores	168
Figure 26 :	Interface de saisie pour l'animation des cartes	181
Figure 27 :	Fenêtre de pilotage pour l'animation des cartes	182
Figure 28 :	Trois approches cartographiques basées sur le connu, le vécu et le sensible	214
Figure 29 :	Grille d'analyse pour une cartographie de l'espace sonore humain	217
Figure 30 :	Grille d'analyse pour la représentation cartographique des sons	219
Figure 31 :	Grille d'analyse pour la représentation cartographique des espaces	220
Figure 32 :	Grille d'analyse pour la représentation cartographique de caractéristiques sociales pouvant influencer la dimension sonore	221