HAL
open science

Testologie architecturale des effets sonores : prédictibilité de la qualité sonore

Jean-Pierre Odion, Jean-François Augoyard, Grégoire Chelkoff, Jean-Luc Bardyn

To cite this version:

Jean-Pierre Odion, Jean-François Augoyard, Grégoire Chelkoff, Jean-Luc Bardyn. Testologie architecturale des effets sonores : prédictibilité de la qualité sonore. [Rapport de recherche] 30, CRESSON, Ministère de l'environnement. 1996, pp.139. hal-01364555

HAL Id: hal-01364555

https://hal.science/hal-01364555v1

Submitted on 18 Sep 2018

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

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

cresson

centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain

Jean-Pierre ODION
(resp. scientifique)

Jean-François AUGOYARD
Grégoire CHELKOFF
Jean-Luc BARDYN

avec la participation de
J.P.D'INTRONO
L.FALCOZ-VIGNE

Testologie architecturale des effets sonores

Prédictibilité de la qualité sonore

février 1996

Testologie architecturale des effets sonores

Prédictibilité de la qualité sonore

Jean-Pierre ODION
(resp. scientifique)

Jean-François AUGOYARD
Grégoire CHELKOFF

avec la participation de
Jean-Luc BARDYN

Ministère de l'Environnement
contrat n° 91 024

Février 1996

Centre de Recherche sur l'Espace sonore et l'Environnement Urbain
CNRS - URA 1268
Equipe de recherche architecturale

INTRODUCTION

Comme toutes les formes d'environnement, le son urbain peut être l'objet de deux opérations : l'analyse et l'action préventive ou curative. En la matière, l'existence et l'usage des outils quantitatifs développés par la métrologie acoustique sont désormais bien connus. Pourtant, nous ne disposons pas de critères de description et d'intervention valables pour l'environnement sonore *en général*. Ainsi, les critères retenus pour l'acoustique des salles ne sont guère adaptés aux sites extérieurs. Ainsi, il n'existe pas aujourd'hui d'outils capables de mesurer les performances sonores des espaces ouverts et des petits espaces clos avec toute la finesse souhaitable. Pour cette raison pragmatique, mais aussi parce que dans tout site habité ou occupé, la dimension humaine des phénomènes acoustiques échappe en partie à l'évaluation quantitative, le recours à des outils qu'on peut appeler "qualitatifs" est nécessaire.

Il nous semble qu'avant toute exploration du sujet, deux questions sont à poser.

Première question : existe-t-il des outils qualitatifs spécifiquement adaptés à l'analyse de l'environnement sonore et quelle est leur valeur opérationnelle ?

Deuxième question : les outils qualitatifs existants ou en cours de développement sont-ils complémentaires des outils quantitatifs ?

1) Les tentatives de description quantitatives et qualitatives.

Les quelques démarches de description raisonnée de l'environnement sonore urbain tentées durant la dernière décennie ont connu, à notre sens, un échec relatif soit parce qu'elles n'ont pas employé des techniques spécifiques, soit parce qu'elles ont juxtaposé approche quantitative et approche qualitative plutôt qu'avoir recherché une véritable complémentarité. Ainsi, on ne peut pas réemployer une typo-morphologie architecturale sans se demander si les critères de chaque type resteront pertinents pour la dimension sonore (Panerai-Tatucesco, 1983). Nous avons montré que les échelles pertinentes d'une typologie architecturale sonore ne sont pas les mêmes que celles décrites selon les règles d'un espace visuel (Augoyard et alii, 1983, Augoyard, 1991).

Autre difficulté, la structure physique et perceptive des phénomènes sonores induit un certain nombre de traits de composition d'espace, de gestion du temps, de relations homme/environnement qui sont spécifiques. Pour n'avoir pas statué sur les conséquences méthodologiques de ces particularités que notre culture très visuelle nous masque, le si minutieux travail descriptif de Denis Muzet (1983) aboutit à une typologie, hélas, décevante.

Un tel reproche est moins justifié pour le modèle théorique d'Alain Leobon (1983, 1992) qui propose une démarche originale d'analyse des phénomènes sonores *in situ* . En revanche, on observera que l'articulation entre quantitatif et qualitatif n'est encore qu'ébauchée; une analyse détaillée laisse voir, en particulier, que la démarche psycho-sociologique n'est pas à la hauteur de l'analyse physique basée sur la méthode de Leipp.

Mentionnons enfin qu'il existe une nouvelle vague des travaux en cours sur la modélisation de l'environnement urbain (recherches, thèses, DEA). Les travaux d'exploitation du modèle diffusif menés par le Pôle Nantais piloté par le CERMA en sont un exemple majeur. La difficulté principale se situe en amont du traitement des données. Elle tient moins aux capacités de codage numérique des phénomènes qu'à la discrimination et au choix pertinent des critères qualitatifs à retenir et dont il faut conserver la valeur.

2) Deux outils pluridisciplinaires majeurs.

C'est dans le champ de l'esthétique musicale et de l'écologie sonore qu'on pourra trouver deux outils qui, en tant que concepts et en tant que méthodes de description de l'environnement sonore répondent assez bien aux deux questions posées plus haut. Ce sont l'objet sonore et le paysage sonore.

L'objet sonore

Dans son célèbre *Traité des objets musicaux,* Pierre Schaeffer bouscule les classifications académiques entre bruit, son et musique pour fonder une nouvelle musicologie. En fait, il s'agit bel et bien d'une phénoménologie générale de l'audible. Le concept clé est moins celui d'objet musical que celui d'*objet sonore* applicable à tout son de l'environnement. La notion est d'un abord complexe et sa richesse tient mal en quelques mots. Disons seulement qu'elle est utilisable en trois sens. D'un point de vue pratique et empirique, elle désigne la rencontre du signal physique et de l'intentionnalité perceptive. D'un point de vue théorique, c'est la recherche de l'essence des phénomènes sonores. Enfin, du point de vue de la finalité, l'objet sonore était destiné à être l'unité élémentaire d'un solfège général et pluridisciplinaire des sons.

Réduisant les ambitions très séduisantes de l'analyse et de la théorie, l'usage concret proposé par l'auteur du *Traité* sera pourtant limité à la production de sons liés à la pratique musicale. L'objet sonore est effectivement devenu la matière élémentaire manipulée par un nombre croissant de créateurs sonores, profession-

nels ou non. Ce succès montre bien à quelle échelle le concept d'objet sonore peut être fructueusement utilisé : la procédure son par son. Or, si vastes que soient les possibilités actuelles offertes par l'analyse en temps réel, dès que la séquence sonore observée est un peu complexe ou étalée dans le temps, ou encore, dès que les conditions de propagation sont prises en compte *in situ* et non simulées, la procédure d'analyse objet après objet, devient extrêmement lourde. En conséquence, outil indispensable dans une démarche didactique ou pour la programmation de créations sonores, l'objet sonore peut difficilement servir de concept fondamental pour la description et l'analyse de l'environnement sonore urbain.

Le paysage sonore

Une autre tentative pour requalifier la connaissance de l'environnement sonore s'épanouit dans les années 70. Son champ d'application privilégié est l'environnement sonore, c'est à dire la dimension sonore des différents écosystèmes, milieux ruraux et urbains ou encore ambiances que connaît l'homme dans son existence quotidienne. Quelque naïves, ou parfois inquiétantes par leur ambition holistique qu'aient pu paraître à l'époque certaines tentatives de sonorisation urbaine, cette démarche postule que l'environnement sonore ne se réduit ni à l'évaluation acoustique *stricto sensu*, ni à la lutte contre le bruit. Il ne manquait qu'un concept clé. Ce fut, au milieu des années 70, celui de *paysage sonore.*

Un très important effort de définition et d'illustration de la notion fut proposé par Robert Murray Schafer, l'inventeur du significatif néologisme : *Soundscape.* A travers ses différents ouvrages, mais aussi ses compositions, Murray Schafer construit la représentation de l'environnement sonore comme on ferait d'une composition musicale. Il donne à entendre la réalité audible comme une oeuvre de la nature. En ce sens, le paysage sonore n'est donc pas un doublet du terme "environnement sonore"; il désigne spécifiquement ce qui dans l'environnement sonore est perceptible comme unité esthétique. Les formes ainsi perçues sont décomposables parce qu'elles ont l'air assujetties à une composition obéissant à des critères assez sélectifs. Or, l'un de ces critères, la sélection des paysages *hi-fi,* opère une discrimination sans doute justifiée d'un point de vue esthétique ou pédagogique ("rendre les oreilles claires") mais peu pertinente en environnement urbain largement *low-fi.* On doit donc se demander si, en l'absence de ces critères qui tirent le paysage sonore du côté des opérations esthétiques d'analyse ou de création, l'usage du terme peut être d'une réelle utilité.

3) Proposition d'un outil intermédiaire et interdisciplinaire: l 'effet sonore

D'un point de vue opératoire, c'est à dire au moment où nous voulons décrire et désigner l'ensemble des formes sonores perceptibles dans l'environnement, que ces formes soient des stimuli bruyants, des sons musicaux ou des sons quelconques, nous manquons de concepts génériques.
Ni le concept de paysage sonore trop large et trop flou, ni celui d'objet sonore, trop élémentaire (au sens des niveaux d'organisation du donné), ne permettent de

travailler commodément à l'échelle des conduites quotidiennes *in situ* , comme à l'échelle des unités pertinentes de l'espace architectural et urbain. Pour prendre l'image de langage, le paysage sonore se situerait au niveau de la structure d'ensemble d'un texte; l'objet sonore correspondrait au premier niveau de composition : mots et syntagmes. Nous manquons d'outils descriptifs pour travailler au niveau intermédiaire, celui des règles opératoires d'une grammaire de la phrase, ou, pour quitter la comparaison, au niveau d'un code des configurations possibles entre les trois termes à considérer dans l'observation : les sources acoustiques, l'espace construit, la perception sonore.

Depuis le début des années 80, le Cresson s'est interrogé sur cette carence d'outils qui répondraient à trois critères :
- la transversalité interdisciplinaire et la capacité à relier quantité et qualité,
- l'adéquation à l'échelle des situations urbaines à observer,
- la capacité à travailler sur d'autres dimensions que la dimension esthétique.

La notion finalement retenue et mise au centre de notre démarche est celle d'effet sonore dont nous pouvons approcher brièvement la définition à travers les trois champs où elle est opérante.

Champ des sciences humaines.

L'effet sonore a d'abord été proposé en 1978 comme concept opératoire pour analyser les pratiques et usages sonores quotidiens. Nos travaux sur ce thème (Augoyard, (1978) et alii (1983, 1985), Balaÿ-Chelkoff (1984, 1988)) ont montré l'existence de quatre processus importants : le marquage sonore de l'espace habité ou fréquenté, l'encodage sonore des relations interpersonnelles, la fréquente production de sens et de valeur symbolique liée aux perceptions et actions sonores quotidiennes, enfin l'interaction entre sons entendus et sons produits. Or, ces quatre processus sont communs non seulement à tous les vécus sonores ordinaires et non spécialisés, mais aussi à ceux qui se déroulent dans le bruit gênant ou la musique. Ils s'incorporent concrètement dans un ensemble d'effets sonores (tels que les effets de coupure, de créneau, de répétition, de rémanence, etc...).

De ce premier point de vue, l'environnement sonore peut donc être considéré comme un instrumentarium utilisé non seulement dans un but hédonique ou au contraire néfaste (les nuisances) mais plus largement pour donner matière et forme aux relations humaines et à la gestion quotidienne de l'espace urbain. A chacune de ces opérations sonores, il y a "effet", c'est à dire par rapport au signal physique, déformation perceptive, sélection d'informations et de significations qui vont dépendre des aptitudes neurophysiologiques de l'auditeur, de sa psychologie personnelle, de sa culture et de son appartenance sociale.

Champ de l'acoustique.

L'acoustique utilise depuis longtemps la notion d'effet. Les plus connus font même partie de la culture générale (Döppler, Haas, masque, sans compter les effets électro-acoustiques liés à la lutherie contemporaine et bien connus de la jeunesse rock). Toute une partie de la physique de ce siècle s'est tournée vers les "effets" en tant que faits dont l'apparence ne renvoie pas directement à une cause productrice principale (la relation de cause à effet). Il s'agit de la manifestation d'un phénomène qui accompagne l'existence de l'objet. "L'effet Döppler", comme "l'effet coktail" ou "l'effet Lombard" renvoient à l'ensemble des conditions entourant l'existence de l'objet et à son mode d'apparaître en telle situation. "L'effet" sonore perceptible est, de ce point de vue, lié immédiatement à une cause circonstancielle, c'est à dire, soit les caractères propres de l'environnement construit, soit les particularités de l'audition et de l'écoute (sélection, anamorphoses, place de l'auditeur etc...). De nouveau, le terme "d'effet" semble particulièrement adéquat pour désigner les éléments physiques d'un environnement sonore saisis par leur dimension événementielle et située.

Champ de l'architecture et de l'urbanisme.

Si brefs qu'ils soient, les développements précédents ont laissé voir l'importance décisive de la morphologie de l'espace construit. De nombreux effets sont liés à des facteurs de champ, de volume, de forme et de matériau. On ne peut analyser *in situ* une réverbération, un filtrage ou une résonance sans faire appel à des facteurs liés directement à la morphologie architecturale. De même l'ubiquité sonore dépend extrêmement de l'organisation urbaine.

En résumé, souvent mesurable, très souvent lié aux caractères physiques du lieu, l'effet sonore n'est réductible ni à une donnée exclusivement objective, ni à une donnée exclusivement subjective. Il désigne l'interaction entre le paysage sonore physique "objectif", le paysage sonore d'une communauté socio-culturelle et le "paysage sonore interne" à chaque individu. L'effet sonore est, selon cette définition, un outil permettant l'analyse de l'environnement sonore urbain à travers toutes ses dimensions. Une synthèse présentée sous la forme d'un *Répertoire des effets sonores* a été éditée tout récemment aux Editions Parenthèses (1995).

4) Pourquoi une testologie architecturale de effets sonores?

Dans le champ de l'architecture et de l'urbanisme, depuis plusieurs années, le laboratoire Cressson/Euterpes a recueilli un important ensemble d' informations sur les effets sonores développé et exploité à l'occasion d'actions de recherche, de thèses et mémoires de DEA. Les différents travaux au cours desquels les effets sonores ont été travaillés ont porté soit sur des thèmes de sciences humaines comme la psycho-sociologie des actes sonores, la communication interpersonnelle, le bruit de voisinage, soit sur une contribution à la pédagogie musicale. Les travaux sur le champ de l'architecture et de l'urbanisme ont de même utilisé largement l'effet sonore (proxémie dans l'habitat, espaces publics, caractérisation et critères de qualité sonore).

Sans abandonner une saisie pluridisciplinaire des phénomènes sonores, la présente recherche accentue dans ses observations et ses analyses la composante spatiale et objective de l'environnement sonore, c'est à dire : organisation, morphologie et fonction des espaces urbains. Parmi les effets sonores que nous avons déjà repéré et en laissant de côté les effets sonores plus subjectifs (effets de sens, effets de mémoire) nous faisons donc un tri selon trois critères :
- la possibilité d'une évaluation métrologique,
- la clarté de repérage dans l'espace construit,
- la possibilité d'un prédictibilité.

Six effets ont été retenus pour cette recherche.
Il s'agit des effets de réverbération, de filtrage, de coupure, d'ubiquité, de masque et de métabole. Ces effets sont particulièrement pertinents dans le cadre de la pratique opérationnelle architecturale ou urbanistique .

Entre les différents types de terrain représentatifs de l'environnement sonore urbain : résidentiel, espaces publics, commercial, industriel, tertiaire... le choix s'est limité, pour réduire le nombre de variables, aux terrains résidentiels et espaces publics séparés ou connexes.

Nous proposons donc, en utilisant les connaissances déjà accumulées, de tester l'utilisation et la validité de la notion d'effets sonores spatiaux comme outil a-priori de description et d'analyse de l'environnement architectural et urbain.

L'objectif principal est de savoir en quoi certains effets sonores déductibles à partir de la morphologie et des fonctions de l'espace construit peuvent aider les démarches de programmation et de conception.

L'outil dont nous voulons tester la validité doit être utile à quatre titres.
1 - Aide à la mesure.
A la micro-échelle, les mesures actuelles sont trop variables et, *in situ*, il est extrêmement difficile d'avoir la répétition du phénomène. L'analyse de la situation à partir des effets sonores spatiaux donne un ensemble d'indications et de descripteurs susceptible de mieux orienter le choix et l'usage des outils métrologiques.

2 - Outil pluridisciplinaire d'analyse des situations sonores complexes.
Les situations qui mêlent étroitement des facteurs hétérogènes, comme les situations de bruit de voisinage, par exemple, ne peuvent pas facilement être analysées par la seule confrontation entre une batterie de mesures, la connaissance des règlements et la connaissance des faits au premier degré. L'analyse par les effets sonores offre un accès qui respecte la complexité des phénomènes *in situ* et qui valorise la dimension interactive de leurs composantes.

3 - Outil de représentation.
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 comme le type de source, l'occurrence, la périodicité etc...). Dans le cadre de cette recherche, nous avons prévu d'expérimenter la possibilité d'expressions graphiques d'effets sonores adaptées à la lecture sur carte.

4 - Outil d'intervention.
La description précise et pluridisciplinaire des effets sonores spatialisés doit permettre une certaine prédictibilité. Nos premières observations montrent que l'effet d'ubiquité est prévisible en fonction du tissu urbain (avec ses caractéristiques acoustiques) et du type d'usage de l'espace (types de sources). L'effet sonore "Beaubourg" est de même prévisible, y compris dans ses cycles, en fonction de la morphologie de l'espace public et du type d'usage social. Cette connaissance prospective aide à définir quelques composantes de l'identité d'un lieu projeté, mais aussi à assister la planification urbaine et la décision.

Les choix méthodologiques utilisés dans notre démarche et leur évolution seront décrits dans chacune des parties du rapport suivant.

Mentionnons simplement que trois modalités d'analyse ont été menées de front. L'approche acoustique et l'approche architecturale ont eu en commun le traitement de phénomènes objectifs ou factuels. Par contre, l'approche sociologique devait tenter, à partir du recueil de réactions singulières de passants, d'affiner la connaissance des critères fonctionnels des lieux étudiés et de valider, si possible, la démarche de description objective des effets.

L'ensemble du travail devait donc se dérouler selon deux modalités : une recherche inductive des critères d'identification des effets et une vérification déductive de leur capacité à être prédictibles.

Le présent rapport a été rédigé en trois parties dont l'ordre respecte d'une part un processus déductif et d'autre part rappelle les fins de la démarche : être utile à la conception de l'espace architectural et urbain.

1 CRITERES METROLOGIQUES

1. PREAMBULE

Une des voies de cette recherche est évidemment la prédictibilité des effets sonores en milieu urbain. Cette prédictibilité peut être étudiée soit sur les espaces existants, soit sur des espaces urbains à concevoir. Pour l'instant, la recherche se limite à des espaces existants pour pouvoir vérifier immédiatement les premières indications recueillies.

Quittant pour un moment la dimension interdisciplinaire de l'effet sonore, il est proposé de rechercher la présence d'effets sonores au moyen d'une seule des six *dominantes de repérage*[1]. C'est sur la dominante " acoustique physique et appliquée " que va être tentée une recherche de critères.

L'objet du présent chapitre est d'ouvrir une nouvelle piste en matière de prédictibilité des effets sonores *dans le seul domaine du quantitatif.*

Il s'agit de proposer des critères physiques que l'on peut aisément corréler avec les effets sonores même si, en conclusion, il sera utile de faire une critique des résultats obtenus au moyen des autres dominantes de repérage pour revenir au caractère pluridisciplinaire de l'effet sonore.

Hormis l'acoustique des salles, les outils déjà développés dans le domaine prédictif l'ont d'abord été dans le cadre de la lutte contre le bruit des transports terrestres et l'application de la réglementation : isolation de façade (arrêté d'octobre 1978 modifié puis nouvelle réglementation acoustique, NRA), respect de niveau sonore pour les nouvelles infrastructures de transports terrestres (lois sur les études d'impact et les enquêtes publiques, décrets du 9 janvier 1995). La prévision se fit d'abord sur maquette puis au moyen de logiciels. Mais ces outils n'utilisent qu'un seul indice, le niveau de bruit équivalent pondéré A entre 8 heures et 20 heures[2].

---

1 - AUGOYARD, J.-F., TORGUE, H. A l'écoute de l'environnement. Répertoire des effets sonores. Marseille, Parenthèses 1995. La dimension interdisciplinaire d'un effet sonore peut se décomposer en six champs de connaissances appelés dominantes de repérage : acoustiques physique et appliquée, architecture et aménagement, physiologie et psychologie de la perception, sociologie et culture du quotidien, esthétique musicale et électroacoustique, expressions scripturaires et médiatiques.

2 - Le niveau de bruit équivalent 8h-20h est l'intégration du niveau de pression acoustique instantanée sur 12 h entre 8 h du matin et 20 h, divisé par cette durée. Il s'agit d'une sorte de moyenne. Du fait de la mesure en décibels, ce niveau est plus proche des pointes que de la moyenne arithmétique. La pondération A est un filtre fréquentiel qui permet d'avoir une mesure qui corresponde à la courbe de sensibilité de l'oreille.

C'est un indice qui peut être utile pour connaître le bruit de fond des lieux étudiés mais simplement sous la forme d'une " moyenne " diurne.

D'autres recherches importantes ont eu lieu pour " mesurer " la gêne. Il s'agissait pour les techniciens de mettre au point un indice de gêne qui soit bien corrélé avec la gêne physiologique. Ces études se sont concrétisées sous la forme d'une méthode de mesurage qui a été normalisée sous le titre " Mesures du bruit dans une zone habitée en vue de l'évaluation de la gêne de la population ". Il s'agit de la norme NF S 31-010 dont une nouvelle version améliorée va bientôt sortir, la première datant de septembre 1974. Cette norme utilise elle-aussi le décibel pondéré A. Bien que s'inspirant de la recommandation ISO/R 1996-1971, elle n'a pas repris l'appendice Y qui traite des analyses de fréquence. Il faut aussi considérer que cette norme est ancienne et qu'alors l'usage du filtrage était lourd sur le terrain. Le normalisateur a d'abord voulu proposer un outil simple. Il a donc choisi des indicateurs simples et a tiré les conclusions des simplifications effectuées en précisant qu'il s'agit d'une " méthode d'appréciation du bruit " et que cette " méthode n'a pas de but scientifique ".

D'autres recherches sont menées en matière d'outils prédictifs.

On peut citer celles d'étudiants au Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) sous la direction de Rosenberg (B)[3] où le "bruit" s'oppose au "confort". Cette étude porte sur des mails commerciaux. Les critères sont ceux de l'acoustique classique : durée de réverbération, niveaux sonores... Toutefois, la comparaison de la courbe de décroissance du son dans ces lieux clos avec la courbe de décroissance en champ libre relève d'une " vérification " du parti architectural : recréer l'ambiance sonore d'une rue commerçante traditionnelle (ouverte).

Les L.R.P.C[4] ont, depuis une vingtaine d'années, mis au point dans quelques villes des cartographies sonores. Il ne s'agit que de la représentation du niveau de bruit équivalent décrit au début de ce paragraphe. Plus récemment, le CETE[5] de Normandie-Centre a mis au point le système expert VISIGO destiné aux aménageurs et concepteurs de projets. Ce logiciel se veut un outil de qualification de l'environnement sonore urbain.

L'étude menée par Léobon[6] veut sortir du quantitatif pour aller vers le qualitatif. L'outil informatique, dénommé SACSSO, se propose de passer à une cartographie des ambiances sonores. L'outil développe plusieurs critères à partir d'indicateurs statistiques calculés sur l'évolution du niveau de bruit équivalent. Il ne s'agit plus d'en faire qu'une moyenne mais de l'enregistrer tout au long d'une période pour pouvoir effectuer des calculs.

Il existe enfin la voie de la modélisation de la propagation du son en milieu urbain

3 - Les renvois bibliographiques sont indiqués sous la forme de la lettre B entre parenthèses. La bibliographie générale se trouve en fin de rapport avant les annexes.

4 - Laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées, dépendent du Labaoratoire Central des Ponts et Chaussées, service extérieur du ministère de l'Equipement, du Logement, des Transports et du Tourisme.

5 - Centre d'Études Techniques de l'Équipement.

6 - A. LEOBON. URA 879 CNRS. Groupe acoustique architecturale et urbaine.

afin de pouvoir donner un jour des critères aux espaces extérieurs. Ces recherches ont d'abord été développées à une macro-échelles par KUTTRUFF (B) et YEOW (B). PICAUT (B) cherche maintenant une équation applicable à l'échelle de la rue pour décrire finement les phénomènes.

Ces outils, on l'a vu, sont loin, sauf peut-être celui de Léobon, d'être directement utiles pour une analyse et une prédictibilité des effets sonores. Aucun ne travaille dans le domaine fréquentiel. La puissance de calcul dont on peut maintenant disposer pour des coûts raisonnables permet d'espérer que la recherche de critères ne se fasse sur le seul dB(A) qui reste pauvre en informations.

2. L'EFFET SONORE : NOUVEL OUTIL DESCRIPTIF DES ESPACES PUBLICS

L'utilisation du seul dB(A) est, on l'a vu, trop simpliste pour décrire la complexité de l'environnement sonore urbain. A contrario, vouloir travailler sur le signal aboutit à travailler sur une masse énorme d'information. Tous ceux qui travaillent sur le son savent bien qu'il faut 8 à 10 minutes pour analyser ou créer une minute de bande son, voire beaucoup plus dans certains cas. L'effet sonore, qui comprend bien les 3 dimensions du signal (temps, fréquence, intensité), jouerait ce rôle de "macro" ou de "couche" entre le signal et les analyseurs puis les projeteurs de l'espace construit.

La première question est de savoir si l'on dispose d'appareillage suffisamment performant pour mesurer ce que l'on écoute. Prenons l'exemple de l'intelligibilité d'une conversation. Il est impossible de suivre un débat à la radio ou à la télévision dès que plusieurs personnes se mettent à parler en même temps. Pourtant, en situation réelle, l'oreille et le cerveau savent le faire et il est possible de suivre une conversation de l'autre côté d'une table, alors qu'il s'en tient une, à côté de vous, d'un niveau sonore supérieur. Le signal issu d'un microphone ne fournit donc pas suffisamment d'information pour l'intelligibilité. Quel appareillage faut-il mettre en oeuvre pour capter l'environnement sonore ?

La seconde question porte sur le signal électrique enregistré représentatif de l'effet sonore. Quel est-il ? Où est-il ? En termes d'acoustique appliquée, la question se traduirait par : quelles sont les sources et où place-t-on les capteurs ? A ce jour, les modèles prédictifs qu'ils appartiennent à l'acoustique des salles ou à l'acoustique urbaine connaissent l'emplacement des sources (de bruit ou musicales) et savent où se trouvent les auditeurs ou les personnes gênées. Dans les espaces publics, l'individu devient tour à tour acteur sonore et auditeur ; les sources sonores sont rarement des lignes continues comme sur une voie de circulation ; leur occurrence semble aléatoire. La multiplicité des usages des espaces publics conduit à un grand nombre de variables qu'il conviendrait de définir.

Dans ce cadre, les nombreuses recherches effectuées en acoustique des salles pourraient-elles être utiles à la définition des critères d'acoustique extérieure ? L'espace public n'est qu'une salle sans toit, pourvue de parois représentées par les façades des bâtiments et de quelques ouvertures béantes très absorbantes - les rues - comme l'est toute scène de théâtre délimitée, du côté de la salle, par le cadre de scène. Les façades où se découpent les fenêtres, voire les balcons, jouent le rôle de diffuseurs ou de réflecteurs des rayons sonores issus des sources situées souvent près du sol. Les critères de l'acoustique des salles ou, au moins, la méthode de mesurage pourraient donc être testés sur les espaces extérieurs. C'est le modèle de YEOW (B).

Pour revenir au signal électrique représentatif de l'effet sonore, sa représentation visuelle nous semble intéressante. En effet, à la différence du monde sonore, le monde du visuel a développé de nombreux outils, tant dans le domaine du traitement du signal que dans celui de l'imagerie, qui pourraient être appliqués à la prédictibilité des effets sonores. Le problème de l'enregistrement reste à définir ; une esquisse du type d'enregistrement utilisable est présentée au chapitre 4.

Le but d'une représentation des effets sonores est de dire s'il est possible, dans le futur, de les retrouver alors que leur perception est évidente, de les reconnaître sur un enregistrement au moyen de systèmes de reconnaissance de formes (sonores), comme il en existe en météorologie pour reconnaître les différents types de nuages. Une seconde étape serait de pouvoir prévoir les effets sonores au stade du projet d'urbanisme.

3. METHODOLOGIE

Si l'on s'en tient, pour repérer les effets sonores, à la dominante *acoustique physique et appliquée*, **une première partie (paragraphe 4) consiste à les analyser et à en avoir une représentation.** A l'aide des appareils disponibles au CRESSON, l'analyse porte sur des effets sonores déjà enregistrés sous forme de cassettes au cours des recherches précédentes. Les premiers enregistrements d'effets étudiés sont ceux des cassettes magnétiques annexées au rapport de recherche d'Augoyard *Sonorité, sociabilité, urbanité (B)*. D'autres enregistrements pourront être effectués dans les espaces publics étudiés si ces exemples ne suffisaient pas.

Pour ce qui est de la représentation des effets, il faut étudier et discuter les différentes représentations existantes et utilisées en traitement du signal. En effet, nous sommes habitués à lire des graphes en deux dimensions : intensité en fonction de la fréquence ou intensité en fonction du temps ; le passage en trois dimensions paraît réalisable. A contrario, la lecture d'autres types de représentations qui ont été proposés en leurs temps comme le sonagramme de LEIPP (B), manquait de précision dans l'intensité. Son autre contrainte est sa durée limitée.

Dans le même temps, il est nécessaire de préciser le nombre de variables du seul domaine physique définissant l'espace (au sens mathématique) des effets sonores.

Il s'agit d'ébaucher les conditions des mesures physiques dans l'environnement sonore urbain. Une partie importante est consacrée à une réflexion sur les conditions environnementales de ces enregistrements pour déterminer le nombre de variables physiques. Puis un classement hiérarchique des variables est effectué.

Dans un second temps, il est nécessaire de s'orienter vers l'appareillage de mesure. L'appareillage devra permettre en travaillant sur des terrains existants d'aider à la décision en matière d'aménagements ou de réaménagements urbains, en détectant les conditions d'obtention des phénomènes sonores. La méthodologie de mesure sera confrontée aux autres dominantes de repérage pour être critiquée et pour donner les limites de ce type de prévision. Pour les projets d'urbanisme, la simulation sonore des espaces publics à partir des sources sonores constituées par le trafic, l'occupation piétonnière et les activités économiques serait un outil très intéressant. Une courte réflexion est proposée au **paragraphe 5 sur les conditions des enregistrements** sonores de parcours dans les espaces publics déjà construits. Ces enregistrements seront nécessaires pour corréler les effets sonores trouvés de manière théorique avec ceux repérables sur le terrain.

Dans la deuxième partie (paragraphe 6), **une série de mesurages des caractéristiques acoustiques de plusieurs terrains** est effectuée à l'aide des instruments disponibles au CRESSON. Les mesures portent sur les premières grandeurs typiques : réverbération, intelligibilité, clarté. Ce travail nous semble préférable à la recherche de critères physiques ex nihilo et/ou de corrélations à partir d'enquêtes sociologiques qui demandent des moyens qui ne sont pas disponibles dans ce cadre. La comparaison entre la liste des variables et les critères obtenus à partir des mesures réalisées devrait permettre de lister les manques ou les redondances et de déterminer les nouveaux objectifs des appareils de mesurages et les nouveaux critères à définir.

Enfin, il faudrait explorer la possibilité d'établir des critères acoustiques sur les effets sonores en milieu urbain comme il en a été établi en acoustique des salles. Une fois ces critères établis, il suffirait de les rechercher dans des espaces existants, par des mesures qu'il reste à déterminer et ceci pour prédire leur existence à tel ou tel emplacement. La limite de cette démarche est liée à l'importance plus ou moins grande dans les effets de la dominante de repérage liée à *l'acoustique physique et appliquée.* Sur la cinquantaine d'effets recensés, seule une vingtaine possèdent une dominante de repérage importante dans ce domaine. Si la proportion parait faible en nombre, ces effets sont cependant les plus connus dans la vie urbaine puisque s'y trouvent le filtrage, la réverbération, la coupure, ... La liste n'est pas exhaustive, ni figée. Elle ne résulte d'aucune étude particulière. Cependant, ces effets les plus repérables physiquement se trouveraient dans les deux premières catégories établies par AUGOYARD dans *Environnement sonore et communication interpersonnelle* (B), à savoir les effets élémentaires et les effets de composition sonore.

Pour beaucoup d'effets, il n'existe pas de définition physique précise.

La troisième partie (paragraphe 7) est consacrée à une élaboration de nouveaux critères métrologiques des espaces extérieurs.

4. REPRÉSENTATION DES EFFETS SONORES

Ce besoin de représentation est motivé par deux objectifs. Savoir si les instruments de mesures actuels sont aussi sensibles ou discriminants que notre oreille. Dans ce cas, cette volonté de retranscrire dans le domaine du visible durable un phénomène sonore fugitif permettra une communication différente sur les effets sonores dans les études, rapports de recherche, etc. ... en plus de la possibilité d'utiliser les outils de reconnaissance de formes.

De la même manière qu'en acoustique des salles, il est possible de faire une première interprétation de la qualité d'une salle à partir d'une courbe en deux dimensions, la réponse impulsionnelle[7], il serait possible de déceler les caractéristiques sonores d'un espace public en représentant les effets sonores qui y ont été enregistrés. Ce type de représentation a toujours l'inconvénient de n'être interprétable que par un petit monde de spécialistes, dont l'expérience compte presque autant que la connaissance. C'est le deuxième objectif de la représentation. Une fois un type de représentation trouvé et un gabarit établi, il sera possible de prédire des effets sonores dès lors que les critères seront réunis.

4.1 *LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DE L'EFFET SONORE.*

En premier lieu, la représentation traditionnelle en trois dimensions (temps, fréquence et intensité) est utilisée. Il faut alors adapter les échelles de temps, de fréquence et d'intensité.

4.1.1 *La durée*

L'effet sonore peut être assez long. A mi-chemin entre le paysage sonore de plusieurs minutes, voire plusieurs dizaines de minutes de Robert M. SCHAFER (B) et l'objet sonore de quelques secondes de Pierre SCHAEFFER (B), la durée de l'effet sonore varie entre une dizaine de secondes et une ou deux minutes au plus. Comme la fréquence d'échantillonnage est élevée (cf. plus bas), représenter un effet de plusieurs dizaines de secondes avec une bonne résolution temporelle (entre 3 et 10 mm/s) occupe un document qui peut faire un mètre de long ou plus. Cela pose donc un problème de reproduction graphique lorsque le format A4 veut être conservé dans la mesure où le découpage en plusieurs parties impose une reconstitution visuelle trop difficile. Ce type de difficulté existe dans l'écriture de la musique notamment moderne. Une récente exposition de l'IRCAM a montré quelques pistes de représentation pas seulement dans le domaine de la durée mais également dans l'espace temps, fréquence, intensité.

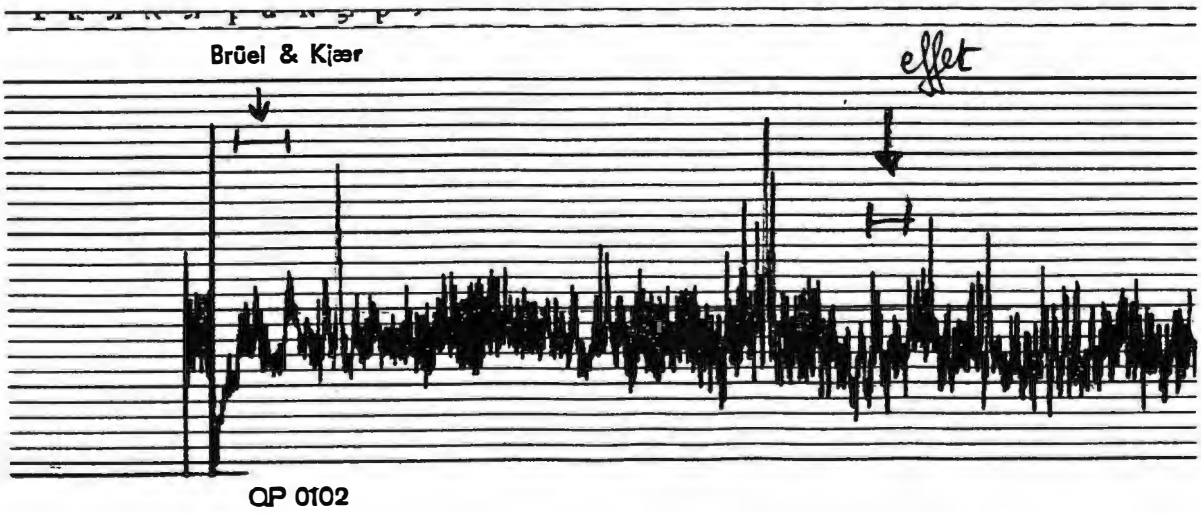
---

7 - La réponse impulsionnelle d'une salle est, pour un emplacement source d'où l'on émet un "clac" très bref, la distribution de l'énergie reçue en fonction du temps à un emplacement de réception. Cela se traduit par une succession de raies d'énergies correspondant d'abord à l'énergie qui provient directement de la source puis les énergies parvenant par une réflexion sur les parois jusqu'à l'emplacement de réception puis par plusieurs réflexions successives et ainsi de suite jusqu'à extinction du son par absorption des parois à chaque réflexion et/ou de l'air.

4.1.2 *La fréquence*

Dès les premiers essais, il est apparu illusoire de vouloir représenter l'effet sonore avec le seul décibel pondéré A[8]. A titre d'exemple, voici ci-dessous deux effets de coupure représentés sur un enregistreur graphique en décibels pondérés A. L'effet est indiqué par une flèche verticale vers le bas. Rien n'est vraiment visible sur l'enregistrement alors qu'à l'oreille, l'effet est évident.

En ordonnée, 5 cm représentent 50 décibels.



Graphique 1.1

L'omniprésence du drône urbain[9] dans les enregistrements lisse le niveau sonore en dB(A) et arrondit toutes les subtilités que l'on recherche. Pour cette même raison, aucune recherche d'un autre type de filtre n'a été faite. Pas plus qu'il n'a été mené d'essais avec un filtre qui serait calqué sur le spectre normalisé du bruit routier. En effet, ce bruit intervient dans les effets d'irruption, de coupure, ... et ce serait un contresens que de l'éliminer.

C'est en affinant le domaine fréquentiel, en passant progressivement d'une analyse en octaves, puis en tiers d'octave, puis en bandes " fines "[10] que le drône urbain s'est révélé comme à la fois non gênant et participant peu aux effets sonores en dehors des cas décrits ci-dessus. Non gênant parce que l'analyse fréquentielle montre dans différents effets que le signifiant de l'effet se trouve pour la plus grande partie dans les fréquences médiums et aiguës. Le signifiant peut être soit le spectre supérieur des bruits de circulation, soit le bruit d'activités humaines naturellement présentes dans ce spectre. Le spectre du bruit routier en agglomération,

8 - La pondération A est un filtre fréquentiel qui permet d'avoir une mesure qui corresponde à la courbe de sensibilité de l'oreille.

9 - Par drône urbain, on entend essentiellement les bruits des transports terrestres auxquels peuvent éventuellement s'ajouter ceux des activités économiques rarement présentes dans le cas d'espaces publics.

10 - Une bande fine est une bande de fréquences de quelques pour cent de la fréquence de base utilisée.

pour une faible vitesse, est surtout constitué par le bruit du moteur et de la structure des véhicules comme cela a été montré par RAPIN (B), donc par un ensemble de fréquences basses (octaves centrées sur 63 et 125 Hz).

Enregistrer et traiter un signal aux basses fréquences pose beaucoup de problèmes techniques tant dans la position des capteurs que dans l'analyse (durée minimum d'enregistrement du signal pour la transformée de FOURIER, cf. infra, paragraphe sensibilité des microphones, position des microphones par rapport à l'onde, ...). Ces problèmes et l'intérêt de travailler à ces fréquences ont été récemment résumés par MATHYS (B). A 125 Hz, la longueur d'onde mesure 2,60 m. Même si l'onde est rarement stationnaire et/ou complète, la mesure peut varier énormément suivant que l'on se trouve dans un noeud ou dans un ventre d'une onde fugitive (partiel). Ensuite intervient la durée de la mesure lorsqu'il s'agit d'un phénomène stable. Plus la durée est longue, plus la mesure sera précise. Quand le signal est analysé sur le plan fréquentiel, le principe de la transformée de FOURIER nécessite du temps pour pouvoir "extraire" les fréquences basses.

MATHYS cherche l'explication des basses fréquences dans la gêne des habitants. Il constate qu'elles pénètrent facilement par les ouvertures des logements et que plus les fluctuations de niveau du drône sont faibles (tant que le niveau est raisonnable), moins les habitants se plaignent du bruit d'autres activités plus signifiantes y compris de celui des voisins. Il y a donc un pouvoir masquant des fréquences basses qui intervient sur l'écoute flottante.

Enfin, l'assurance de l'introduction du contre-bruit actif dans les transports terrestres à un horizon raisonnable diminue encore l'intérêt de la recherche sur ces octaves basses. C'est en effet dans ces fréquences basses mais aussi dans les médiums, que la technologie du contre bruit est la plus efficace et la plus avancée, les "haut-parleurs" ayant une dimension inférieure aux longueurs d'onde qu'ils génèrent, ce qui n'est plus le cas au-delà de 1 000 Hz.

L'observation concernant le peu d'intervention du drône urbain dans les effets sonores peut être tempérée par le style de conduite plus ou moins sportive des usagers de la route d'Europe du sud, surtout à proximité des feux (accélérations rapides et coups de freins) mais, dans ce cas, ces comportements participent eux-mêmes aux effets.

En dehors des "grands boulevards ", CHELKOFF (B) a relevé que le niveau sonore du bruit de circulation à proximité des espaces publics est souvent à un niveau faible ou modéré (45 à 60 dB(A)), ce qui permet la conversation entre personnes proches, mais aussi la compréhension d'une conversation à voix élevée jusqu'à 0,75 mètre même à 65 dB(A) (en se fondant sur la norme NF S 31-047 : évaluation des distances d'intelligibilité de la parole dans une ambiance bruyante). En revanche, un effet sonore peut être perçu à des distances plus importantes dans ce même niveau de bruit et cette norme ne semble pas d'un grand secours pour l'évaluation de la distance de perception d'un effet. Consulter également à ce sujet la troisième partie du rapport qui traite également des distances de perception dans l'espace construit. Seules quelques grandes artères à trois voies et plus où l'on circule à 80 km/h peuvent complètement masquer par leur bruit des espaces publics limitrophes.

Dans les fréquences aiguës, l'appareillage permet facilement par filtrage de représenter l'effet sonore de la même manière que l'oreille l'entend car cette bande de fréquences est peu occupée. Dans les fréquences médiums, là où l'oreille a encore une bonne sensibilité il n'est pas possible sur un enregistrement monophonique de discriminer deux sources de niveaux voisins ou de séparer une source masquée par une source de niveau supérieur dans la même bande de fréquence. **Voilà donc une première limite aux appareils de mesures**. Cette affirmation peut être tempérée par les résultats obtenus en traitement du signal avec les techniques de corrélation de source. Il faudrait faire une corrélation sur tous les types d'effets sonores ce qui nécessiterait pour l'instant une très grande puissance de calcul.

Dans le graphe 1.2, les mêmes effets de coupure ont été représentés en trois dimensions. L'axe fréquentiel en ordonnée est fragmenté en tiers d'octave de 100 à 5 000 Hz. Cela est-il suffisant à présent pour observer les effets ?

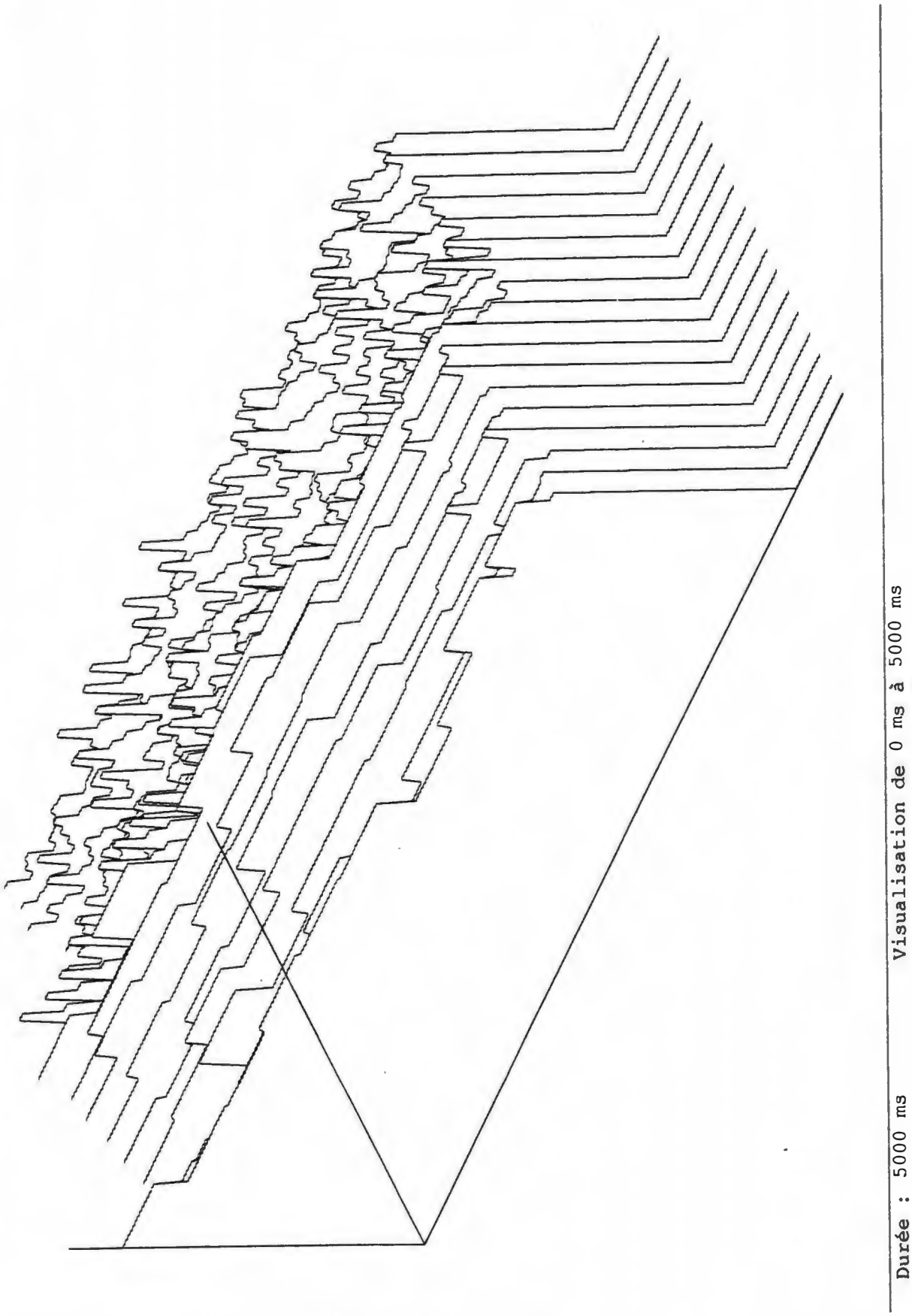
Le domaine fréquentiel se situe principalement au-dessus de 1000 Hz dans ces cas.

Des essais ont été effectués en bandes fines. Il nous semble que le trop grand nombre de courbes pose un gros problème de représentation, même en couleur. Le laboratoire ne disposant pas de matériels permettant ce type de représentation et la couleur reste un obstacle à la publication et à la diffusion des informations.

Remarque : sur le graphique 1.2, les niveaux sonores n'évoluent pas suivant la même unité de temps au-dessus et en dessous de la fréquence 800 Hz. Cela provient bien évidemment du mode de calcul de la transformée de FOURIER sur l'appareil utilisé. L'échantillonnage est effectué à 25 400 Hz mais l'appareil utilisé n'est pas un véritable analyseur de FOURIER. Ce calcul ne peut être effectué instantanément comme le langage le laisse souvent entendre. Confère à ce sujet l'article de MAURIN sur la pression instantanée (B). Ce manque de précision ne semble pas gênant car les niveaux évoluent peu d'un pas de calcul à l'autre. La durée du pas de calcul est de 500 millisecondes.

La différence de pas de calcul de la transformée de FOURIER, de part et d'autre de cette frontière critique des 800 Hz liée au type de matériel et de logiciel utilisés, a nécessité un recalage temporel des courbes basses fréquences par rapport aux courbes supérieures. Toutes les explications concernant la mise au point de ce type de représentation se trouvent en annexe 1.

Graphique 1.2



4.1.3 *L'intensité*

Cette dimension ne présente pas de problème majeur. On sait que l'oreille est capable de discerner des niveaux sonores relatifs de moins d'un décibel. Cela ne pose aucun problème technique et le pas des représentations est d'un dixième de décibel donc plus précis que ce que l'oreille est capable de percevoir.

4.2 *TYPES DE REPRÉSENTATION*

La représentation la plus connue déjà présentée ci-dessus est la transformée de FOURIER. Le mode de représentation proposé a gardé traditionnellement les fréquences graves au premier plan tandis que les fréquences aiguës sont en arrière. Le niveau de ces dernières étant souvent plus faible, la question se pose d'inverser l'échelle. Des essais ont été faits que l'on trouvera sur les graphiques 1.3 et 1.4. Il s'agit du même signal que celui représenté sur le graphique 1.2. Sur le graphique 1.2, la présentation a été réalisée par nos soins. Pour les deux suivants, il a été fait appel au produit Microsoft Excel. Pour le graphique 1.3, le signal est représenté de manière classique. Puis sur le graphique 1.4, l'axe des fréquences est inversé. Ces deux graphiques adoptent un type de représentation sous forme d'aires à trois dimensions.

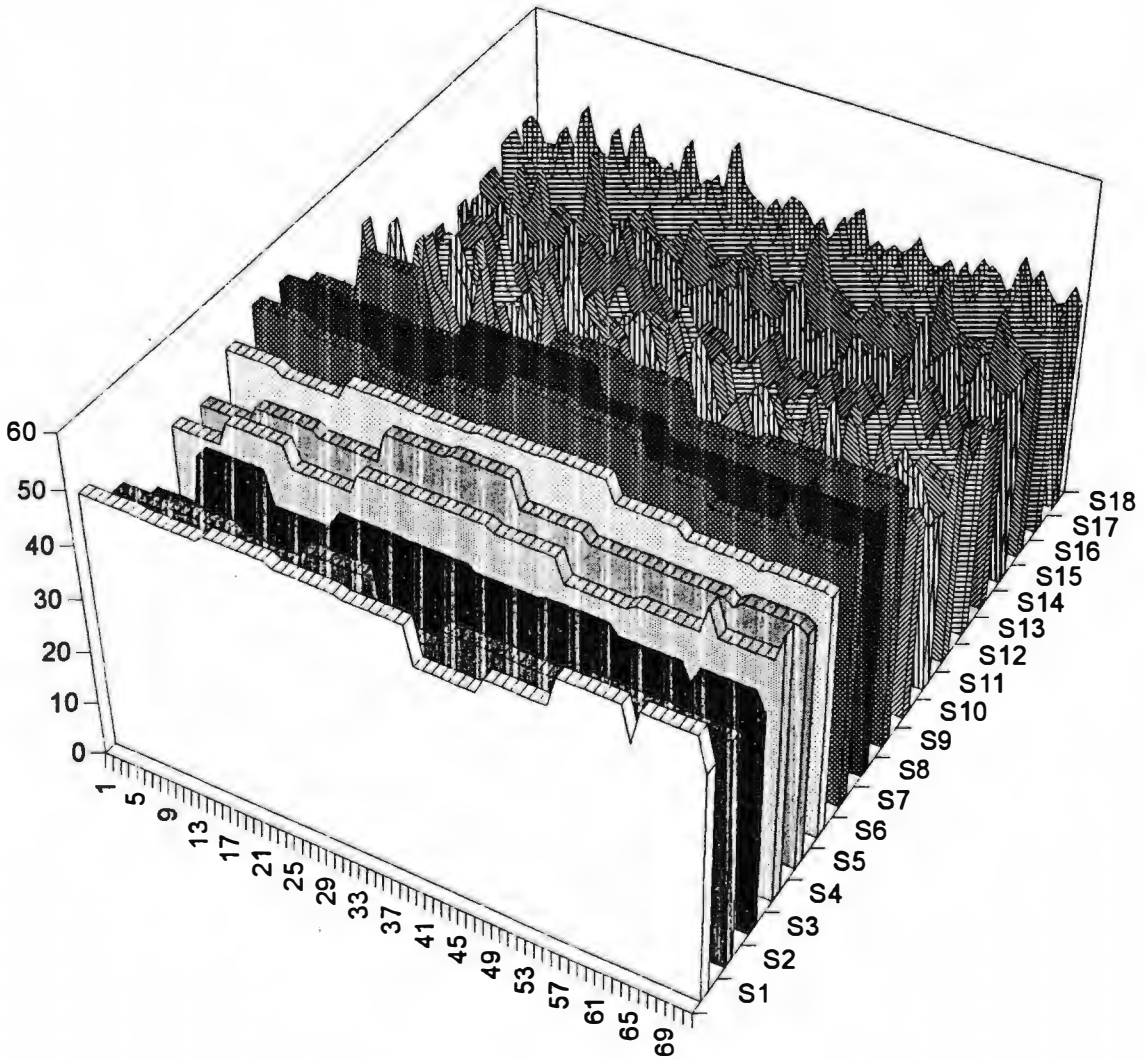
Sur les graphiques suivants 1.5 et 1.6, le même essai a été fait avec des courbes à trois dimensions. En inversant l'échelle des fréquences, la lecture semble plus facile, graphique 1.6.

Mais le meilleur résultat s'obtient en supprimant les neuf premiers tiers d'octave, de 100 à 630 Hz. Sur les graphiques 1.7 et 1.8, le signal restant est présenté sous forme d'aires et de courbes en trois dimensions.

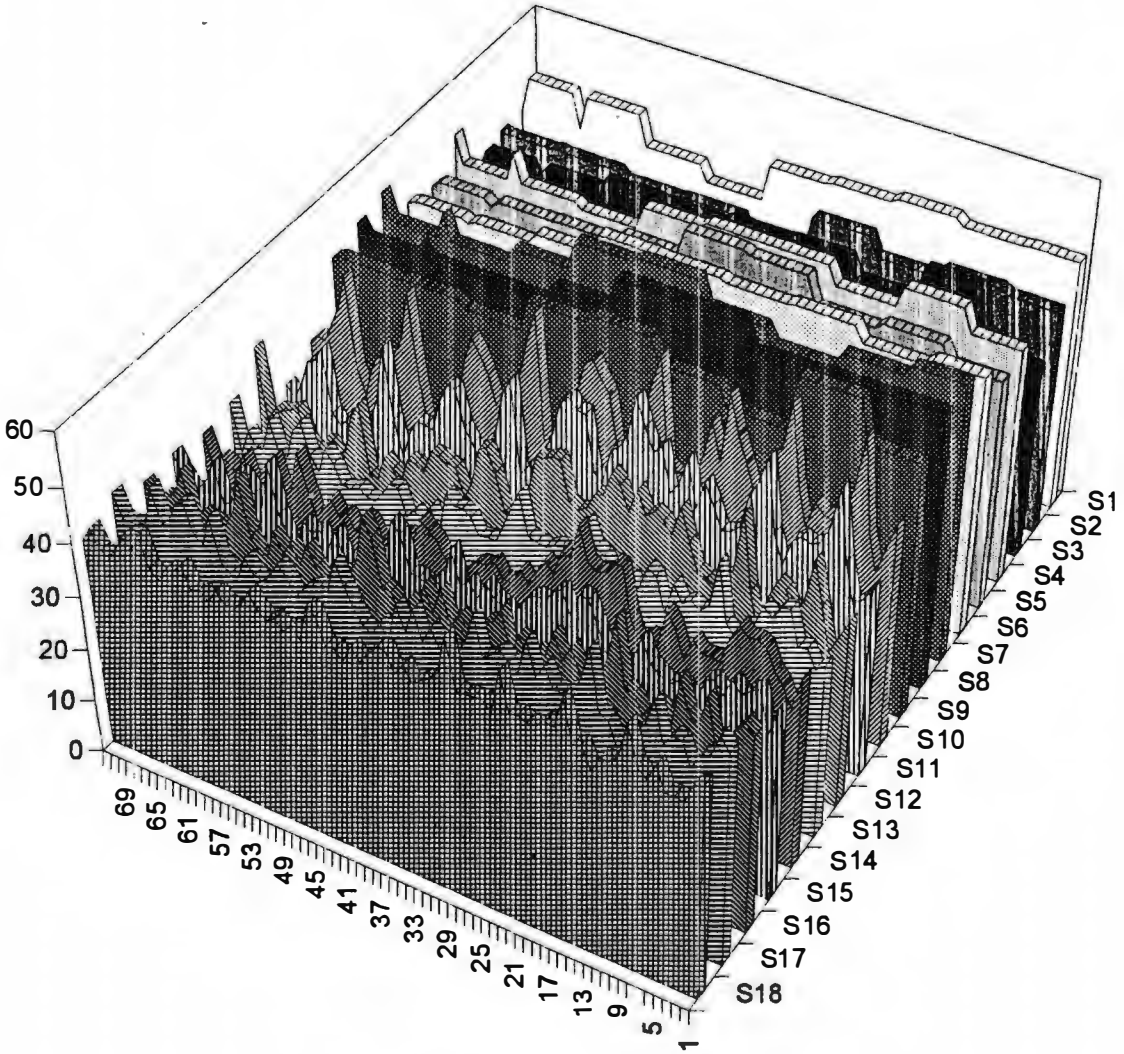
Sur les graphiques 1.9 et 1.10, il s'agit des mêmes courbes mais en inversant l'axe des fréquences.

Bien d'autres types de représentation existent. La transformée de WIGNER-VILLE a été mise au point pour obtenir une meilleure précision sur les signaux à transitoires rapides ce qui pourrait être le cas des effets sonores. Certains appareils de mesure, notamment virtuels, proposent aujourd'hui des représentations au moyen de ce type de transformée.

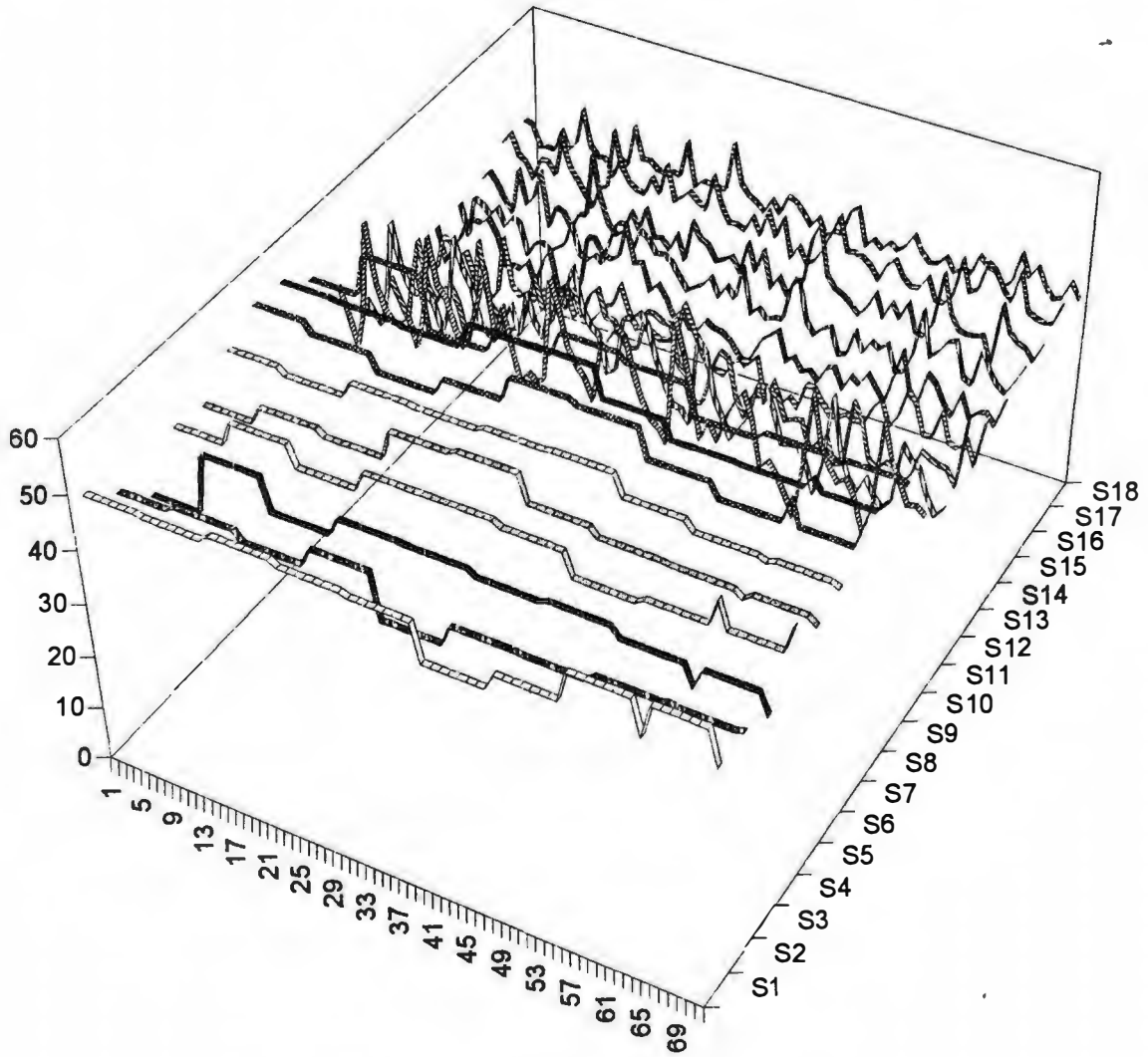
Graphique 1.3



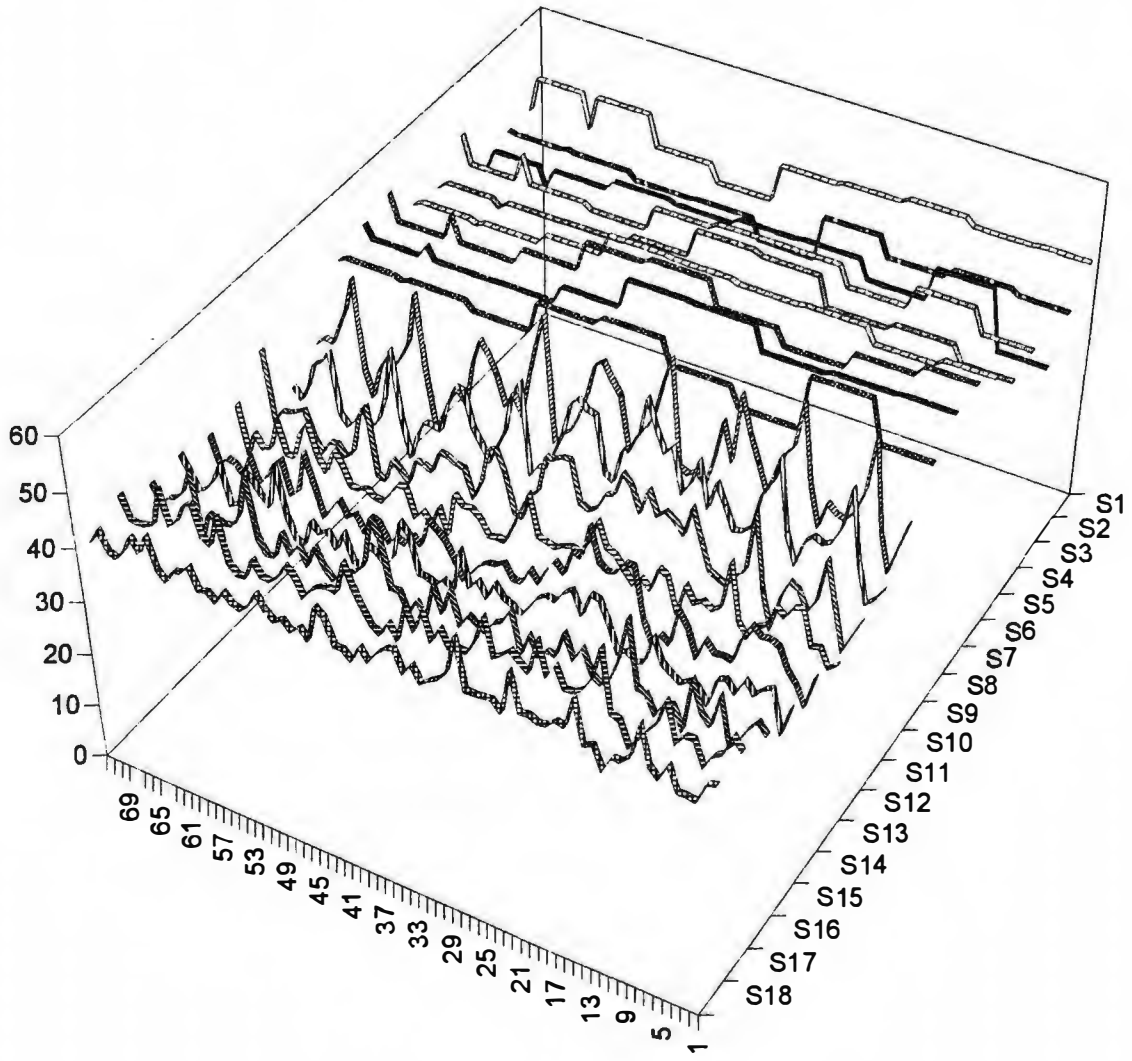
Graphique 1.4



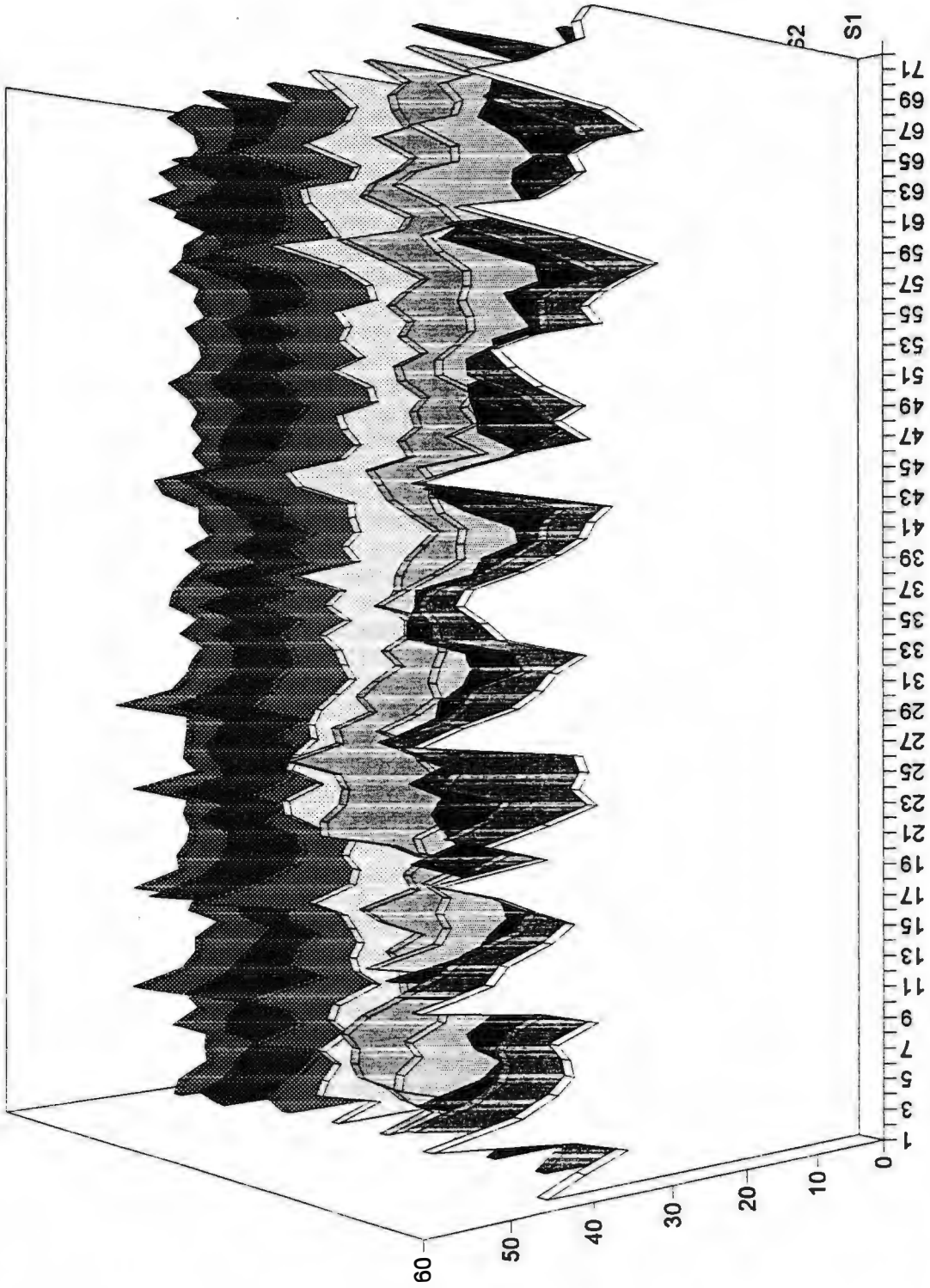
Graphique 1.5



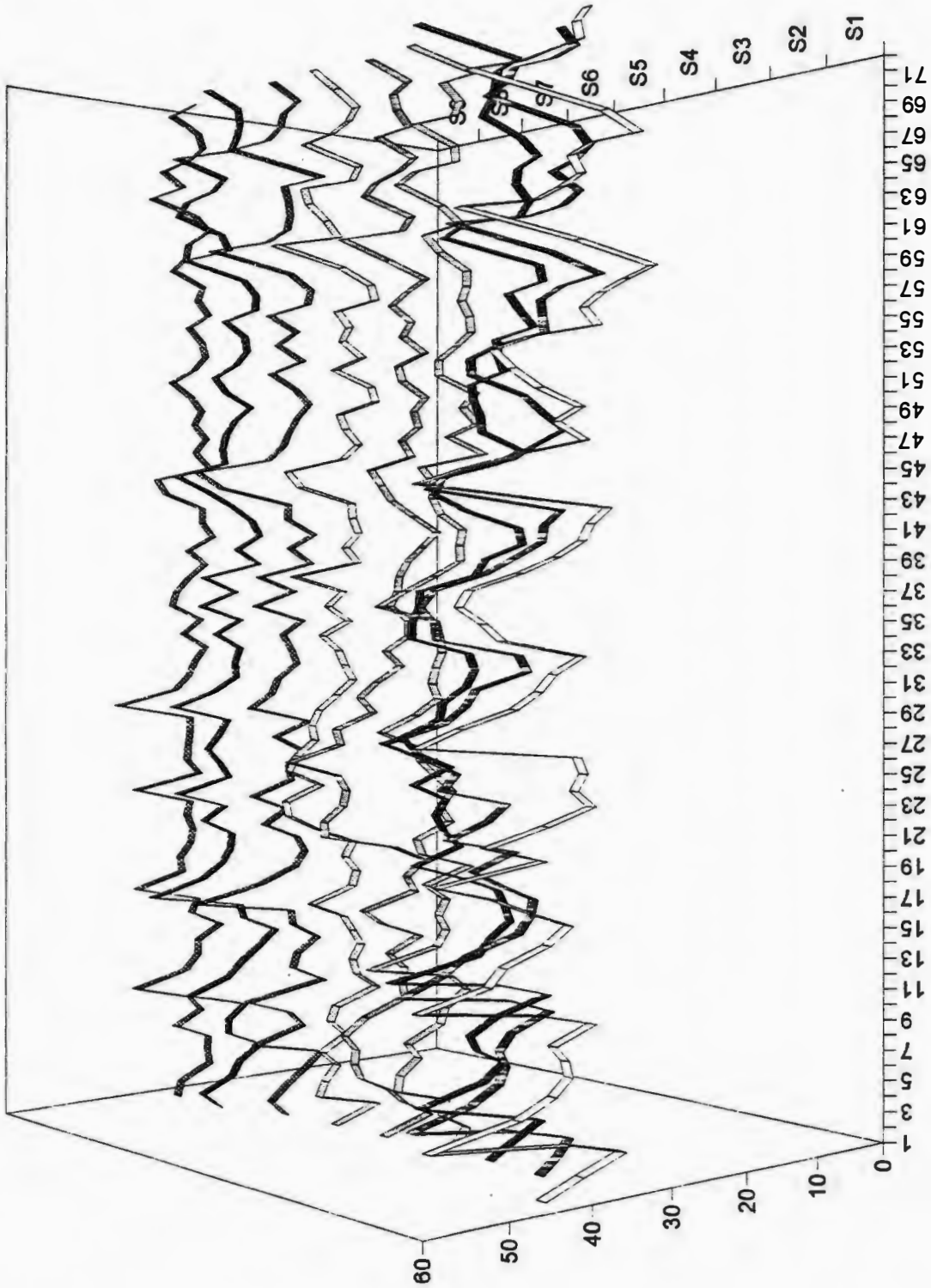
Graphique 1.6



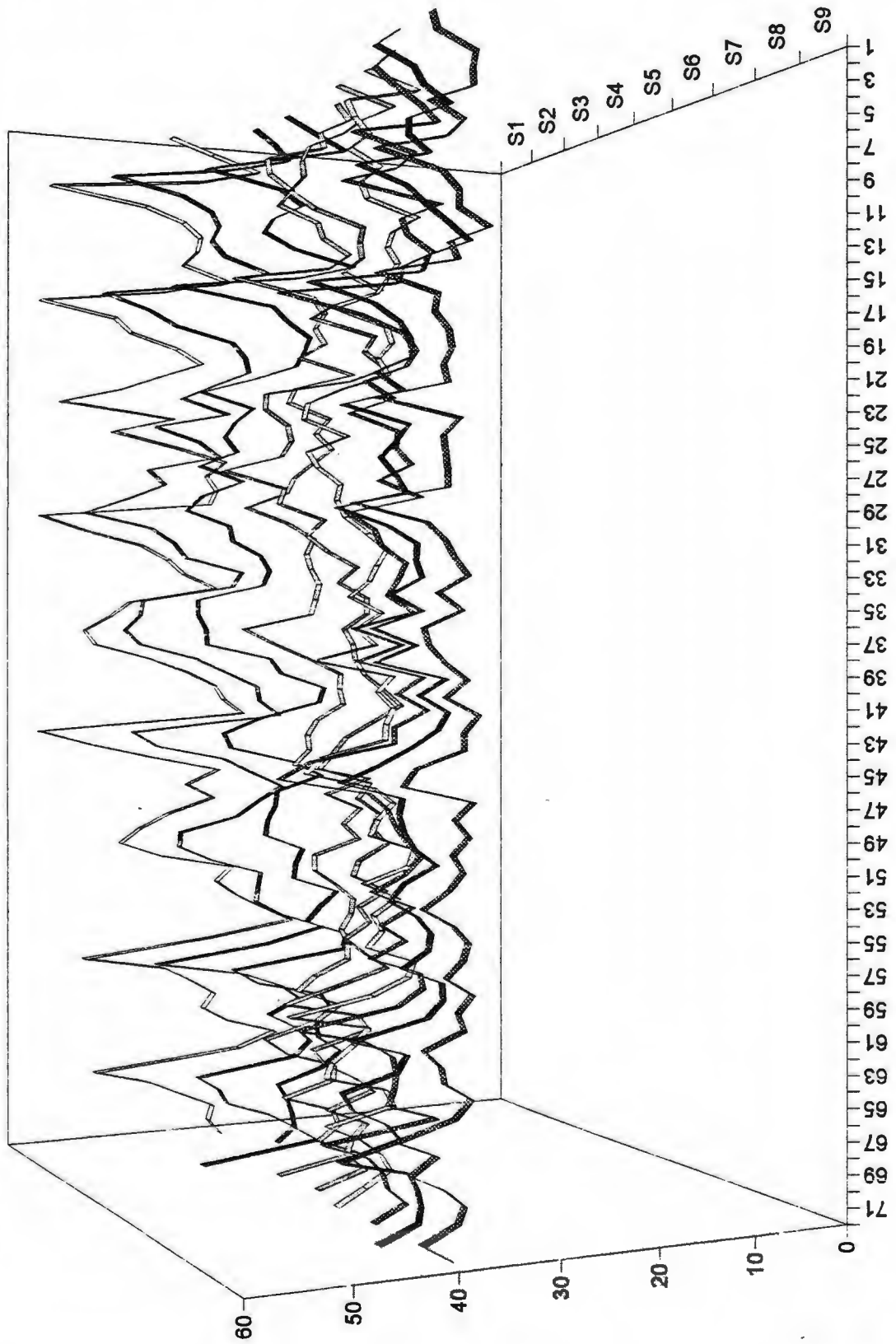
Graphique 1.7



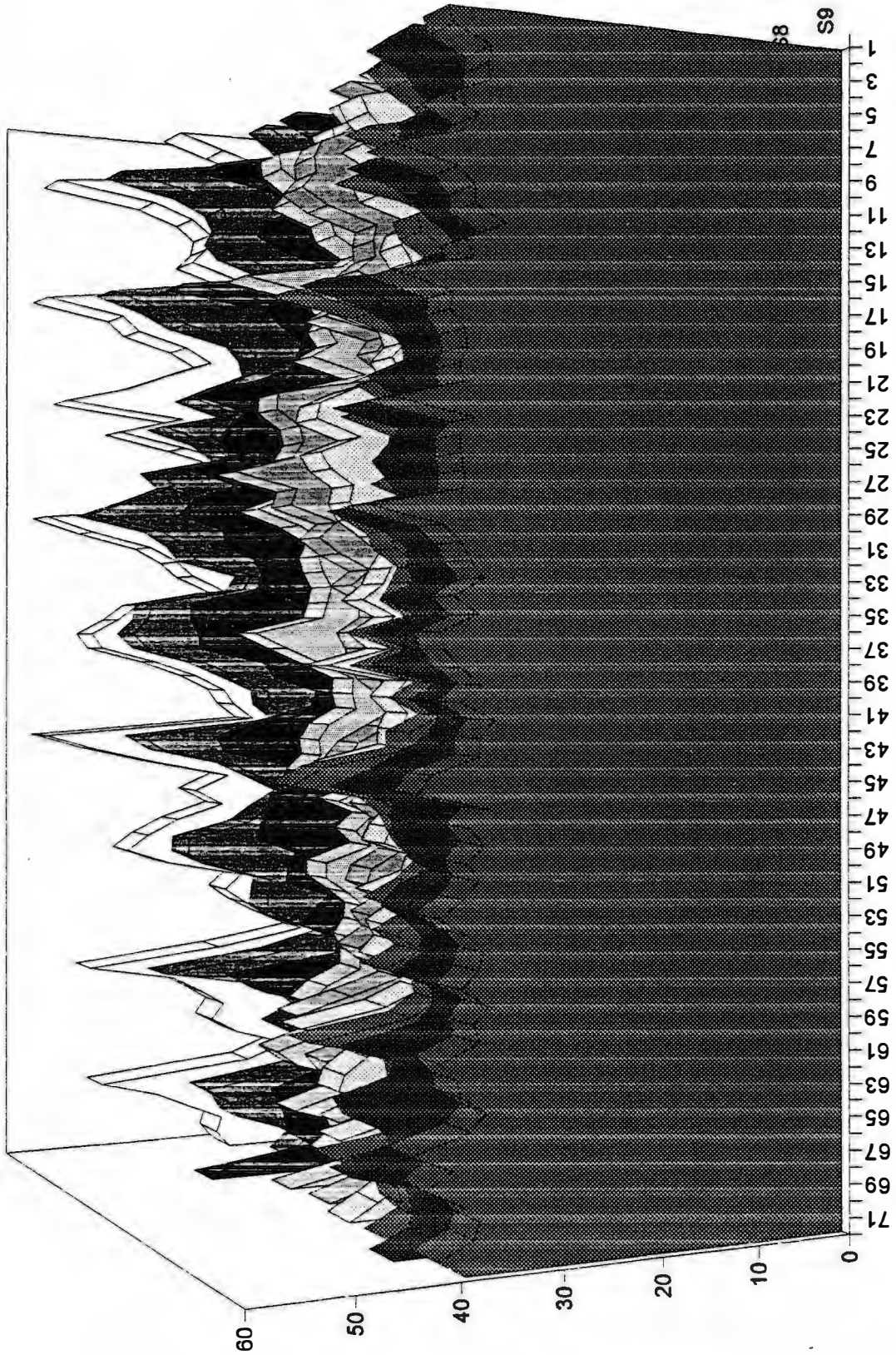
Graphique 1.8



Graphique 1.9



Graphique 1.10



Le signal présenté depuis le début est toujours le même. Il dure à peu près 4,5 secondes. Il s'agit de l'enregistrement du bruit de talons d'un piéton sur une chaussée en pierre, au moment où la personne quitte la rue où l'on se trouve pour prendre une autre rue étroite. A l'oreille, le spectre change. Visualise-t-on cet effet (de coupure fréquentielle ou de timbre) sur nos représentations ? C'est effectivement possible. Sur le dernier graphe 1.10, l'échelle des fréquences est inversée : les fréquences aiguës sont devant. L'échelle du temps est également inversée, elle va de droite à gauche. Les deux premiers impacts de talon sont nets ; ils contiennent toutes les fréquences. A partir du troisième jusqu'au cinquième, il manque de l'énergie dans trois tiers d'octaves, de S 5 à S 7 inclus.

En conclusion, il est possible d'obtenir une représentation qui permette de voir des effets sonores que l'on entend. C'est volontairement que cet effet a été choisi pour sa finesse fréquentielle. Peut-on pour autant inverser le raisonnement et penser qu'il est possible d'appliquer un filtre ou une transformée à un signal pour localiser des effets sonores ? Ceci pourrait faire l'objet d'une autre étude en traitement du signal ou en imagerie.

Il y a des laboratoires spécialisés comme le CREATIS (Centre de Recherches et d'Applications en Traitement de l'Image et du Signal), URA CNRS 1216, qui seraient mieux à même que le CRESSON pour proposer des solutions. Ce centre de recherches est à Lyon (INSA + Université Claude Bernard) et travaille déjà dans le domène de l'acoustique. Il existe aussi le CEPHAG (Centre d'Etudes des Phénomènes Aléatoires et Géophysiques) à Grenoble, qui dépend de l'Institut Polytechnique.

4.3 *LES VARIABLES ENVIRONNEMENTALES DE L'EFFET SONORE*

4.3.1 *La vitesse de déplacement de l'auditeur*

Un espace public n'est pas une salle de spectacle. Ce sont d'abord des trajets entre domicile et lieu de travail, de commerces ou de détente. L'usager est avant tout en mouvement.

Impossible à détecter lors d'une analyse, la vitesse de déplacement est souvent une condition de l'effet sonore.

Certains effets n'existent que par le déplacement de l'auditeur-usager de l'espace public : effet de coupure au coin d'une rue que l'on vient de représenter, effet de masquage en débouchant sur une place agrémentée d'une fontaine, effet de filtrage dû au changement de gabarit d'un espace public, etc. ...

Les cas de vitesse nulle sont limités. Ce sont les habitants et les commerçants autour des espaces publics ; ils connaissent en général assez bien leur environnement sonore et y portent une analyse en termes de qualité qu'elle soit d'ordre personnel ou économique. Ce sont également les usagers qui sont bloqués dans leurs déplacements : feu au rouge, attente de transport en commun, ... Enfin ce sont les promeneurs qui s'arrêtent ou s'assoient dans un espace public ou font du lèche-vitrine.

Pour simplifier, cette variable peut souvent être ramenée à deux valeurs. Soit la personne est en mouvement et la vitesse de déplacement peut être évaluée à une moyenne à déterminer entre petits et grands, jeunes et plus âgés. Soit l'auditeur est arrêté, à ce moment là sa vitesse est nulle.

4.3.2 *L'écoute stéréophonique*

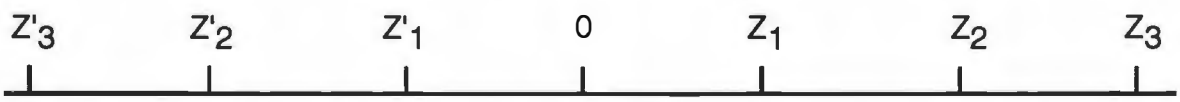
Par la stéréophonie, l'usager a la faculté de concentrer instantanément son écoute flottante sur une direction bien précise, quitte à tourner la tête. Cette action se produit chaque fois qu'un élément singulier vient éveiller la conscience habituellement protégée du flot d'informations pénétrant dans les oreilles par le filtre des ambiances sonores mémorisées. Cette faculté a pour avantage d'améliorer nettement le rapport signal sur bruit global, donc de mieux apprécier le phénomène détecté.

L'écoute stéréophonique n'est cependant pas symétrique autour de la tête et la direction du déplacement de l'usager est un facteur déterminant pour la perception, la zone avant de la tête étant globalement plus sensible que la partie arrière. Du fait de la forme des pavillons des oreilles, la localisation d'une source sonore en azimut est beaucoup plus précise sur l'hémisphère avant qu'arrière.

4.3.3 *Cheminement*

Sur les espaces publics, seuls quelques cheminements privilégiés sont empruntés par la majorité des usagers. Ils correspondent à des liaisons entre rues, commerces, transports en commun, ... Plutôt que d'étudier la totalité de la surface des espaces publics, la recherche peut donc porter en premier lieu sur des lignes de trajet et dans les deux directions car les résultats ne sont certainement pas symétriques.

L'espace public, à deux dimensions, pourrait donc se ramener à un espace mathématique à une dimension constitué par un segment symétrique orienté constitué par la somme de tous les trajets mis bout à bout. Un espace public comportant trois trajets reliant les trois sommets d'un triangle ABC pourrait être représenté par le vecteur ci-dessous



auquel seraient associés les tableaux suivants :

points de l'espace public	A	B	C
coordonnées dans l'espace	x_1, y_1	x_2, y_2	x_3, y_3

et :

trajet	A - B	B - A	A - C	B - C	...
vecteur associé	OZ_1	Z_1O	OZ_2	$Z_1 Z_2$	

4.3.4 *Plan ou sphère d'écoute*

L'environnement sonore est souvent réduit à un plan. Les sources sonores se trouvent essentiellement au voisinage du sol. Cette variable doit cependant être conservée en mémoire dans le cas d'espaces publics en déclinaison ou dans le cas d'étude de l'environnement sonore des habitants en étage. Pour ceux-ci les réflexions sur le sol jouent un rôle plus important qu'au sol où les angles sont rasants.

4.3.5 *L'heure*

Les conditions d'émergences des effets sonores ne sont pas les mêmes tout au long d'une journée. Il y a modification des sources sonores. Il y a également modification de l'absorption des lieux par plus ou moins grande occupation par les usagers, présence ou non d'obstacles constitués par les véhicules livrant le matin uniquement dans les zones piétonnes par exemple ou de véhicules de services (nettoyage, ...).

Les sources sonores sont constituées par les usagers eux-mêmes (brouhaha des conversations, ...), la circulation automobile, les activités commerciales et éventuellement ludiques.

Ces trois groupes de sources évoluent en fonction du temps mais il est possible de définir trois temps, trois rythmes pour la ville : les heures de pointe du matin et du soir, au cours desquelles la circulation est intense ; la journée entre 9 heures et 17 heures au cours de laquelle les activités commerciales et les conversations des usagers se mélangent avec des émergences locales ; enfin, la période entre 19 heures et 7 heures au cours de laquelle les usagers prennent souvent la maîtrise sonore des espaces publics en dehors de quelques grandes avenues qui continuent à supporter un flot important de circulation.

L'étude des effets sonores doit donc pouvoir se limiter dans les espaces publics à trois périodes de temps. Dans les très grandes agglomérations, la période dite de la journée a tendance à être rognée aux deux bouts par les heures de circulation intensive ou si l'on préfère, la circulation devenant de moins en moins intensive à cause des embouteillages, les pointes sont abaissées au niveau du bruit de journée d'où l'idée d'un indice 8 h - 20 h.

4.3.6 *L'absorption des lieux*

L'absorption du son par les composants des espaces publics (essentiellement les revêtements de sol) varie. Les variations les plus connues sont les modifications apportées par les précipitations. C'est au dire des usagers la pluie qui modifie d'abord la couleur des lieux, les rendent plus brillants. Ce mince film d'eau intervient dans le haut du spectre sonore car il lisse les aspérités du sol qui sont généralement de très petites dimensions. L'autre modification plus exceptionnelle est due aux chutes de neige. L'effet créé est alors exactement l'inverse de celui de la pluie, rendant les ambiances feutrées et cotonneuses.

Du côté des appareils de mesures, il est toujours délicat de sortir un microphone de précision lorsqu'il a plu ou qu'il risque de pleuvoir, compte-tenu de la fragilité et du prix de ces éléments. Faire des mesures en extérieur pose déjà beaucoup de problèmes matériels notamment de temps d'installation. En faire après la pluie en poserait d'autres : indice de protection des matériels, nettoyage, séchage, etc. ... Il existe bien des microphones d'extérieur ou que l'on peut équiper de bonnettes anti-pluie. La modification de la courbe de réponse des microphones peut être intégrée dans les calculs.

4.3.7 *Hygrométrie*

Les espaces étudiés sont toujours de grande dimension. L'absorption du son par l'air ne peut donc pas être négligé. Les courbes d'absorption du son en propagation dans l'air en fonction de son humidité relative sont bien connues. Leur forme est complexe puisque l'absorption croit avec l'humidité pour passer par un maximum puis diminue. La valeur de l'humidité relative pour laquelle l'absorption est maximale croît avec la fréquence et décroît avec la température : à 20°C, le maximum est pour 0 % HR à 500 Hz mais pour 20 % à 10 000 Hz ; à 4 000 Hz, le maximum d'absorption est pour 20 % HR à 5°C mais pour 70 % HR à - 10°C. Mais cette dernière condition climatique est-elle courante ? Par temps froid, l'air est souvent sec.

L'importance de cette variable est difficile à évaluer. Sous nos latitudes, les humidités relatives varient en général entre 60 et 90 %. Il y a donc peu de variation de l'absorption. Dans ce cas classique, l'effet de la distance consiste en l'absorption des fréquences aiguës. La possibilité de percevoir les phénomènes sonores disparaît avec la distance. C'est ce que l'on peut vérifier lorsque l'on monte sur une colline au-dessus de Grenoble. La rumeur de la ville monte, composée de fréquences graves, le drône urbain. Il est très difficile de localiser des bruits particuliers.

Les enquêtes notent une brillance des sons dans les espaces après la pluie. C'est à ce moment là que l'humidité est plus importante. L'absorption de l'air dans les fréquences aiguës est aussi à son minimum. La conclusion provisoire est donc que l'effet miroir du film d'eau sur les revêtements de sol s'ajoute à l'absorption minimum de l'air, du moins pour les sources sonores placées à faible distance de l'auditeur.

4.3.8 *Température - gradient de température*

C'est une variable très importante. Lorsque la température augmente avec la hauteur au-dessus du sol puis décroît après être passée par un maximum, le gradient de température est dit en simple inversion. C'est le cas d'une masse d'air chaud qui vient recouvrir un sol froid. Dans ce cas, les rayons sonores issus d'une source au sol qui partent vers le ciel sont rabattus vers le sol puis se réfléchissent et ainsi de suite. En cas de gradient positif, c'est à dire lorsque la température décroît avec l'altitude, le son est, au contraire, renvoyé vers le ciel alors qu'il se propagerait horizontalement (voir RAPIN).

Dès la conception dans les années soixante des énormes sonorisations pour les concerts de musique rock en plein air, les ingénieurs du son se sont trouvés confrontés à ces problèmes. A l'époque, les " châteaux " de haut-parleurs étaient posés au sol.

Ces phénomènes sont également observés dans le cas de plaintes à l'égard de bruits industriels à grande distance. Les riverains observent que le bruit varie avec l'heure de la journée à certaines saisons alors que le bruit à la source est constant. Il arrive que des riverains plus proches ne se plaignent pas alors que ceux qui sont plus loin qu'eux se plaignent. Simple différence de sensibilité ou variations dues au gradient de température ?

La réglementation sur le bruit des transports terrestres et la nouvelle réglementation sur les installations classées (arrêté du 1er mars 1993) considèrent qu'il n'y a plus de gêne au-delà de 200 m de la source. Cette nouvelle mesure ne va pas permettre de développer des recherches dans ces domaines.

4.3.9 *Le vent*

Les vents légers, c'est à dire ceux qui par leurs mouvements aérauliques ne génèrent pas du bruit au contact des objets qu'ils rencontrent, favorisent la propagation des ondes sonores. Si l'on entend la cloche du village voisin, c'est qu'il va pleuvoir...

4.3.10 *La pluie - Le vent fort*

Ces deux facteurs d'environnements ne sont plus des caractéristiques environnementales de l'effet sonore. Ce sont des effets sonores eux-mêmes.

Le bruit presque "blanc"[11] de la pluie masque une bonne partie de notre spectre le plus sensible. Il n'y a donc plus beaucoup d'effets à entendre quand il pleut à verse.

Le vent, lorsqu'il souffle fort, crée ses propres effets sonores : dans les cheminées, au travers des trous, de fentes, ... Effets de bourdon, de hululement, etc.

11 - Un bruit blanc est un bruit qui contient la même énergie dans des bandes fréquencielles de même largeur.

4.4 *CONCLUSION*

Les représentations de l'effet sonore devraient en plus des trois composants de base (temps, fréquence, intensité) tenir compte de trois autres variables très importantes : la vitesse de déplacement, la stéréophonie ou, ce qui revient au même, la directivité, et l'heure de la journée. Pour certains effets, dans certains lieux, trois autres variables : l'absorption des sols, l'hygrométrie et la température peuvent être à l'origine d'effets.

En conclusion, l'effet serait au minimum, un objet à cinq dimensions si l'on code directement l'heure dans la base de temps utilisée. Il s'agirait :

- du temps (horodatage),
- de la fréquence,
- de l'intensité,
- de l'azimut,
- de la vitesse de déplacement de l'usager-auditeur.

Cela pose donc quelques problèmes de représentation que nous ne chercherons pas à résoudre ici...

Ces cinq variables sont les plus importantes pour les conditions environnementales courantes : sources sonores au sol et sol dur. Dans le cas d'espaces publics équipés de nombreuses parties plantées, l'absorption du sol peut présenter des variations qu'il conviendrait d'intégrer. Quant à l'hygrométrie, son importance n'est que ponctuelle.

5. ENREGISTREMENT SONORE DES CHEMINEMENTS DANS LES ESPACES PUBLICS

Pour pouvoir enregistrer les ambiances sonores dans les espaces publics, l'ensemble classique de prise de son semble approprié. Il se compose d'une perchette au bout de laquelle sont installés deux microphones de très bonne qualité. Le positionnement des deux microphones l'un par rapport à l'autre a fait l'objet de nombreuses recherches, tant en prise de son en salle qu'en prise de son cinéma ou extérieur. Trois principaux modes de prise de son sont utilisés qui ne seront pas présentés ici. On se reportera à la littérature spécialisée. Il s'agit des couples dits X-Y, A-B et A-B ORTF. Bien sûr, les microphones sont montés sur des suspentes antivibratiles et sont pourvus de bonnettes anti-vent.

Ces instruments sont performants pour enregistrer quatre des cinq variables définies précédemment, le temps, la fréquence et les deux intensités (canaux droite et gauche). (L'enregistrement de deux intensités dans deux azimuts différents

équivaut à enregistrer une intensité et un azimut). Un code temps serait enregistré en même temps sur une troisième piste. La cinquième variable, la vitesse de déplacement (que l'on a proposé de coder sous forme binaire : position arrêtée ou marche), pourrait être codée sur une quatrième piste d'un enregistreur numérique. Des enregistrements ont été réalisés tels que décrits ci-dessus sauf pour le codage de vitesse.

Les enregistrements ont été faits en se déplaçant sur un trajet parcouru dans les deux sens, trajet qui figure en annexe 2. Ces enregistrements ont été écoutés et les effets sonores notables y ont été repérés. Dans les mesurages qui suivent, l'objectif a donc été de repérer méthodologiquement les effets détectés.

Le type de matériel utilisé est maintenant classique. Il s'agit un magnétophone 4 pistes DAT qui permet un excellent rapport signal sur bruit. Les microphones seront choisis par le preneur de son en fonction du couple choisi, le code temps sera du type SMPTE, le codage de vitesse pourra être fait par un bouton pressoir.

6. MESURAGES ACOUSTIQUES DES ESPACES PUBLICS

6.1 *LIEUX DES ENREGISTREMENTS ET DES REPÉRAGES*

Les trois espaces publics qui ont été choisis présentent chacun des spécificités.

6.1.1 *L'articulation place Victor Hugo - rue Félix-Poulat*

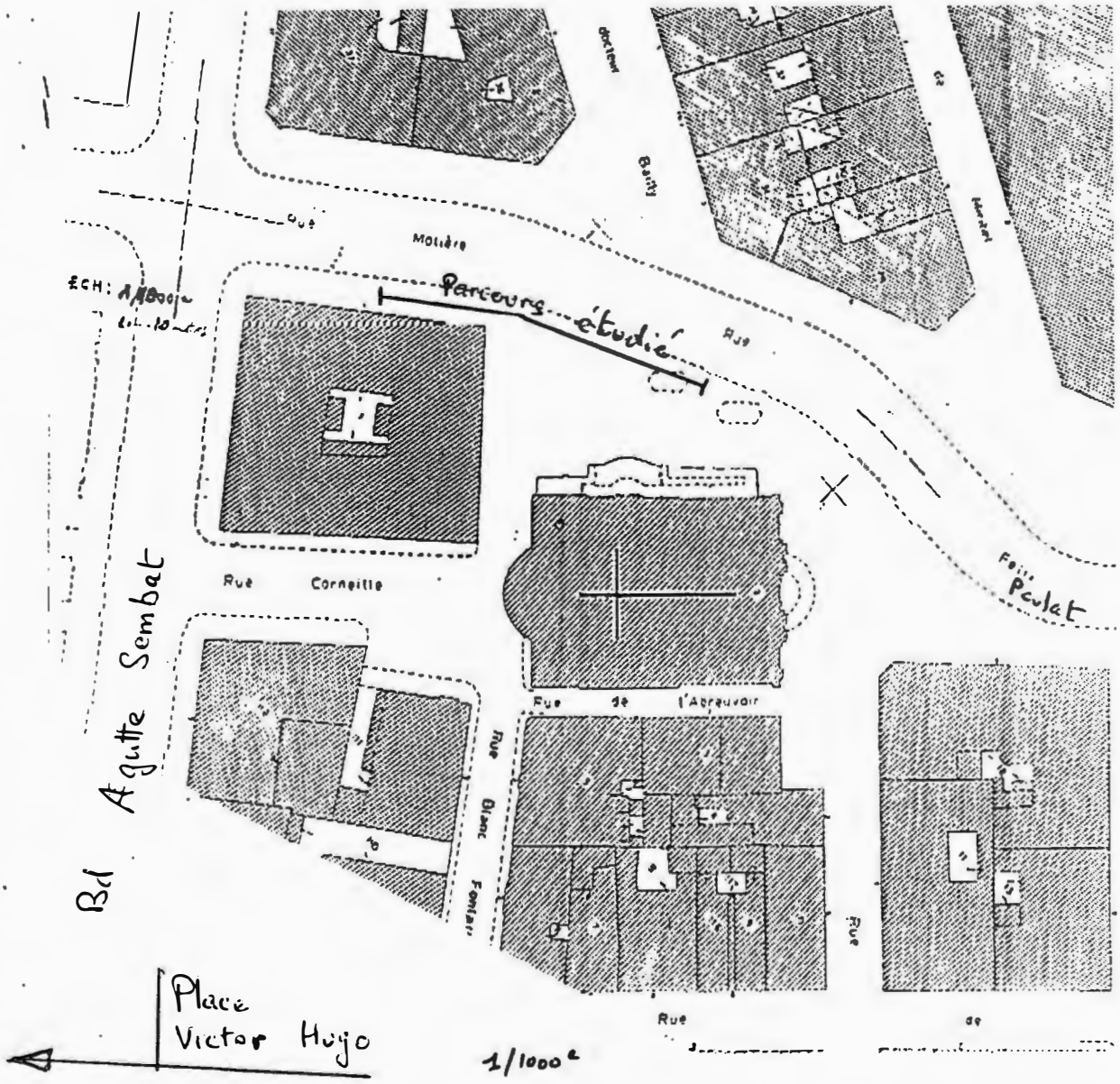
Ce trajet relie deux espaces publics. L'un, la rue Félix-Poulat est un espace piétonnier avec toutefois le tramway en site propre ; l'autre, la place Victor Hugo, est une grande place de 150 m de côté avec un bassin au centre. La place Victor Hugo touche par l'un de ses coins l'espace piétonnier de la rue Félix-Poulat mais en est séparée par une voie à trois files de circulation à sens unique à fort régime pulsé par des feux, le boulevard Agutte Sembat, qui forme l'un de ses côtés. Un autre est occupé par la voie du tramway. Les deux autres sont des voies de desserte.

Chacun des espaces publics très fréquenté est bordé de nombreux commerces ou services et est traversé par une voie de tramway. Les bruits dominants y sont donc ceux des usagers et des commerces. L'un des espaces étant bordé par la voie à fort trafic, le bruit routier masque sur une bonne partie l'activité humaine. De nombreuses personnes fréquentent la place Victor Hugo malgré le niveau sonore. Il y a de nombreux bancs. La rue Félix Poulat et la place Victor Hugo sont entourées d'immeubles haussmanniens aux façades très décorées et pourvues de nombreux balcons. Ces éléments sont très diffusants et les balcons rabattent le son vers le sol. Les immeubles font cinq étages d'au moins trois mètres de hauteur suivis de chambres de bonnes ou de galetas sur une hauteur d'au moins six à huit mètres.

La place Victor Hugo est carrée, la rue Félix Poulat est polygonale sans symétrie. C'est quasiment une place. Actuellement, l'ensemble formé par la rue Molière, la rue Félix Poulat et toutes les rues qui y débouchent, est piétonnier. Seuls les voies

du tramway occupent l'espace délimité sur le plan de la page suivante par les pointillés. Un arrêt du tramway occupe la quasi-totalité de la rue Molière avec le mobilier urbain associé, type Abribus. Le sol est pavé d'un revêtement minéral. Il n'y a pratiquement pas d'espace vert.

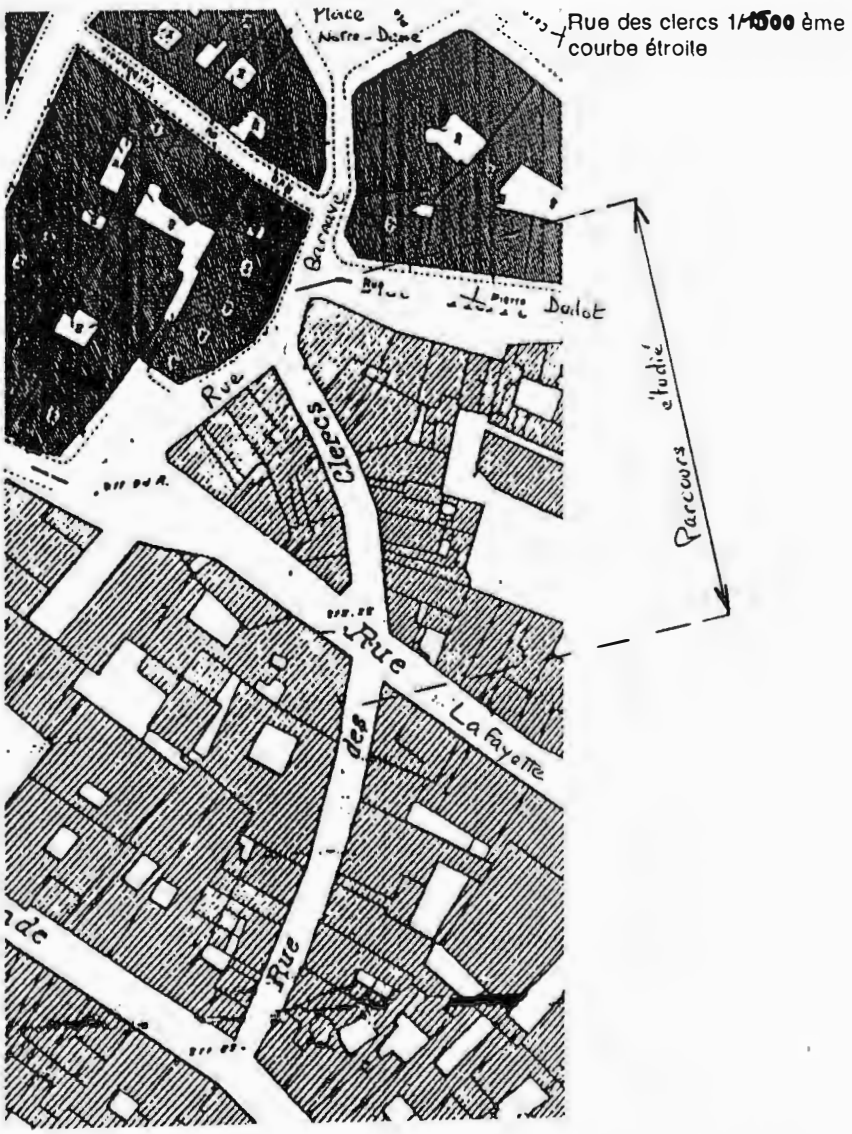
L'étude a porté sur un cheminement qui va du milieu de la rue Félix Poulat au milieu de la rue Molière. Le graphique 1.11, ci-dessous, ne présente que la rue Félix-Poulat et le boulevard Agutte Sembat. La place Victor Hugo est donc située à gauche, le Bd Agutte Sembat étant l'un de ses côtés. Pour avoir un plan détaillé du quartier, se reporter à la troisième partie consacrée à l'urbanisme.



6.1.2 *La rue des Clercs*

C'est une rue courbe d'un vieux quartier. La rue est étroite surtout du côté de la place Notre-Dame. La circulation automobile y est interdite, cependant des véhicules passent assez souvent. La rue est peu commerçante. C'est un axe majeur de trajet à pied entre plusieurs grandes places de Grenoble, la place Notre-Dame d'une part, et la place Grenette et la place de la République d'autre part. C'est également une liaison entre plusieurs quartiers. La rue des Clercs est bordée de vieux immeubles de quatre étages d'environ deux mètres soixante-dix de hauteur d'étage. Les façades sont lisses. Il n'y a ni volets, ni de balcons. Le sol est minéral, pavé donc très réfléchissant. Assez éloigné de toute voie de circulation, le niveau sonore est assez faible pour un centre ville.

L'étude a porté sur le trajet situé entre la rue Barnave et la rue Lafayette, voir graphique 1.12 ci-dessous.

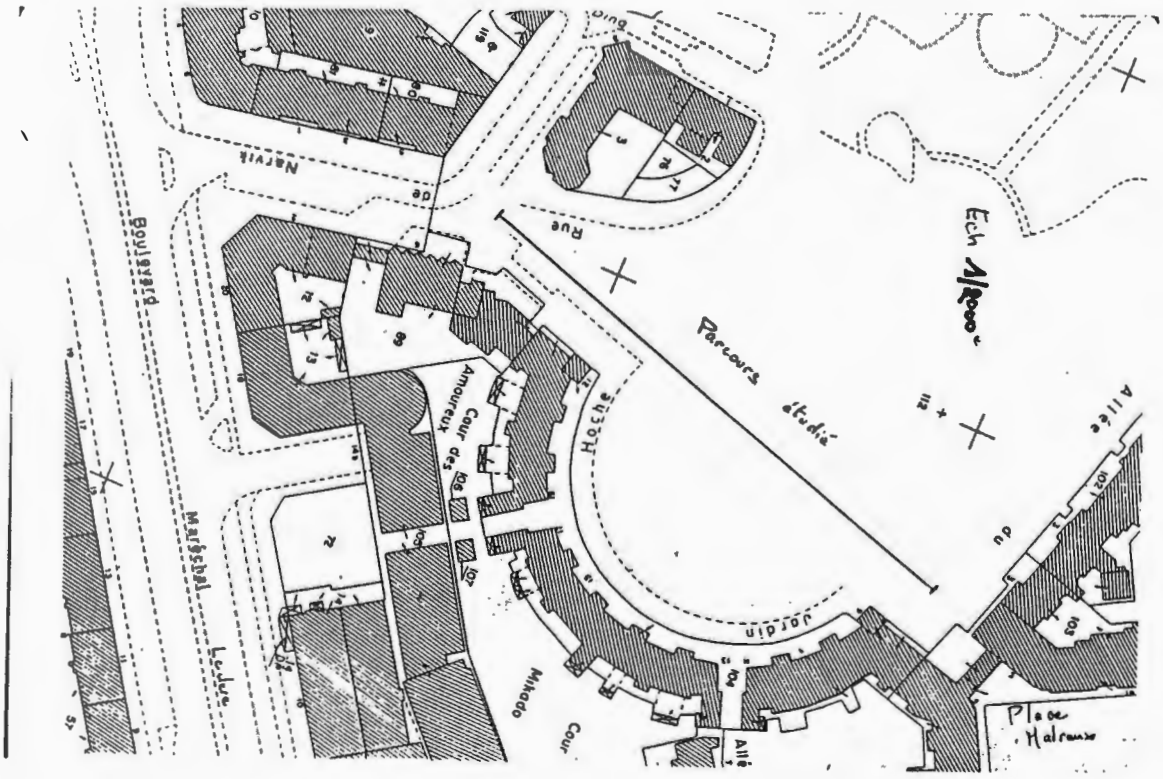


6.1.3 *Le jardin Hoche*

Ce vaste lieu très calme est encadré à proximité de deux de ses côtés de deux voies très bruyantes (à 4 files de circulation et plus), le boulevard Maréchal Leclerc (en bas) et le boulevard Agutte Sembat (en haut à droite, qui longe la place Malraux). Des immeubles d'habitation de sept étages bordent ces deux côtés-là et le bruit est complètement occulté : le bruit ambiant est en dessous de 50 dB(A). Côté Maréchal Leclerc, le bruit ne peut venir que par la rue de Narvik. A l'autre extrémité, c'est un porche qui ouvre sur la place Malraux. Le parcours enregistré et mesuré relie les deux voies bruyantes (aux bords desquelles on trouve commerces et services) au jardin tranquille. Le trajet est assez emprunté. Ce jardin est occupé l'été par des étudiants qui s'installent sur les bancs ou les murets des pelouses : plusieurs résidences d'étudiants se trouvent à proximité. Mais l'hiver, ces flâneurs ont disparu contrairement à la place Victor Hugo occupée toute l'année par des gens beaucoup plus âgés qui ont l'habitude de s'y rencontrer.

Le jardin comporte de nombreuses pelouses et de grandes allées, soit bitumées, soit gravillonnées. La partie jardin est également traitée en volume : il y a des collines, des murettes, des creux. Ces éléments pourraient contribuer à des effets locaux. Au centre du grand demi-cercle, est installée une fontaine non représentée sur le plan ci-dessous, graphique 1.13.

L'étude a porté sur le trajet situé entre la fin de la rue Narvik et la fin du jardin lorsqu'on rejoint le porche qui débouche sur la place André Malraux.



6.2 *OBJECTIFS DES MESURES*

Il s'agit de mieux connaître les caractéristiques acoustiques des trois espaces publics décrits au paragraphe précédent et d'essayer d'effectuer des mesures sur les cinq variables définies précédemment. Le matériel disponible au CRESSON ne permet pas d'intégrer la variable déplacement, ni la variable directivité.

Il n'est pas possible de faire des mesures de caractéristiques sonores en se déplaçant car l'appareil utilisé a été étudié pour l'acoustique des salles : il mesure les caractéristiques acoustiques d'une place ou d'un lieu donnés.

Les mesurages ont donc été organisés sur une ligne, l'axe de cheminement de l'usager-auditeur. Deux types de résultats étaient attendus.

Le premier porte sur les caractéristiques acoustiques, pour un point du cheminement donné de l'environnement, de ce point, depuis quelques mètres jusqu'à plusieurs dizaines de mètres. Pour ce faire, le microphone était posé en un point d'écoute et la source sonore était progressivement éloignée du microphone en restant sur l'axe du cheminement. Pour la place Félix Poulat, quelques mesures ont été effectuées en mettant la source perpendiculairement à la direction de propagation pour observer les effets des façades placées perpendiculairement à la direction du cheminement et facilement identifiables à l'oreille sous la forme d'un renforcement local de la réverbération.

Le deuxième objectif est d'observer l'évolution des critères qualifiant le champ acoustique proche, pour une courte distance entre source et microphone, lorsque l'auditeur rencontre des modifications de la morphologie urbaine : passage du centre d'une grande place à l'approche de façades, passage dans une rue d'un large trottoir au couloir créé localement par l'implantation d'un Abribus, débouché d'un cheminement entre deux buttes de terre engazonnées sur un vaste espace minéral, débouché d'une rue étroite sur un carrefour, etc...

6.3 *CRITÈRES ACOUSTIQUES*

Les critères existants et retenus pour l'étude sont : l'intelligibilité, la durée de réverbération et la clarté. L'intelligibilité est un critère directement lié à l'intelligibilité de la parole en fonction du bruit ambiant masquant. Il permettra de connaître l'intelligibilité des conversations pour chaque emplacement auditeur pour des conversations tenues à des distances de plus en plus grandes. Ce critère est noté STI (Speech Transmission Index) dans les tableaux présentés en annexe 3. Ce critère évolue entre 0 et 1. L'intelligibilité est considérée comme excellente pour des phrases lorsque STI est égal ou supérieur à 0,9. Elle est bonne pour des valeurs autour de 0,8, moyenne pour 0,5, etc..

La durée de réverbération est un critère classique de l'acoustique, bien corrélé avec diverses sensations sonores : salle sourde lorsque la durée de réverbération est faible, salle " tonneau " lorsqu'elle est trop forte. D'autres termes du vocabulaire musical se corrèlent bien avec la valeur de la durée de réverbération dans les fréquences graves, médiums ou aiguës. Une salle claire est différente d'une salle sourde. C'est une salle qui a peu de réverbération dans les fréquences basses tout en étant correcte dans les fréquences aiguës, etc..

Le critère de durée de réverbération pour tout le spectre sonore (large bande) se note sous la forme TR_{60}. Physiquement, c'est, pour un point éloigné de la source, la durée que met un bruit stable pour décroître de 60 décibels lorsqu'il est brutalement coupé. Cette durée s'exprime en secondes. On peut également définir une durée de réverbération pour chaque octave. TR 500 est la durée de réverbération mesurée dans l'octave 500 Hz.

La clarté est un critère fondé sur un ratio entre énergie et temps. Il s'agit, pour une impulsion sonore, du rapport entre l'énergie qui nous parvient pendant les "x" premières millisecondes avec l'énergie qui nous parvient après ce délai. La notation est ensuite traduite en décibels en prenant dix fois le logarithme du rapport. "X" est généralement choisi entre 50 et 80 millisecondes. Plus l'énergie nous parvient tôt, plus la salle est qualifiée de claire. Inversement, elle sera dite brouillée. Pour une salle musicale, "x" est plutôt fixé à 80 millisecondes et le critère de clarté doit être compris entre 0 et + 4 dB, pour que la clarté soit bonne. Comme pour l'intelligibilité, la clarté peut être calculée par bande d'octave, C 1000 pour clarté dans l'octave 1 000 Hz, etc..

Comme cela a été montré dans le paragraphe sur la représentation des effets sonores, les octaves des fréquences basses centrés sur 125 et 250 Hz ne contiennent pas d'informations très intéressantes en milieu urbain. Ils n'ont donc pas été analysés dans la suite des mesurages.

6.4 *MÉTHODOLOGIE DE MESURAGE*

Sur chacun des espaces publics, les mesurages ont été effectués sur un parcours de longueur limitée, dénommé "parcours étudié" sur les plans au 1/1000e, graphiques 1.11 à 1.13. Sur ce parcours, la source était constituée par un haut-parleur omnidirectionnel, l'écoute par un microphone omnidirectionnel de haute qualité. Ne pouvant effectuer des mesures en nous déplaçant de manière continue, nous avons découpé le trajet en plusieurs tronçons d'une longueur moyenne comprise entre 6 et 8 mètres pour la rue des Clercs et supérieure à 10 mètres pour les espaces plus grands de la rue Félix Poulat et du jardin Hoche.

6.5 *RÉSULTATS DES MESURES*

Les trois critères acoustiques décrits au paragraphe 6.3 ont été calculés à partir des mesures de réponses impulsionnelles. Pour chaque emplacement de la source sonore (dénommé HP_i, pour haut-parleur), un tableau regroupe toutes les valeurs de ces critères en fonction des différents points d'écoute (dénommés M_i, pour microphones). Sur cette même page, un graphe a été établi pour chaque critère.

L'ensemble de ces tableaux figure en annexe 3 avec le plan de la localisation des points de mesurages sur des agrandissements au 1/250° des graphiques 1.11 à 1.13.

6.5.1 *Première analyse : évolution des critères en fonction de la distance entre la source et l'auditeur.*

Le graphique 1.14 regroupe pour la rue Félix Poulat des mesures en fonction de la

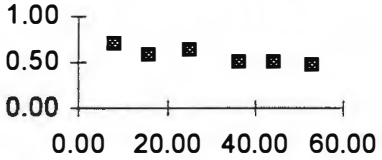
distance entre source et auditeur (première ligne du tableau) afin de rechercher des grands principes. Les couples qui figurent sur ce tableau sont tous orientés sur une même droite c'est-à-dire sur l'axe de cheminement, sans que le sens de cheminement soit un critère. Les points particuliers de cheminement entre l'abri-bus et la façade n'ont bien sûr pas été retenus.

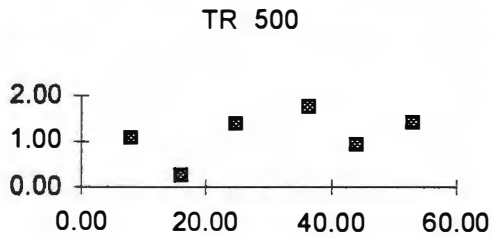
Hormis l'intelligibilité, le principal acquis de ces mesures est de montrer, pour pratiquement tous les critères, que l'espace est homogène. De 8 à 50 mètres de la source la durée de réverbération ne varie pratiquement pas ou du moins le nombre de mesures dont nous disposons permettent d'affirmer qu'elle ne varie pas fortement. Les acousticiens diraient que sont réunies les conditions d'un champ réverbéré. Seule la clarté baisse à 2 000 Hz. Conséquence logique de cet état de choses, l'intelligibilité de la parole diminue mais il n'est pas sûr que ce critère acoustique soit d'un grand intérêt pour les effets sonores. Nous sommes donc en présence d'**un champ sonore homogène ayant une bonne clarté.**

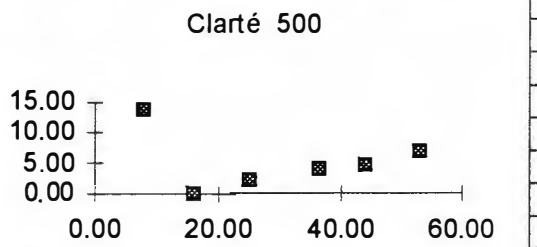
Dans le sens transversal, il n'est pas possible de montrer les résultats, des problèmes techniques ayant affecté les mesures. Il n'a pas non plus été possible de refaire ces mesures, confère paragraphe 6.7 sur les difficultés à réaliser des mesurages en ville et ce d'autant plus que nos points de mesures étaient de part et d'autre des voies du tramway.

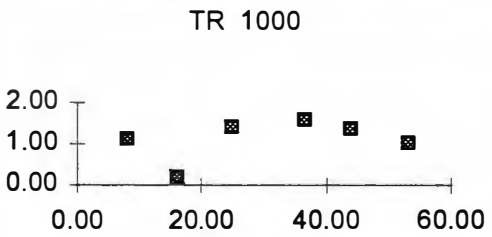
Graphique 1.14

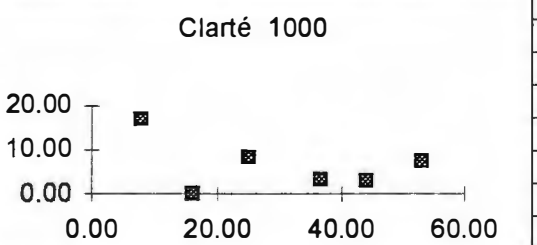
	M3HP7	M1HP1	M4HP4	M3HP2	M1HP7	M3HP1
Distance HP	8.00	16.00	25.00	36.50	44	53.00
STI	0.70	0.58	0.62	0.50	0.51	0.46
TR 500	1.03	0.25	1.34	1.73	0.91	1.37
TR 1000	1.08	0.19	1.37	1.56	1.33	0.98
TR 2000	1.97	0.16	0.92	1.16	1.35	1.20
TR 4000	1.01	0.06	1.09	0.97	1.47	1.62
Clarté 500	13.48		2.06	3.75	4.37	6.84
Clarté 1000	16.81		8.09	3.17	2.91	7.09
Clarté 2000	16.29	11.86	11.27	5.39	7.75	6.78
Clarté 4000	12.54		12.99	7.25		

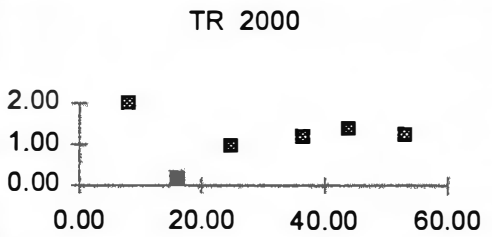


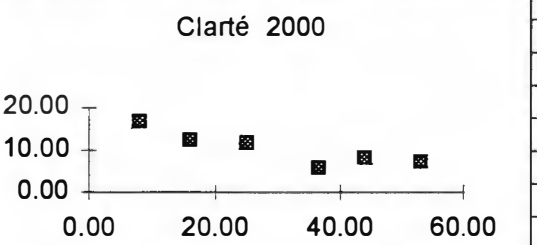


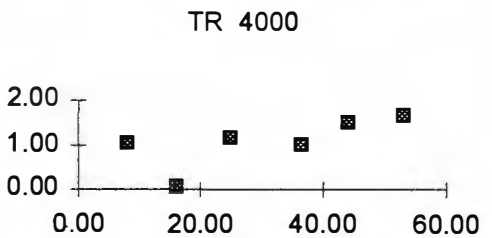


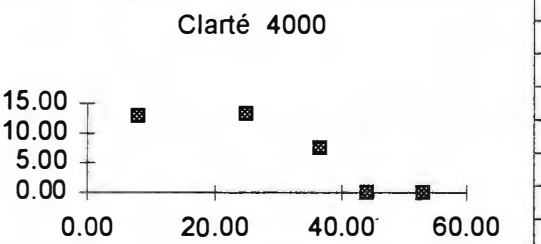












6.5.2 *Deuxième analyse : évolution des critères acoustiques le long des cheminements.*

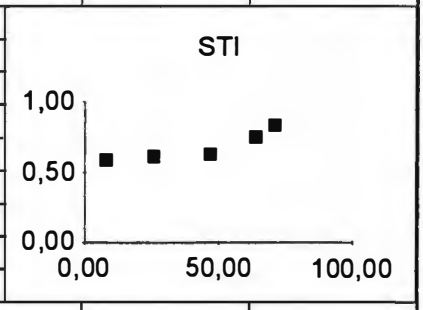
Les graphiques suivants présentent un autre type de regroupement des mesures. Il s'agit de représenter l'évolution des critères acoustiques le long du cheminement en essayant de maintenir la distance source - piéton à une faible valeur, à peu près constante, entre 6 et 8 mètres. Les courbes permettent de suivre l'évolution des critères acoustiques retenus. Le but de cette mise en forme des mesures est d'observer l'évolution locale des critères en fonction des changements morphologiques de l'urbanisme : passage devant un Abribus, débouché sur un carrefour, ... L'indication "distance" représente ici non pas la distance source émetteur mais l'abscisse par rapport au départ du cheminement.

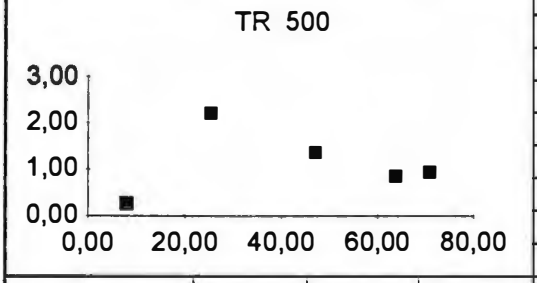
Rue Félix-Poulat. Le graphique 1.15 représente l'évolution des critères lorsque le piéton quittant le milieu de la place se dirige vers un cheminement plus étroit créé par l'Abribus et la façade. La distance indiquée sur la deuxième ligne des tableaux est celle par rapport au point 0, c'est la position HP1, voir en annexe 3.1. Les mesures ont été positionnées à l'envers mais les graphes sont évidemment dans le bon sens.

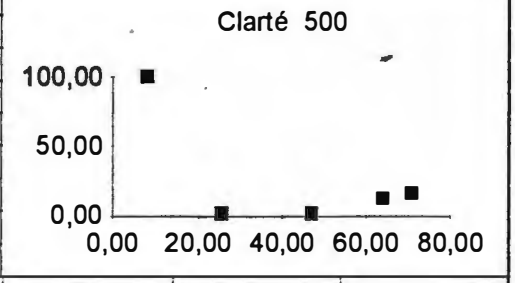
Le principal acquis des mesures est de montrer, pour pratiquement tous les critères, que l'espace se décompose en deux zones. La zone proche 10 à 20 mètres autour des façades où la source est perçue avec une grande netteté, une grande clarté. Au-delà de cette distance, l'intelligibilité diminue, la durée de réverbération augmente et la clarté baisse. Toutes ces caractéristiques sont celles d'un lieu réverbérant... et l'on retrouve les caractéristiques de la première analyse.

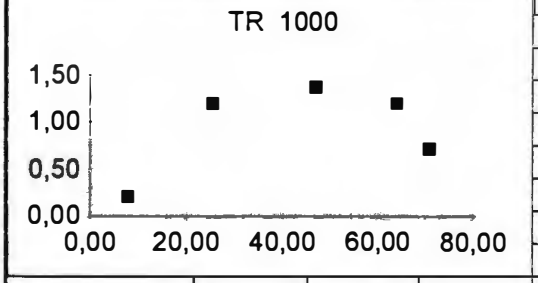
Graphique 1.15

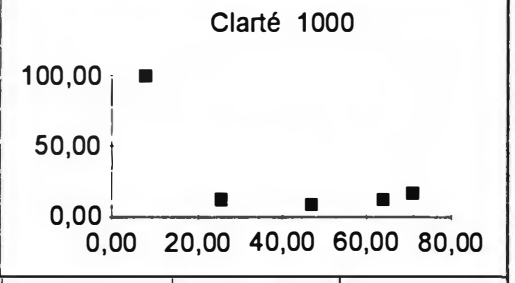
	M6HP8	M5HP7	M4HP4	M2HP2	M1HP1
Distance HP	71,00	64,00	47,00	25,50	8,00
STI	0,82	0,75	0,62	0,60	0,58
TR 500	0,91	0,83	1,34	2,16	0,25
TR 1000	0,71	1,19	1,37	1,19	0,19
TR 2000	0,88	0,98	0,92	1,27	0,16
TR 4000	0,59	0,83	1,09	1,12	0,06
Clarté 500	15,20	11,74	2,06	2,34	100,00
Clarté 1000	15,45	11,73	8,09	11,86	100,00
Clarté 2000	17,91	13,86	11,27	10,38	11,86
Clarté 4000	18,60	15,83	12,99	6,78	

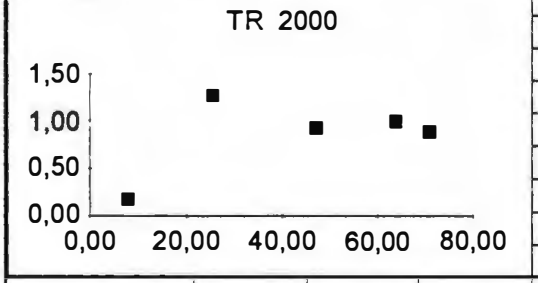


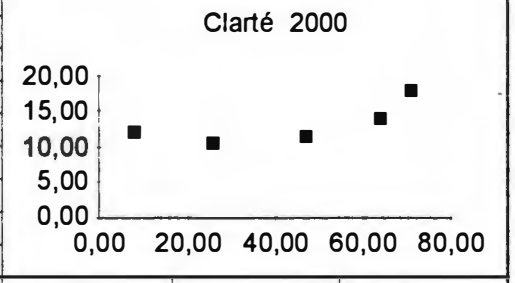


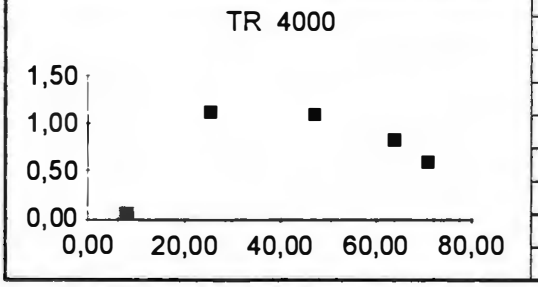


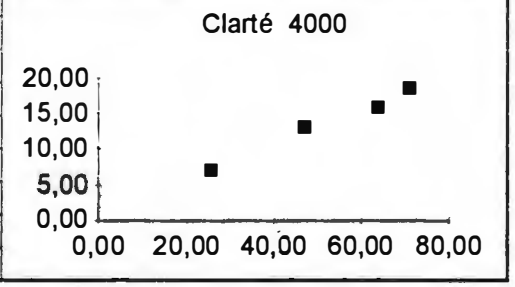








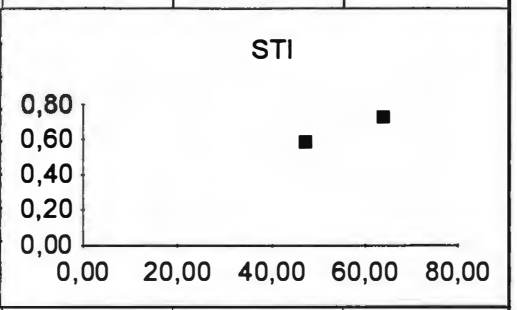


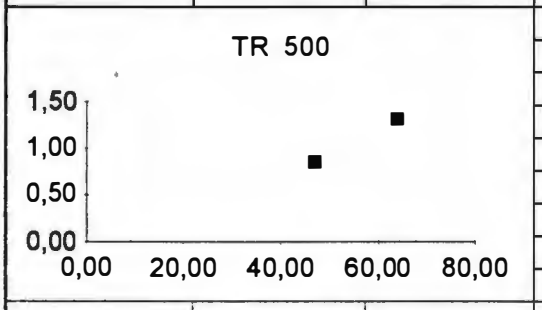


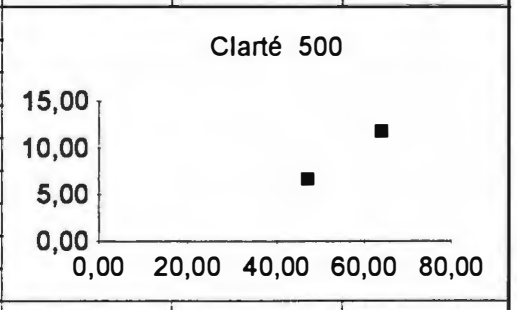
Le graphique 1.16 essaye de repérer les effets sonores du passage du champ sonore décrit ci-dessus vers le champ particulier créé par l'Abribus. Le premier couple M2HP7 se situe donc dans le champ réverbéré décrit plus haut, le second couple M4HP8 se situe dans le couloir. Les critères d'intelligibilité et de clarté sont parfaitement corrélés avec l'effet sonore ressenti au passage : une plus grande clarté des lieux. Logiquement la durée de réverbération s'abaisse. Seule la valeur à 4 000 Hz augmente peut-être à cause des balcons situés au-dessus. La valeur à 500 Hz ne permet pas de faire des commentaires compte-tenu des erreurs susceptibles d'être faites à cette fréquence. Ces résultats repéreraient l'effet de coupure observé à l'articulation entre la rue Molière et la rue Félix Poulat et surtout **le micro-effet de réverbération** - il dure quelques secondes - que l'on entend en passant entre les Abribus et la façade. Les schémas de principe de ces aménagements figurent en première partie de l'annexe 3.

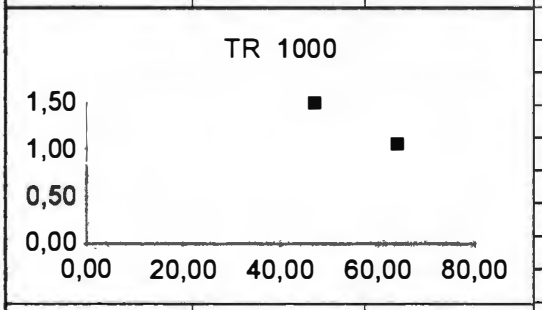
Graphique 1.16

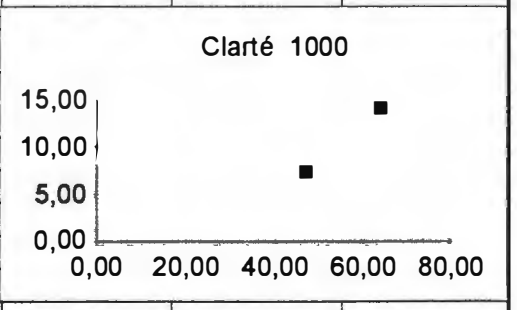
	M2HP7	M4HP8
Distance HP	47,00	64,00
STI	0,58	0,72
TR 500	0,84	1,30
TR 1000	1,49	1,05
TR 2000	1,44	1,01
TR 4000	0,94	1,02
Clarté 500	6,57	11,67
Clarté 1000	7,30	14,05
Clarté 2000	11,58	12,28
Clarté 4000	9,01	14,69

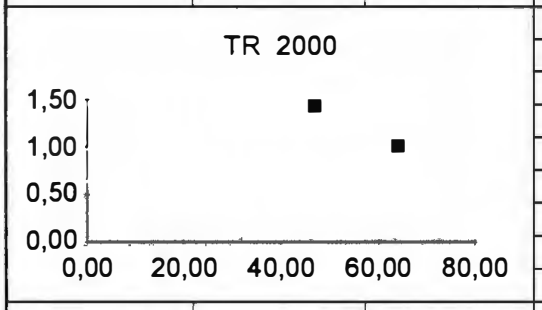


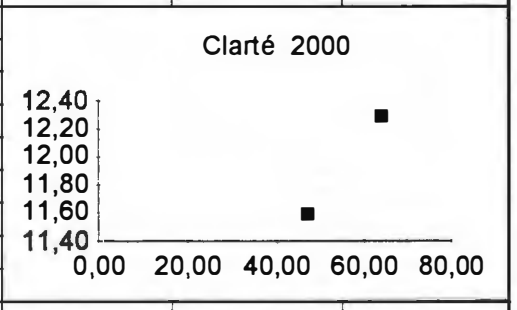


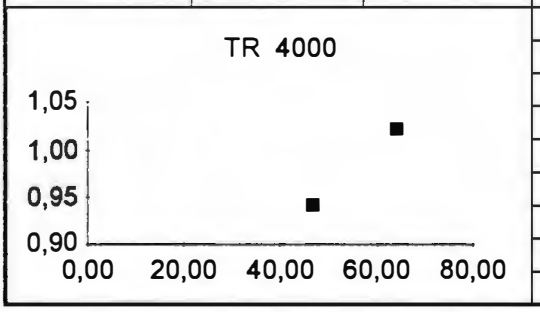


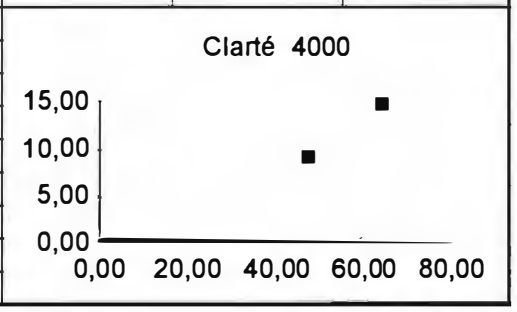










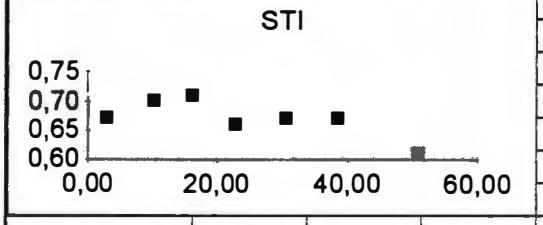


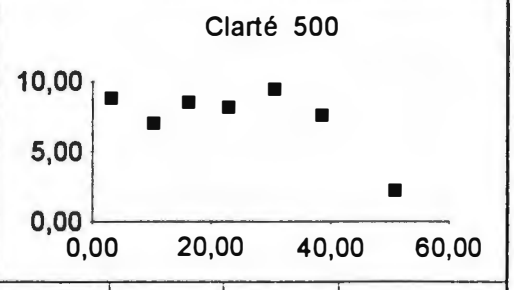
Pour la rue des Clercs, les résultats sont regroupés sur le graphique 1.17. Le point 0, départ du cheminement est au carrefour avec la rue Lafayette, voir annexe 3.2. Le principe de stabilité de la durée de réverbération tout le long du cheminement est observé contrairement à Félix Poulat. Les dimensions de la rue ne permettent sans doute pas d'observer une variation des critères à l'approche des façades. Par contre, aucun phénomène évident ne semble apparaître non plus à l'approche des croisements, ce qui était le but de l'expérimentation. Il y a bien un petit relèvement du TR à 1 000 et 2 00 Hz mais est-il significatif ?

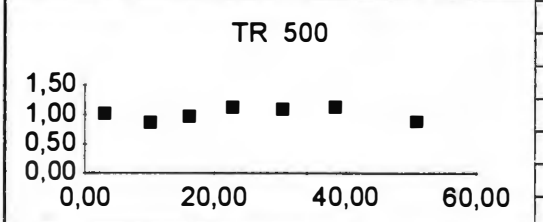
Des petites variations de l'intelligibilité peuvent être observées au fur et à mesure que l'on progresse dans la rue. Elle est au minimum à 0,6 au carrefour avec la rue Lafayette. Pour la clarté, il y a une décroissance générale de celle-ci au fur et à mesure que l'on avance dans la rue depuis la rue Lafayette jusqu'à la rue Barnave, rue qui rappelons-le se rétrécit. Nous n'avons pas d'explication à proposer à ce jour, ni d'effet à corréler avec cette observation En fait, les dimensions diminuant, la clarté devrait augmenter, le résultat est surprenant.

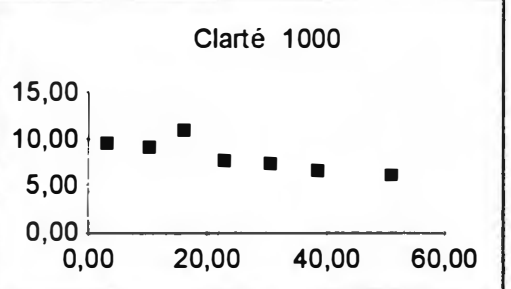
Graphique 1.17

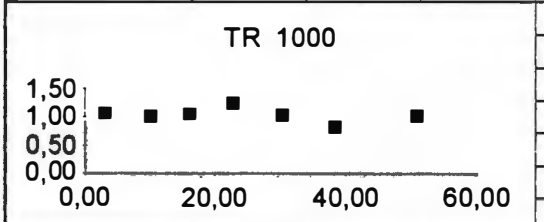
	M7HP7	M6HP6	M5HP5	M4HP4	M3HP3	M2HP2	M1HP1
Distance HP	3,10	10,30	16,20	22,90	30,60	38,50	50,90
STI	0,67	0,70	0,71	0,66	0,67	0,67	0,61
TR 500	1,01	0,85	0,94	1,11	1,08	1,11	0,86
TR 1000	1,04	0,99	1,04	1,24	1,03	0,81	1,01
TR 2000	1,23	1,00	0,96	1,02	0,99	0,95	1,04
TR 4000	0,99	0,94	1,00	1,00	1,04	0,86	0,97
Clarté 500	8,76	6,99	8,48	8,09	9,35	7,52	2,17
Clarté 1000	9,46	8,90	10,78	7,62	7,32	6,48	5,99
Clarté 2000	9,31	8,33	11,58	6,42	6,56	7,98	6,74
Clarté 4000	9,95	9,91	9,25	8,28	7,92	8,99	7,03

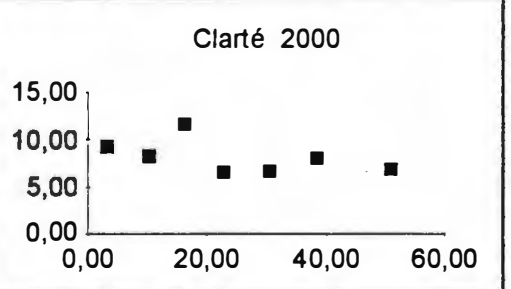


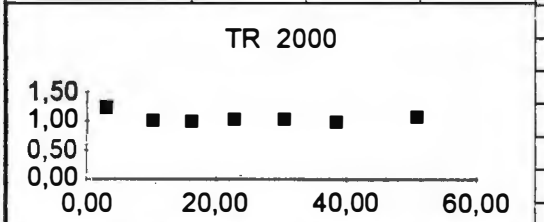


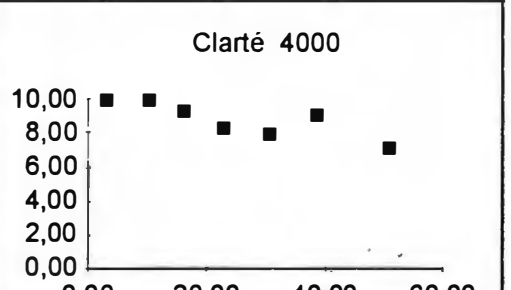


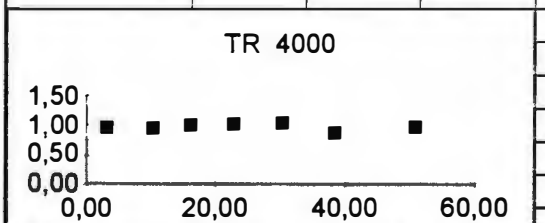












Pour le jardin Hoche, ce graphe a pu être tracé dans les deux directions du cheminement. Le point 0 du cheminement est situé côté rue de Narvik. Le graphique 1.18 présente les résultats en se rapprochant de ce point et le suivant, le graphique 1.19, part de la rue de Narvik.

Dans le jardin Hoche, il est plus difficile de faire des observations. La première partie du parcours, jusqu'à 50 m, bordé par un immeuble ne semble pas apporter de grandes modifications par rapport à la deuxième partie entièrement située en terrain ouvert, on arrive jusqu'au centre de l'hémicycle. Voir annexe 3.3. Les espaces herbeux situés de part et d'autre du cheminement étant absorbants, les durées de réverbération restent toujours faibles, sauf dans les octaves aiguës où l'augmentation avec la distance apparaît de nouveau.

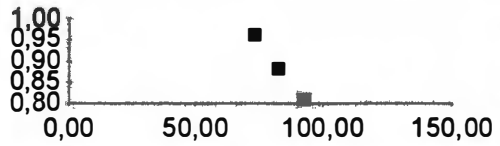
Pour la durée de réverbération, un accident est observable pour la distance de 50-62 m sur les deux parcours à 2 000 et 4 000 Hz. Cette forte variation n'a pas d'explication compte tenu de la morphologie des lieux si ce n'est que le haut-parleur est sur un lieu dégagé tandis que le microphone se trouve sur une allée bordée de deux murettes d'environ 0,80 m de hauteur. Une partie de l'énergie ne peut donc parvenir au microphone. Il s'agit là d'un phénomène certainement très fin à entendre mais le quartier étant très calme seul le bruit des pas sur le gravier permet de le repérer.

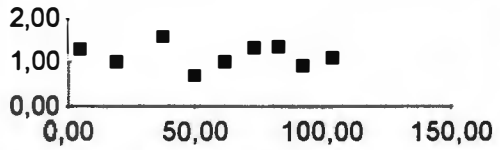
Il y a une belle cohérence de l'ensemble des courbes de clarté qui ne semblent pas affectée par la direction du cheminement. Plus on progresse vers l'hémicycle, plus la clarté augmente pour chuter fortement (M8 HP10) au centre du demi cercle. Avons-nous une focalisation du son due aux immeubles ?

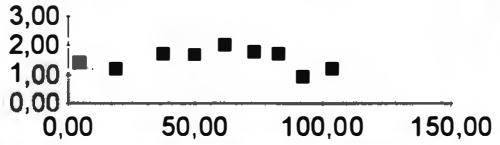
L'intelligibilité n'a pas été calculée pour nombre de points, suite à une erreur de manipulation.

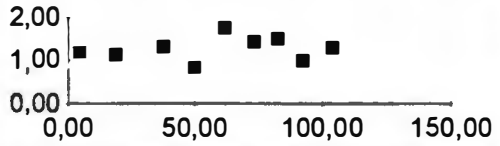
Graphique 1.18

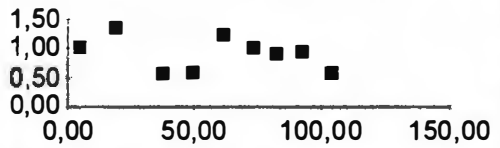
	M11HP10	M10HP8	M8HP7	M7HP6	M6HP5	M5HP4	M4HP3	M3HP2	M2HP1
Distance HP	104,00	92,75	82,75	73,75	61,75	50,00	37,50	19,00	4,75
STI		0,81	0,88	0,96					
TR 500	1,09	0,90	1,35	1,32	1,01	0,66	1,59	0,99	1,30
TR 1000	1,16	0,88	1,72	1,79	2,01	1,68	1,70	1,15	1,42
TR 2000	1,26	1,00	1,51	1,43	1,76	0,81	1,31	1,12	1,16
TR 4000	0,55	0,92	0,89	0,99	1,21	0,57	0,55	1,34	1,00
Clarté 500	19,07	13,77	21,98	26,77	16,49	21,15	13,05	13,04	9,68
Clarté 1000	19,54	17,23	20,82	26,95	22,20	21,48	20,20	13,39	16,46
Clarté 2000	13,04	17,39	13,28	27,20	21,04	24,08	16,06	13,95	9,26
Clarté 4000	17,89	15,81	18,36	26,47	18,54	23,89	15,16	13,11	8,71

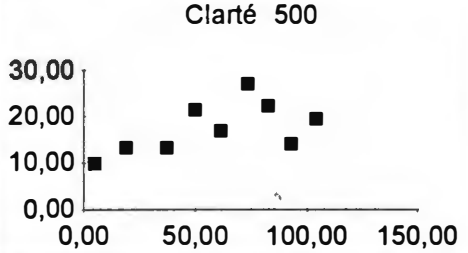


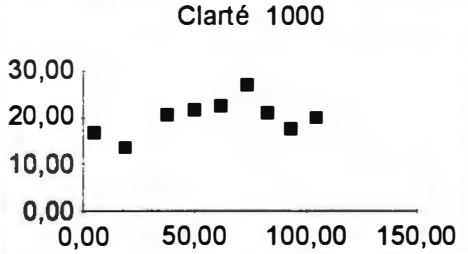


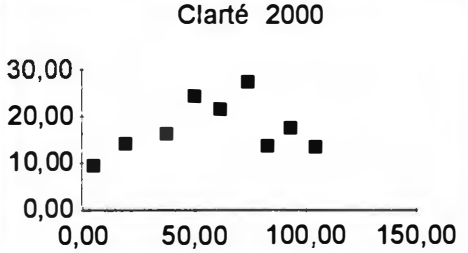


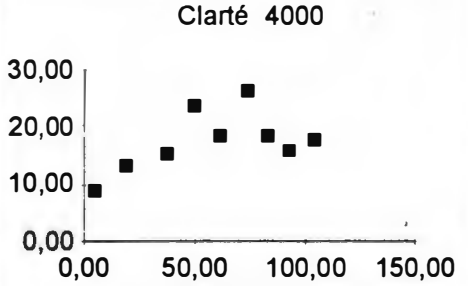






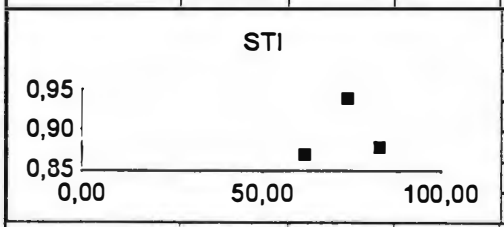


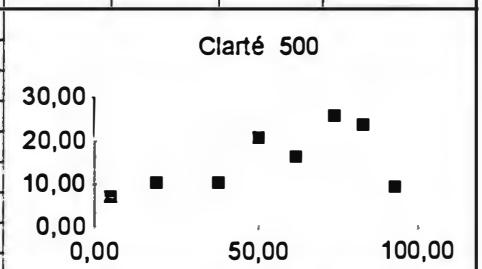


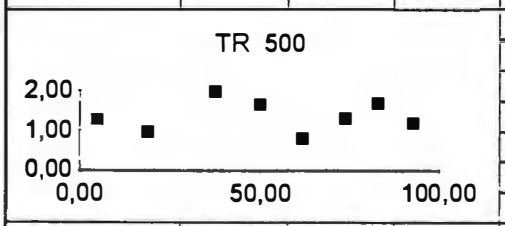


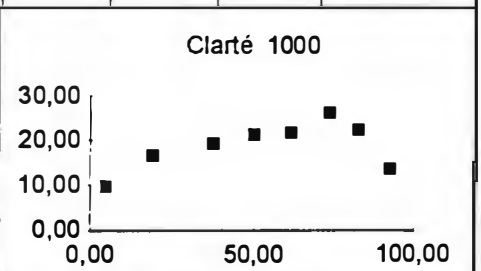
Graphique 1.19

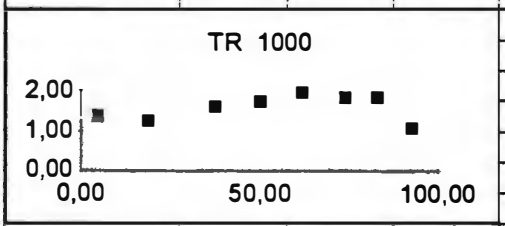
	M1HP2	M2HP3	M3HP4	M4HP5	M5HP6	M6HP7	M7HP8	M8HP10
Distance HP	4,75	19,00	37,50	50,00	61,75	73,75	82,75	92,75
STI					0,87	0,94	0,88	
TR 500	1,26	0,95	1,95	1,66	0,79	1,31	1,68	1,17
TR 1000	1,39	1,21	1,56	1,72	1,93	1,81	1,79	1,04
TR 2000	1,11	1,47	1,38	1,51	0,94	1,92	1,44	0,92
TR 4000	1,17	0,94	1,31	0,61	0,68	0,85	1,19	1,03
Clarté 500	6,85	10,10	10,13	20,35	16,19	25,33	23,38	9,02
Clarté 1000	9,57	16,27	19,05	21,10	21,46	25,88	22,16	13,51
Clarté 2000	10,41	13,75	16,24	23,37	21,02	26,55	20,21	15,13
Clarté 4000	8,60	14,00	16,08	20,54	19,13	23,62	15,37	14,54

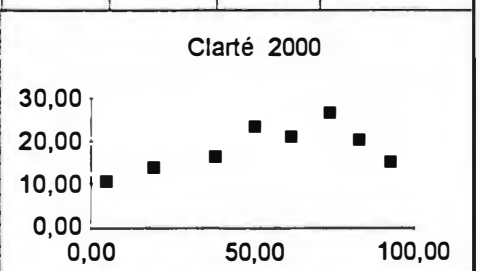


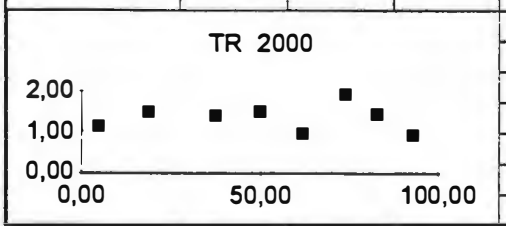


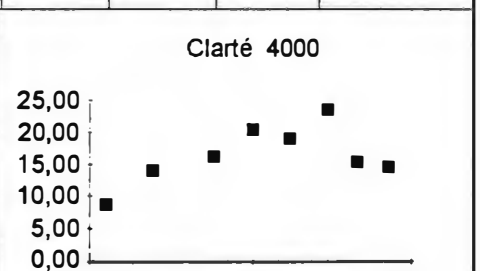


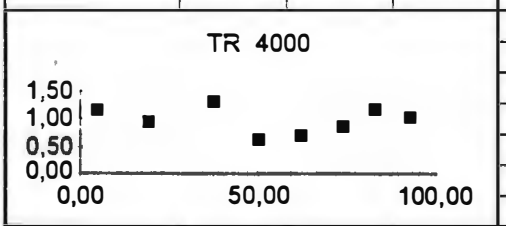












6.5.3 *Conclusion sur les mesures et sur la méthodologie de mesurage*

Sur les mesures, la principale observation faite sur le terrain de Félix Poulat est que les champs sonores sont relativement homogènes dans les espaces publics. L'audition d'une source sonore n'est pas modifiée par la distance dès lors qu'elle est à plus d'une dizaine ou d'une vingtaine de mètres, distance qu'il reste à préciser. Par contre pour des sources placées à une distance inférieure à cette "distance critique"[12], la morphologie de l'espace proche joue un effet important.

D'après les résultats, les appareils dont on dispose sont susceptibles de repérer les modifications du champ acoustique car certaines variations sont nettement repérables. Mais sur certains critères utilisés, en particulier la durée de réverbération, le rapport signal sur bruit de la mesure est faible. A la place de la durée de réverbération, il faudrait tester l'Early Decay Time (EDT) qui est calculé sur une moins grande dynamique.

Par ailleurs, le pas de mesure sur le terrain est trop grand pour permettre de dire si les accidents observés sur les courbes sont des points aberrants ou bien s'il s'agit de vrais points d'inflexion. Il faut donc, à défaut d'avoir une mesure linéaire, multiplier les points de mesurages en diminuant l'écart entre les points à une valeur qu'il reste à définir.

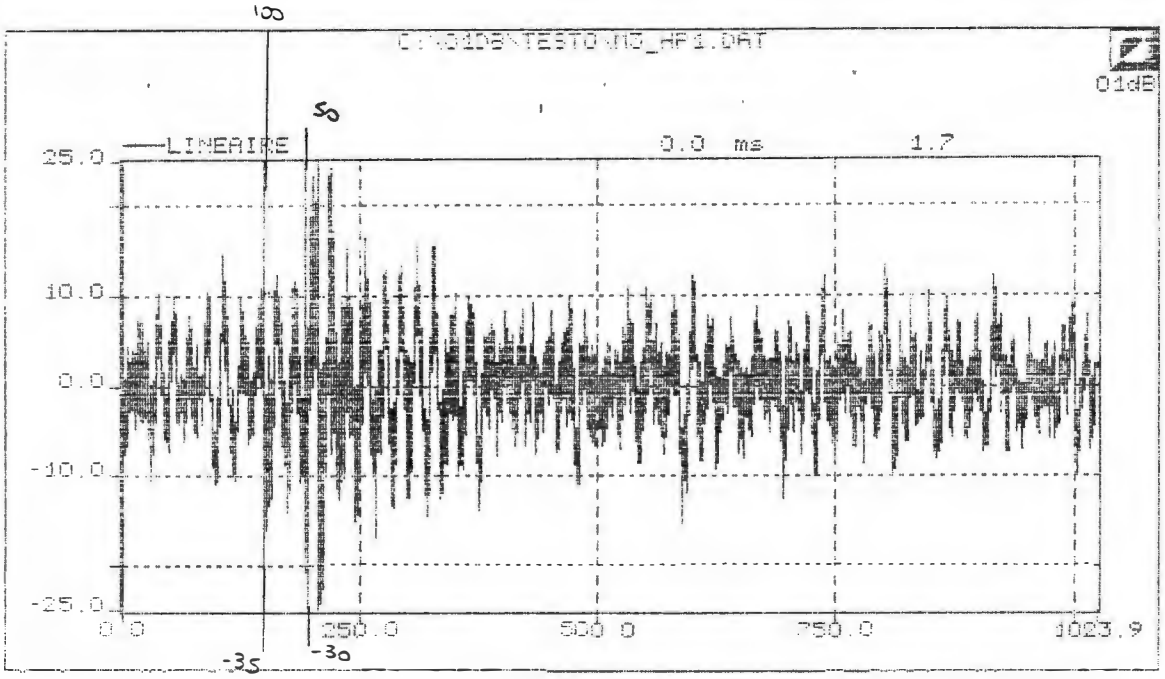
6.6 *CRITIQUES DES RÉSULTATS ET DE L'APPAREILLAGE.*

Sur le graphe de la réponse impulsionnelle, le niveau de l'énergie avant l'arrivée du son direct doit être nul puisque, par définition, c'est l'énergie directe qui permet au calculateur de se caler dans le temps. Sur la réponse impulsionnelle présentée page suivante, où l'on a dilaté l'ordonnée, une ondulation peut être observée avant l'arrivée du son direct. Cette ondulation a une énergie égale à 10 % du son direct toujours calé à 100. L'origine de cette ondulation ne nous est pas connue mais peut être attribuée, soit au bruit ambiant, soit à un "bruit" de calcul. Mais, de ce fait, il est difficile d'observer les réflexions de faible énergie, notamment entre 250 et 500 ms, puisque celles-ci ont tendance à se confondre dans cette ondulation qui se poursuit sur tout le graphe avec la même fréquence.

Dans tous les graphes présentés, toutes les clartés égales à 100 dB sont des erreurs de calculs. Il ne faut donc pas en tenir compte.

12 - Les acousticiens et les électro-acousticiens savent que ce terme est réservé à la distance à la source où l'on passe du champ direct au champ réverbéré.

Graphique 1.20



C:\01DB\TESTO\M3_HP1.FIL

Ordre Sequence = 14 Fréq. d'échantillonnage = 16 kHz
RASTI = 0.46 STI = 0.46

Octave Hz	TR60 s	EDT s	C80 dB	D50 %	S/N dB	E1000 dB	Suppr. bruit
125	1.93	0.07	100.00	100.00	100.00	-7.7	OUI
250	* 0.29	0.55	8.87	54.45	7.00	-2.1	OUI
500	* 1.37	1.01	6.84	71.57	6.57	-2.1	OUI
1 k	* 0.98	0.78	7.09	61.01	6.65	0.0	OUI
2 k	* 1.20	0.94	6.78	61.81	5.50	-0.9	OUI
4 k	1.62	----	------	------	------	-8.0	OUI

6.7 *NOTE SUR LES CONTRAINTES ADMINISTRTIVES DES MESURAGES*

Les mesurages ont fait l'objet d'une autorisation de voirie auprès de la Ville de Grenoble. Sur les deux premiers terrains et notamment sur la rue des Clercs incluse dans le dispositif piétonnier du Centre Ville, cette autorisation est passé pour avis par les comités de quartier regroupant en particulier les commerçants. Les questions qui nous ont alors été posées portaient bien évidemment sur le niveau sonore mis en oeuvre mais également sur le positionnement du véhicule logistique, susceptible de créer une gêne au libre commerce. L'autorisation étant donnée pour un jour non renouvelable, il était également difficile d'expliquer que si les conditions météorologiques étaient mauvaises, il fallait annuler et reprendre une autorisation. L'autorisation déposée au mois d'octobre a été accordée pour le printemps suivant...

Parallèlement une autorisation a été déposée auprès de la société d'exploitation des transports en commun qui a rapidement donné son feu vert.

7. C R I T È R E S

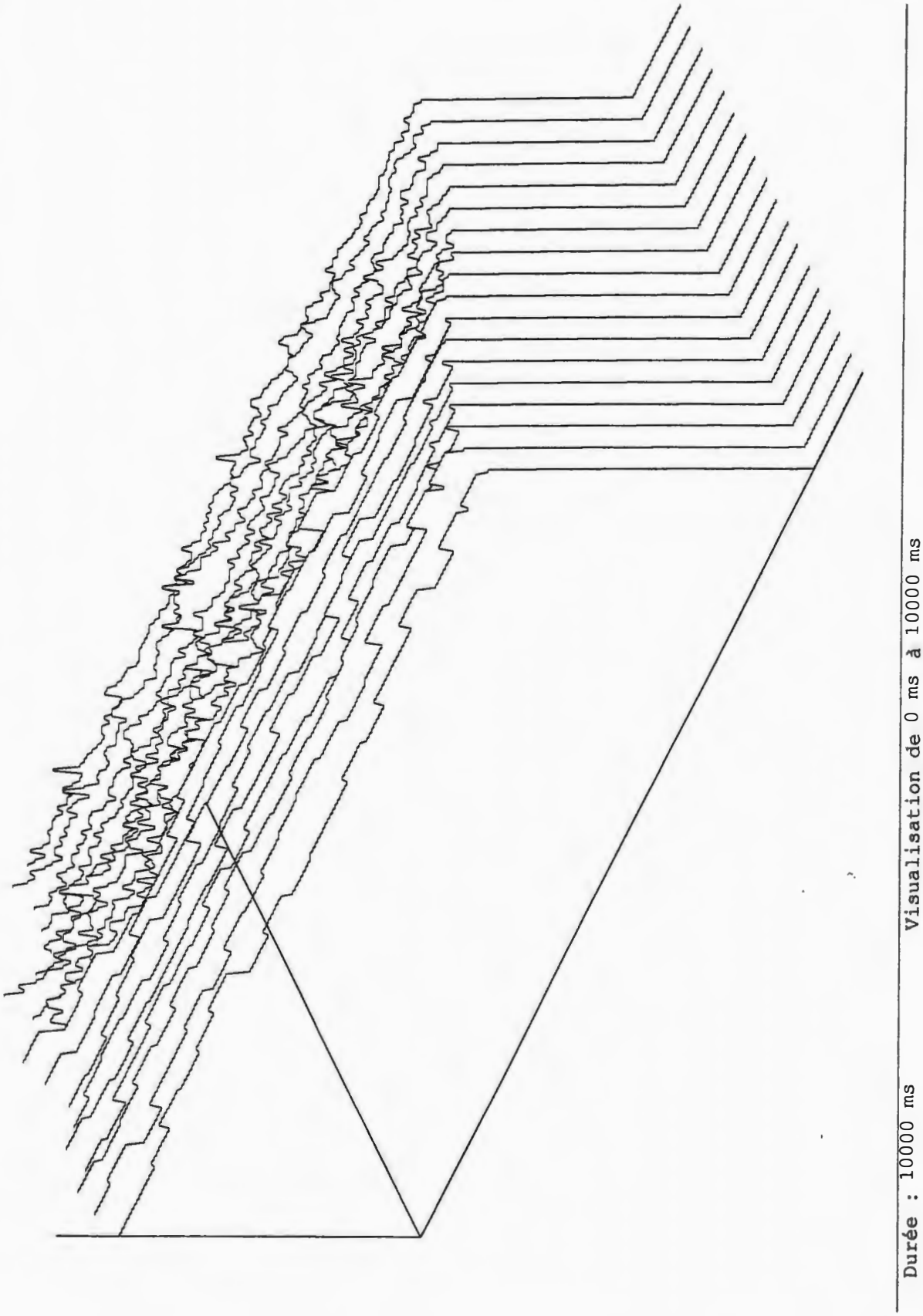
Les problèmes rencontrés dans la partie sociologique de la recherche n'ont pas permis de croiser les données pour proposer des critères physiques applicables aux enregistrements pour repérer les effets sonores. Les outils logiciels du type OPALE d'OROS[13] n'étaient cependant pas disponibles au laboratoire et il aurait fallu faire appel à des spécialistes extérieurs.

Quel critère proposer pour repérer l'effet de coupure fréquentielle du bruit des talons, présenté sur le graphique 1.21 ? Notre proposition irait vers l'utilisation d'une mémoire permanente des dernières millisecondes du signal. Sur cette mémoire s'appliqueraient des filtres représentatifs des effets sonores. Un premier, tout simple, décèlerait toute variation importante du signal, tout en étant capable de se synchroniser sur tout mouvement rythmé. Mais déjà, passer d'un signal arythmique à un signal rythmé, c'est créer un effet !

Pour d'autres effets, les critères seraient plus faciles à repérer. Sur la représentation de l'effet d'ubiquité présenté page suivante, il est probable qu'un critère décelant l'absence de variation des niveaux sonores dans des proportions à définir et dans toutes les bandes de fréquence permettrait de repérer l'effet d'ubiquité. Ce critère ne serait peut-être pas suffisant dans la mesure où tout bruit stationnaire pourrait être assimilé à cet effet.

13 - OROS, chemin des Prés, 38240 MEYLAN.

Graphique 1.21



8. CONCLUSION

Les effets sonores sont analysables et représentables mais le matériel utilisé au CRESSON a une précision insuffisante pour continuer les études.

La méthodologie de l'enregistrement in-situ proposé, à cinq variables, ne demande pas d'appareillage nouveau mais seulement une bonne technique de prise de son que l'on trouve chez les preneurs de son cinéma par exemple.

En ce qui concerne les mesurages, il n'est pas sûr que les instruments disponibles soient suffisamment précis pour réaliser les mesures dont on a besoin. Il sera utile d'améliorer leur rapport signal sur bruit pour effectuer des mesures dans des espaces où le public est nécessaire pour repérer les effets.

Si les critères utilisés dans cette étude, issus de l'acoustique des salles, semblaient intéressants, il n'a pas été possible d'établir des liens entre les effets sonores et ces critères. Il n'y a pas, en effet, de définition physique toute prête pour beaucoup d'effets sonores.

C'est donc à cette première tâche qu'il nous semble utile d'oeuvrer maintenant pour commencer à relier effets sonores et mesures physiques. Toutefois, une inconnue reste de taille. Comment pouvons-nous chiffrer " l'importance " d'un effet dans une écoute flottante ? Comment notre conscient a-t-il mémorisé et noté tel ou tel effet comme " important " que ce soit en termes de valeur, de sécurité, etc... ? De plus, cette échelle peut être remise en cause par une sensibilité liée à ce que l'on vient de vivre quelque temps ou quelques heures avant.

2 APPROCHE SOCIOLOGIQUE

0. INTRODUCTION

Pour n'être pas centrale dans les objectifs de la recherche, l'approche sociologique proposait, dans le projet, de mener une enquête auprès des usagers des sites retenus et, dans la suite de la recherche, de croiser les résultats sociologiques avec les autres. La première enquête devait participer à la constitution des critères de chaque effet retenu. La seconde devait contribuer à la définition de configurations morpho-acoustiques remarquables, étant entendu que la part des caractères sociologiques ne pouvait pas concerner le détail événementiel des usages non nécessairement reproductibles mais la mise en valeur de fonctions sociales générales.

Ainsi, le mélange d'effet de métabole et d'effet cocktail, sur le plateau Beaubourg du Centre Pompidou est caractérisé par quelques fonctions sociales telles que : une large accessibilité publique, le battelage toléré ou presque institué, la rencontre d'une population touristique et d'une population du quart-monde. Dans l'archétype sonore de cet "effet sonore Beaubourg" clairement caractérisable, le caractère de musique amérindienne ou, au contraire, celui des cris des batteleurs et cracheurs de feu, ne peuvent être considérés comme des dominantes stables mais comme des composantes fluctuantes, parfois dominantes (Chelkoff, 1988).

Malgré ces prudentes restrictions dans les ambitions initiales, on verra dans notre compte-rendu, que l'approche sociologique a connu d'importantes divergences par rapport aux attendus du projet. Une série de problèmes liés au caractère climatique, au statut des espaces observés et, surtout, aux obstacles méthodologiques sont venus confirmer notre souci de nous cantonner à l'étude de faisabilité. Les protocoles des enquêtes ont connu chaque fois d'importantes reprises et toujours des restrictions dans les items retenus et les conditions de passation.

Soucieux de rendre compte des informations intéressantes recueillies, le compte-rendu qui va suivre indiquera aussi avec précision les procédures suivies, les difficultés rencontrées, les changements de cap et l'analyse des écueils à éviter dans une recherche de ce type.

Rappelons enfin que, selon les hypothèses méthodologiques initiales, le choix des terrains d'enquête sociologique et celui des critères à vérifier obéit à la "commande"

acoustique et morphologique. On verra au cours de nos analyses critiques que le principal obstacle méthodologique tient justement à ce présupposé.

1. ELABORATION ET PREMIER TEST DE L'ENQUÊTE SOCIOLOGIQUE

Il s'agissait dans cette phase de repérer la perception des effets sonores chez les usagers des lieux sur lesquels porte l'expérimentation.

1.1 Elaboration de la première enquête.

Le premier questionnaire a suivi le parti d'aller du général au particulier. Avant d'aborder les détails, il était important de demander aux enquêtés de découper la zone urbaine étudiée en gros blocs de sonorités homogènes. Les questions ont donc tourné autour de ces thèmes : combien voyez-vous de zones homogènes et comment limiteriez et décririez-vous ces zones ?

Pour permettre aux usagers d'indiquer quels effets sonores ils repèrent dans l'espace et le temps, on a eu recours à des synonymes communs ou de périphrases de dénomination des effets. S'il est possible de parler de réverbération, encore que le sens commun parle plus souvent de résonance, il est plus difficile de questionner sur l'effet d'ubiquité ou de métabole.

Pour chaque effet, la première question est donc : " sur notre zone test, avez-vous entendu de la résonance ? Ou une chute brutale de son ? (Effet de coupure, etc.). Si oui, où ? Pouvez-vous m'indiquer le ou les lieux ? "

Par chaque effet, il fallait ensuite repérer sur une échelle, l'importance de la perception. D'où la question : " Cet effet l'avez-vous entendu peu ou beaucoup ? " Et dans le cas ou l'effet n'a pas été du tout repéré, le questionnaire reprend les interrogations sur *l'effet contraire.* Par exemple, si la réverbération n'a pas été perçue du tout, l'enquêteur saute à la question : " Avez-vous perçu des zones mates, sourdes, ... ? "
Et les autres questions suivent :
- Où ?
- Peu ou beaucoup ?
Au total, cela fait donc 68 questions (car il y a six effets à repérer) auxquelles s'ajoutent les demandes complémentaires (CSP, âge, etc. ...).
On trouvera en annexe 4.1 un exemplaire de cette première enquête.

1.2 Test de l'enquête.

Le test de la première enquête a commencé mi novembre. La première zone urbaine sur laquelle a porté le test de l'enquête est à Grenoble et s'étend de la place Victor Hugo à la place Félix Poulat, en plein centre ville.

La place Victor Hugo est une place carrée de 125 m de côté, bordée d'immeubles de style Haussmannien, R + 4, plus mansardes.
La place Félix Poulat est une place beaucoup plus ancienne, de forme plus complexe mais également bordée d'immeubles du XIXe siècle comme sur l'autre place.

Ces deux places où il n'y a pratiquement pas de circulation automobile, en dehors des tramways, sont séparées par un boulevard à quatre voies de circulation, trois voies toutes circulations dans un sens et une voie pour les transports en commun à contresens. La circulation est importante et pulsée par les feux qui ne servent qu'à laisser passer les piétons et les tramways. De ce fait, le niveau sonore dû à la circulation suit une loi périodique avec une forte amplitude.

L'enquête porte sur un *trajet* qui va approximativement du milieu d'une place au milieu de l'autre. Ce trajet a été choisi parce qu'il est effectué par un nombre important de piétons.

L'enquête a été réalisée à l'une ou l'autre extrémité du trajet sur des personnes venant d'effectuer le parcours. Dans un premier temps, la population testée était donc celle des passants à l'exclusion de tous les résidents ou flâneurs des places. Aussi, un premier problème méthodologique fut rapidement aperçu : les enquêtés qui fréquentent journellement ce trajet occultent totalement de leur mémoire les objets sonores qui marquent leur trajet. La mémoire immédiate est relativement pauvre et seuls des événements extraordinaires sont mémorisés : ambulance, klaxon, manège (présent pendant les fêtes de Noël), etc. ...

Un deuxième obstacle d'ordre météorologique est intervenu. L'enquête ayant commencé mi-novembre, le thermomètre passant en dessous de dix degrés Celsius puis de zéro, les passants n'avaient plus tellement envie de consacrer un quart d'heure à répondre à un questionnaire. Les premières passations ont donc donné très peu de résultats et ne sont pas considérées comme opérantes.

Compte-tenu des mauvaises conditions météorologiques on ne compte donc que douze enquêtes ayant permis de recueillir des réponses (mi-novembre à fin mars).

1.3 Première analyse méthodologique.

1.3.1 *Critique de l'enquête testée.*

. Effets sonores et bruit.
Toute enquête environnementale sur le sonore a souvent tendance à se réduire

pour les enquêtés à un questionnement sur le bruit. Pourtant cet obstacle voulait être évité et le mot "bruit" n'a pas été employé dans l'enquête. Le découpage en deux zones par les enquêtés correspond cependant bien aux niveaux sonores.

. Dynamique des effets sonores.
Plusieurs effets sonores sont créés par un déplacement : coupure observée en tournant un coin de rue, filtrage d'une porte d'entrée d'immeuble qui se referme, etc. ... L'enquête ne pouvait donc porter sur un lieu statique et a été opérée comme décrit ci-dessus.
Mais le fait d'enquêter à l'extrémité du trajet pose plusieurs questions.

. Mémoire immédiate et attention sonore.
Tout d'abord, comme indiqué plus haut, le passant des villes n'exerce pas une écoute attentive de tous les stimuli sonores qui lui parviennent et aucune mémorisation n'en est faite.
D'autre part, ce trajet étant habituel pour les interviewés, le phénomène est encore renforcé et l'enquêté répond en faisant appel à une sorte de mémoire moyenne de ses trajets quotidiens.
Enfin, à court de mémoire et de sensations sonores, l'enquêté a tendance à répondre en valorisant le point d'écoute présent, avec une difficulté à délocaliser des phénomènes sonores et à les comparer aisément à d'autres non présents. L'objet de l'entretien se déplace alors et devient le lieu précis où se déroule l'enquête.

1.3.2 *Principes pour la seconde enquête.*

. Réduire les objets de référence.
Si dans un premier temps, le nombre de questions posées pour chaque effet peut être réduit, cette solution appauvrit rapidement l'enquête qui perd une grande partie de son intérêt. Il ne s'agit plus que de demander aux enquêtés de localiser les effets sonores sur leur trajet. Aussi, l'alternative consistait à renoncer à couvrir les six effets retenus dans le cas d'une même interview et à ne consacrer à chaque enquêté que deux effets.

La liste des binômes d'effets est constituée en associant deux effets appartenant à des classes différentes (cf. Augoyard et alii. Environnement sonore et communication interpersonnelle, Cresson, 1995 p. 39). Un des effets lié à l'organisation perceptive (métabole et ubiquité), plus difficile à présenter, est obligatoirement associé avec un effet élémentaire (réverbération ou filtrage) ou de composition sonore (filtrage ou masque).

. Sensibiliser le passant.

Il est nécessaire de pouvoir mettre le passant en éveil avant l'enquête en le faisant passer d'une écoute banale à une écoute interactive.

Une première solution consiste à utiliser le volontariat. L'équipe de recherche

installe un local provisoire sur les lieux observés et l'équipe d'une banderole annonçant l'enquête. Après une présentation et une sensibilisation aux effets, identiques à celles du premier questionnaire, il serait demandé à chaque volontaire d'effectuer le trajet indiqué puis de venir répondre aux questions qui lui seraient posées dans le local. Cette solution originale est cependant coûteuse en location, lourde administrativement (autorisation de voirie, etc. ...) et présente une certaine sélection des interviewés par le volontariat.

La seconde proposition est une variante de la précédente. L'enquête est toujours conduite en deux parties, mais sur des passants qui sont questionnés en deux endroits différents. Dans un premier temps, alors qu'ils s'apprêtent à effectuer le trajet, on leur présente l'enquête, puis les deux effets, en détail. Il leur est demandé de repérer ces effets sur le trajet qu'ils vont accomplir suivis de l'enquêteur silencieux. Arrivé au terme du trajet, l'enquêteur développe le questionnaire. C'est cette deuxième méthode qui fut développée.

Comme on le voit, l'aspect dynamique des effets sonores complique singulièrement le travail d'enquête mais l'analyse de l'environnement urbain sonore ne peut être limité à la seule étude statique du paysage sonore. La position de l'observateur statique n'est d'ailleurs que le cas particulier du passant qui s'arrête (vitesse de déplacement nulle).

La méthode des parcours commentés qui a été mise sur pied récemment au Cresson (1994) aurait été la bonne réponse à ces problèmes méthodologiques.

2. ENQUÊTE EXTENSIVE SUR L'ENSEMBLE DES TERRAINS TESTÉS

2.1 Organisation de l'enquête.

a) La reprise de l'enquête s'est faite à partir d'un questionnaire élaboré autour de la notion "d'ambiance sonore".
b) Il a ensuite été dressé un questionnaire pour six effets qui ont été considérés comme les plus représentatifs des terrains étudiés. Il s'agissait des effets de métabole, de masque, de coupure, de filtrage, d'ubiquité et de réverbération.
c) Enfin, la procédure retenue a été celle de ne faire, dans chaque enquête, allusion qu'à un seul effet. Cette procédure n'est pas exempte de tout reproche (cf. à ce sujet notre mise en examen critique des procédures). C'est néanmoins à partir de celle-ci qu'ont pu être proposés certains résultats.

Les conditions de passation des questionnaires et la logique interne qui a présidé à leur élaboration découlent des remarques critiques faites à la fin de la première phase d'enquête. A savoir : nous avons pour but de repérer la perception des effets

sonores chez les usagers des lieux sur lesquels porte l'expérimentation. Nous voulions savoir si des zones homogènes étaient distinguées lors d'un parcours, si tel effet était reconnu ou pas, où, avec quelle intensité. Les tests ont eu lieu sur des espaces très contrastés qui constituent des articulations entre plusieurs champs urbanistiques très différents : circulation automobile intense versus interdit, constructions modernes versus anciennes, constructions denses ou absentes, lieux plutôt destinés au passage ou au stationnement. Dans ces zones, en effectuant un trajet, on passe à travers les différents éléments qui composent les contrastes. L'enquête est effectuée en nombre égal pour chaque extrémité du trajet.

Ces nouveaux questionnaires figurent en annexe 4.2.

2.2 Les résultats remarquables.

Pour les raisons que nous analyserons plus loin, les résultats ne sont pas homogènes dans la comparaison des terrains. Nous proposons d'illustrer une série de descripteurs utiles, par les terrains où les phénomènes observés sont émergents dans la perception des usagers. L'absence de certains terrains indique qu'aucune perception signifiante n'a émergé sur le descripteur en question.

2.2.1 *Les déterminations spatiales. Le paradigme de "Hoche".*

C'est sur le terrain n°2 (Quartier Hoche), que l'espace bâti est l'attracteur principal: les effets sonores sont liés fortement aux formes de l'espace construit.

La perception sonore est facilitée (hors tout phénomène d'induction) par la configuration spatio-matérielle du terrain. Celui-ci apparaît comme un espace clos qui s'organise autours de quelques points névralgiques (la fontaine, les Grands Boulevards, qui concrétisent, qui ancrent un point de départ et l'Avenue A. Sembat comme horizon, comme perspective).

Ainsi se dessine un schéma ordonnancé sur lequel peut s'articuler la perception :
1) le point de départ (Boulevards) délimite strictement, telle une barrière, un point à partir duquel l'attention se met en branle.
2) la fontaine, à mi-parcours, joue un rôle de point de repère où l'enquêté peut éventuellement réorganiser sa perception.
3) l'avenue A. Sembat signifie "nettement" la fin du parcours, la perspective atteinte où l'attention peut se relâcher.

En tant qu'horizon, cette dernière portion d'espace, qui joue le rôle de point précis, permet l'anticipation.

La configuration en cercle et ces divers points de repères, permettent une perception confiante, des anticipations, des retours en arrière. L'enquêté retrouve toujours des équivalences entre l'espace entendu et l'espace vu. Étrangement, c'est dans cet espace très délimité, circonférencé, riche en possibles repérages, que les

perceptions sont les plus différenciées. Les effets sonores sont souvent repérés, jamais aux mêmes endroits, jamais avec la même intensité, jamais avec la même permanence ou la même présence. La présence de ces traces spatiales/visuelles très marquantes et la possibilité des ces équivalences spatio-sonores annonce une perception plus relâchée, plus osée, plus aventureuse. Et ceci est d'autant plus remarquable, que sur ce terrain ont été interrogés des étudiants de troisième cycle familiarisés aux problématiques du sonore.

2.2.2 *La prise de parole. Paradigme : les réactions des étudiants sur Hoche.*

Au delà de la perception, connaissance-reconnaissance, il y a le problème de la "*façon de dire* "[1] , la relation chose-parole donc, qui, informulée, peut paraître comme non-perçue. Le langage est donc un paramètre primordial de l'investigation. Ce dont il s'agit pour les enquêtés, c'est de rattacher une expérience singulière à une compétence langagière plus vaste, englobante. Le problème est de trouver des équivalences, à défaut d'un réel lexique sonore. L'expérience sonore doit alors être formulée par des analogies de trois sortes :

a/ situationnelles.
b/ liées à l'effet même (intellection).
c/ liées à sa formulation.

Bien évidemment, la (re)formulation analogique pose la question de l'irréductibilité de l'expérience sonore.

Quand on interroge les étudiants du D.E.A "Ambiances architecturales", ce qui frappe, c'est leur envie de parler de ce qui est marquant dans ce qu'ils perçoivent et pas forcément de parler sur l'éventuel repérage de l'effet sonore. Les étudiants semblent gênés par la contrainte et par la pauvreté des questions qui ne leur laissent pas le loisir de rendre compte de leurs perceptions.

Cette "envie de parler" doit bien évidemment être mise en relation avec la "situation sociale" de la population enquêtée qui adopte immédiatement face à ce type de questionnement et de problématique une posture réaliste qui est loin d'être la posture la plus répandue parmi la population enquêtée. Bien entendu, un tel état de choses a les défauts de ses qualités. Défaut majeur : celui de ne pas traiter de ce dont il est question stricto sensu : le repérage ou non, selon certaines modalités, de tel effet sonore. A l'opposé, on dispose toujours, avec ce type de population, d'informations sur le sonore, quelles qu'elles soient, même si, force est de le constater, les informations que l'on possède dépassent souvent le cadre de l'enquête : de nombreux propos traitent de la perception sonore du parcours en général, avec un emploi intensif de concepts issus du registre du sonore.

---

1 - Yvonne Verdier, "Façon de dire, façons de faire", Ed. Gallimard, 1979.

J-F. Augoyard, " Pas à pas ", Paris, Le seuil, 1979.

M. De Certeau, " L'invention du quotidien ", Paris, le Seuil, 1981.

On pourrait dire que pour les étudiants qui adoptent la posture savante, analysée plus loin, l'effet sonore joue le même rôle que l'ambiance sonore pour l'enquêté "ordinaire". En effet, de par leur position particulière dans l'espace social, les étudiants objectivent naturellement (position contradictoire pour l'homme de la rue) leur environnement sonore, dont l'effet sonore est une composante ni plus ni moins problématique qu'une autre. Il fait partie de leur stock social de connaissances. Interpréter une telle propension à l'épanchement verbal n'est pas réellement ici de notre ressort. On peut toutefois avancer à titre d'hypothèse que ce désir peut provenir d'une tendance à vouloir faire coïncider connaissance et perception.

Notons encore, dans le cas des étudiants, des faits qui corroborent nos premiers résultats, à savoir la surdétermination spatiale, dont il semble impossible de faire abstraction en ce qui concerne la perception du sonore, "... Les qualités sonores du terrain sont trop évidentes in situ...". Dans cette optique de surdétermination spatiale, et de "tendance à l'épanchement" signalons, sans surprise, que le recours à l'induction est inutile concernant les étudiants interviewés.

2.2.3 *La ville comme " identité sonore "*[2] *: (V. Hugo, Hoche, quartier des Clercs).*

On note, dans toutes les enquêtes, un refus de s'exprimer sur ce qui dépasserait l'expérience immédiate pour qui n'est pas un habitant du lieu. En être ou pas devient une alternative cruciale. Encore une fois, on peut mettre en avant la prépondérance culturelle de la dimension du lieu. Celui qui n'est pas "du coin" se place dans une position d'étranger qui est aussi une position de neutralité, certes paradoxale, puisque devant s'affirmer comme telle. Se déploie donc une grammaire topologique, d'autant plus efficiente qu'elle est localisée (la position optimale étant celle d'une capacité à se prononcer sur ses origines). Elle tient lieu de grammaire sonore. La prise de parole se doit d'être avant tout une prise de territoire. Tout au plus, tel espace grenoblois évoque-t-il *une petite rue à Alger* avec le flou que comporte toute évocation.

Cette retenue a quelque chose de troublant concernant la "dimension" du sonore. Plus difficile à objectiver, c'est à dire à rendre présente, à concrétiser, celle-ci devrait permettre plus d'audace. Or, tous les enquêtés étrangers à Grenoble adoptent une position de neutralité remarquable concernant les facteurs spatio-visuels pourtant susceptibles d'être aisément confirmés concrètement. Une fois encore les déterminations culturelles dominantes empiètent sur des domaines moins balisés. Les phénomènes du sonore engagent moins la "maîtrise du monde", sinon sur un mode plus prestigieux, plus symbolique comme la musique.

Ceci nous conduit à insister sur la relativité sociale de la part culturelle de l'effet sonore.

---

2 - P.Amphoux, "Aux écoutes de la ville, 1991, p.61

2.2.4 *L'objectivation (V. Hugo).*

L'effet sonore tel qu'instrumenté dans notre enquête réactive place l'acteur social dans une position particulière :
- celle de l'entendeur,
- celle d'un entendeur dont l'environnement n'est plus " naturel " mais objectivé[3] par l'interrogation que suscite (ou devrait susciter) l'enquête.

Rien n'est plus difficile pour l'enquêté que de faire de son environnement quotidien un problème, une interrogation. Le vécu, le corps, l'environnement s'amalgament dans l'expérience de la quotidienneté. Ils sont naturels et n'accèdent pas sans mal à la culture, la mise en forme ou la mise en sens.

Pour parvenir à la "conscience", puis à une expression de la perception, l'environnement sonore, l'ambiance sonore, les effets sonores... doivent se doter d'une matérialité qui concrétise. Ils doivent se manifester dans des objets. D'où un recours immédiat et comme inconscient, poussé par les automatismes sociaux, à une grammaire sensible axée exclusivement autour du pôle espace-visuel qui organise les perceptions, les représentations et les expressions.

Cette position "naturelle" de non objectivation est uniquement remarquable, concernant l'enquête, dans la population profane, c'est à dire chez les non étudiants.

2.2.5 *L'effet sonore comme métaphore (V. Hugo, Hoche, quartier des Clercs).*

La figure métaphorique présuppose l'existence d'un sens vrai d'un mot, et l'existence d'autres sens détachés de la réalité première. La métaphore est le trope qui utilise les sens détachés sans lien de contiguïté à l'exclusion du premier, tout en le gardant en référence. A chaque utilisateur correspond un sens de l'effet sonore, nous l'avons déjà dit. Cette polysémie devient métaphore pour le sociologue, au moment où nous posons comme sens premier et vrai de l'effet sonore, sa relativité culturelle. L'effet sonore comme concept sociologique dans son rapport aux applications empiriques de l'acousticien, du passant, etc... doit être considéré comme un système métaphorique.

Une métaphore n'est pas qu'une comparaison raccourcie où deux termes se substituent l'un à l'autre, le moyen terme étant caché, rendu absent. Elle dessine et définit un espace, celui du texte, où se jouent les transpositions qu'elle effectue. La métaphore est une modélisation, c'est-à-dire modification et construction des données, passage obligé de l'analyse. Elle peut être utilisée dans un but illustratif, didactique ou heuristique, argumentatif, ou, enfin, emblématique. La métaphore reste la même dans sa structure, les différences sont d'ordre fonctionnel.

---

3 - Ibid, p.62

Chaque interviewé a donc son propre rapport à l'effet sonore : l'étudiant est un technicien. Le concept d'effet sonore est "naturellement", a priori, un concept scientifique. Nous pourrions même dire qu'il ne pourrait en être autrement. Le corollaire d'une telle attitude est qu'il suppose celle-ci de la part de l'enquêteur. La situation de base de l'enquête est donc un consensus mutuellement supposé.

2.2.6 *Sur l'effet de métabole (paradigme de la place V. Hugo).*

Un point semble revenir tout au long des entretiens, à savoir, la question des conditions du son (provenance, génération, environnement...). Ces dernières semblent plus importantes que la "qualité" sonore elle-même[4] . Comme si la source avait besoin d'être repérée avant le son. L'identification de l'effet sonore est en quelque sorte légitimée par le repérage de la source. C'est le mécanisme de l'écoute indicielle.

Ceci pourrait expliquer la prépondérance dans les représentations de la notion de bruit sur celle de son, renvoyant plus à une incidence sonore qu'à une ambiance sonore et, par ailleurs, la plus grande difficulté à repérer et à rendre conceptuellement intelligible les effets sonores de masse (métabole, ubiquité).

Plus précisément, les enquêtés sont plus sensibles à la première partie de la brève définition de l'effet sonore qu'ils doivent repérer : "*les lieux* où vous entendrez plein de sons mélangés, qui forment une grande masse sonore", qu'à la seconde à laquelle ils paraissent identifier l'effet : "mais finalement si vous vous concentrez, vous pouvez les distinguer les uns des autres... ".

Les enquêtés paraissent moins sensibles à l'environnement sonore, au mélange, qu'à la possibilité de distinguer les sons les uns des autres et surtout à spatialiser leur perception. Le fond, au moment du repérage de la figure, ne semble plus le support structurel de celle-ci. La "variation temporelle" de l'environnement sonore pourrait expliquer l'importance de la figure qui constitue le repère spatio-matériel contrebalançant l'évanescence temporelle.

De plus, nous remarquons que, chez les enquêtés la baisse de volume de l'environnement sonore est souvent synonyme de baisse, voire d'absence d'effet sonore.

Enfin, à la limite, alors qu'on voit ce que l'on voit, on n'entend pas ce qu'on entend, mais on entend ce qu'on perçoit mentalement et mnésiquement " :.. *j'arrive pas à imaginer...* "dit alors l'enquêté (entretien réalisé entre la place V. Hugo et l'avenue F. Poulat). La connaissance éclipse, sinon épuise la reconnaissance. Il y a impossibilité à qualifier un son (ou à identifier un effet sonore), déconnecté de sa source d'émission. On mesure ici le poids des représentations et la place de la culture qui réduit le sensible à l'espace et au visuel.

---

4 - La référence fait partie de l'effet sonore, mais on n'en tient pas compte.

2.2.7 *Sur l'effet d'ubiquité : la phase interrogative (V. Hugo, Hoche, quartier des Clercs).*

Ce qui semble ressortir des entretiens sur l'effet d'ubiquité, procède de deux sphères bien distinctes. D'abord, c'est un effet qui, tel qu'il est testé, peut être considéré comme un objet. Un objet sonore qui peut être inscrit dans un espace physique, mais qui prime sur cet espace en cela qu'il ne lui est pas lié brutalement (glissement) alors que le son lui-même est perçu, pour les cas observés, avec un départ net (= le début de la zone où l'effet est repéré). D'autre part, inscrit dans une zone plus que déterminé par elle, l'effet d'ubiquité semble faire appel à la reconnaissance de la source (phénomène identique que celui observé pour l'effet de métabole). Le problème qui se pose alors pour l'enquêté n'est plus qu'un problème de localisation (spatialisation, visualisation).

Il ressort que ces effets sonores diffus seraient des objets plus sociaux que physiques, puisque bien qu'ils soient contextuels et ponctuels, ils nécessitent un décodage culturel. Effet-objet, spatio-temporel, l'effet d'ubiquité est déterminé avant tout par une interrogation : soit il s'agit de quelque chose que l'on connaît et dont on se demande d'où cela vient, soit il s'agit de quelque chose que l'on ne connaît pas et que l'on voudrait identifier par la localisation de la source. Notons ici que cette procédure existe pour les autres effets, mais de façon moins explicite et repérable. C'est cette interrogation qui prime à la fois sur l'objet et sur le contexte.

Les entretiens montrent que la nature du phénomène est atteinte par sa dimension sociale et culturelle incluse dans l'interrogation. La chaîne est la suivante.

Ubiquité : Contexte physique / Son / **Interrogation** / Reconnaissance de l'effet.

Cette phase d'interrogation est plus aisément observable pour les effets de grande diffusion. Elle correspond à la tentative d'identification de la source sonore et vient confirmer l'importance de certains paramètres culturels et, en leurs seins, du primat du visuel et de l'espace (surtout concernant les effets sonores les moins familiers). Soit l'interrogation-identification est dans la reconnaissance de l'effet, soit elle est dans l'effet lui-même.

CONCLUSION : sociologiquement, l'enquête extensive s'avère peu porteuse de conclusions remarquables. Celles que nous avons tirées concernent plus les caractéristiques sociales des enquêtes (leurs positions objectives et symboliques dans l'espace social) et les répercussions de celles-ci sur la perception sonore en général que sur l'effet sonore en particulier.
Ces quelques remarques de sociologie de la réception ordonnent le plan de travail plus que les trois terrains d'enquêtes qui ne sont pas fédérateurs des perceptions de l'effet sonore, hormis pour la ville comme "identité sonore". Ils fonctionnent plus comme espaces neutres dans ou sur lesquels s'exercent des perceptions plus ou moins spécialisées.
L'hétérogénéité des perceptions sur des terrains identiques conduit à s'interroger sur la pertinence des procédures de l'enquête sociologique et sur les limites de cette dernière.

3. DISCUSSION MÉTHODOLOGIQUE

3.1 Critiques des procédures de l'enquête sociologique.

3.1.1 *Un questionnaire pour 6 effets.*

Hormis le fait qu'elle surexpose les problèmes de mémorisation et outre le fait que le mixte des six effets introduit une inévitable confusion dans l'esprit des enquêtés, cette approche prend appui sur une conception originelle essentiellement spécialisée ou théorique a priori de l'enquête. Elle confronte le quidam à la complexité du concept d'effet sonore et à la multiplicité des représentations et des perceptions.

Nous pouvons déceler l'attitude de l'enquêté qui tente de ramener la diversité à un principe générique : l'effet sonore. A cette attitude, nous pouvons opposer la posture savante pour qui l'effet sonore est, en tant que tel, un principe de réalité auquel peut se rapporter la diversité sonore.

3.1.2 *L'ambiance sonore.*

Les questionnaires traitant de l'ambiance sonore, seconds outils dans l'historique de l'enquête, révèlent une ambiguïté qui est le fruit des deux démarches ci-dessus évoquées. Ils apparaissent riches par le concept même d'ambiance sonore, mais cette richesse doit plus aux représentations et au traitement savant de ce concept qu'au dispositif méthodologique lui-même.

" L'ambiance constitue l'environnement immédiat qui signe le lieu. Elle se situe entre l'écouté et l'entendu "[5] .·A l'inverse du fond sonore on peut l'entendre sans l'écouter, mais on ne peut l'écouter sans entendre la tonalité d'ensemble qui la caractérise. Elle offre toujours quelque chose à la perception. Pour reprendre les termes de P. Amphoux, "...Temporellement elle est caractérisée par sa dynamique...; c'est autant l'émergence relative des sons que la mobilité, le déplacement, le rythme ou les alternances de ces unités sonores en un ensemble cohésif qui créent l'ambiance sonore du lieu" (p. 61.) En ce sens, l'effet sonore est plus proche de l'acte d'écouter et ressortit donc plus à une modalité de l'intention. En employant les termes de la sociologie de la connaissance[6] on pourrait dire que l'ambiance sonore fait partie intégrante du monde et de la "réalité" (sonore) entendus au sens de ce qu'on ne peut souhaiter ni vouloir, alors que l'effet sonore nécessite un acte de (re)construction, est le produit d'un acte de préhension d'un "je-ne-sais -quoi" qui n'est pas la réalité telle qu'on l'a définie.

---

5 - P. Amphoux , "Aux écoutes de la ville", 1991, p. 61.

6 - Peter Berger & Thomas Luckmann, "La construction sociale de la réalité", Méridiens Klinsieck, Paris 1989, p. 7.

3.2 Critique de la méthode quantitative.

Plus que les résultats eux-mêmes la recherche a permis de mettre en lumière certains écueils méthodologiques qu'il apparaît urgent de prendre en compte.

3.2.1 *Le questionnaire sur un seul effet.*

Bien qu'elle ne soit pas exempte de tous reproches, l'enquête sur un seul effet semble, au regard des autres approches, la mieux appropriée à notre objet. Si elle ne résout pas les tendances théoriques a priori (posture savante, apparition du concept d'effet sonore comme indicateur sociologique dans le processus d'enquête) qui guident la définition de l'effet sonore, elle a le mérite de réduire considérablement les problèmes de mémorisation. La confusion, évoquée précédemment entre définition du concept d'effet sonore et les définitions, même sommaires, des différents effets s'estompe de fait, d'autant plus qu'on réduit le nombre d'effets à repérer.

L'enquête révèle que chaque terrain appelle sa méthode pour rendre compte le plus précisément possible des effets sonores. On est amené à pratiquer un "bricolage méthodologique" afin d'adapter sans cesse le terrain aux interrogations, aux perceptions, aux présupposés. La rigueur des résultats de l'enquête dépend paradoxalement de la plus grande fluidité des procédures. L'idéal serait une procédure qui accomplirait un accompagnement, qui serait une justification des réactions des enquêtés sur leur perception de l'effet sonore. Cette justification (interrogation, rectification, ajustement. . .) consisterait en une mise en parole instaurant une relation entre l'enquêteur et l'enquêté sur le ou les moments de la perception durant le parcours [7].

Ainsi, la complexité de la configuration des terrains oblige de donner des repères aux enquêtés afin qu'ils puissent organiser leur perception. Ce faisant, on pervertit l'enquête en surdéterminant les facteurs spatiaux dans le processus d'induction. Il est à noter que cette surdétermination spatiale n'est pas exclusivement induite sur des terrains complexes, mais également sur des terrains peu attractifs, dans lesquels il y a peu de repères.

3.2.2 *Présupposés.*

La méthode quantitative confronte des informations avec des présupposés qui dépassent le cadre de la construction conceptuelle pour tester des hypothèses. En ce sens, la méthode préjuge de ses résultats en fonction de ses présupposés.

Une telle approche parait en antagonisme avec les tenants d'une anthropologie du sonore. La testologie cherche à savoir s'il existe "des outils qualitatifs spécifiquement adaptés à l'analyse de l'environnement sonore" et leur "variabilité opéra-

7 - Cette méthode a été inventée et testée dernièrement, en 1994-95 au CRESSON.

tionnelle". On peut opposer en ce sens un test d'opérationalité des concepts à un test d'avalisation de visions du monde. La testologie ne présuppose aucun résultat, sinon qu'il est possible, en utilisant le concept d'effet sonore (dans une optique pluridisciplinaire) de qualifier le monde sonore et d'en prédire certaines dispositions.

On pourrait tenter de résumer l'opposition entre quantitatif et qualitatif en disant que, pour les tenants d'une méthode quantitative, le monde est un donné. Il est alors question de tester une (in)adéquation. Pour les tenants d'une méthode plus qualitative, le monde est à construire, à qualifier et l'effet sonore est un outil du test, un présupposé conceptuel.

Loin de nous, bien évidemment, l'idée d'opposer méthode quantitative et méthode qualitative, le pont aux ânes des sciences humaines qui permet l'économie d'une réflexion sur l'objet même. Une méthode n'existe pas indépendamment de son objet. Tout comme nous ne voulons donner à penser qu'en l'occasion la méthode qualitative est la panacée. Nous voudrions mettre en avant ce qu'impliquent de telles approches appliquées à notre objet et quelles sont leurs limites mutuelles.

L'effet sonore reste une notion scientifique qui fait ressortir la composante de la représentation sociale et de la dimension culturelle. Face à cette situation on peut définir des "espace/effets" auxquels on confronte la perception (perception/espace morpho-acoustique). On se livre alors à une évaluation quantitative qui homogénéise les concepts et la perception. On doit repérer les espaces où l'effet est présent et on invalide ou non les réponses selon les repérages spatiaux des effets. Ainsi on laisse échapper la spécificité de la perception au profit de la recherche d'adéquation entre la perception et la définition de l'effet. Pour que le procédé soit probant, il faudrait que la perception corrobore les critères de découpage des terrains et des itinéraires et leur qualité sonore en fonction du paradigme d'effet sonore.

On peut, à l'inverse, traiter qualitativement du son afin d'aboutir à une anthropologie du sonore qui fasse de chaque perception sonore une expérience irréductible à toute autre et qui porte en elle-même ses propres principes d'intelligibilité. Parlant des sons entendus, perception équivaut à identification. Soit on étend la définition et on perd la spécificité de l'effet construit scientifiquement. "La théorie va vers l'indétermination et la technologie vers la distinction fonctionnaliste en quoi elle transforme tout et se transforme elle-même." (M. De Certeau, "L'invention du quotidien", Folio, p. 292). Soit on transforme, adapte et donc pervertit la perception de l'effet pour la ramener dans le cadre de la définition originelle.

Aussi, dans cette optique, il n'est pas étonnant que les résultats les plus probants soient obtenus par le traitement de questions ouvertes, de relances. Ici comme dans toute démarche soucieuse de scientificité, on ne part jamais que du "réalisme naïf" (A. Testart). Cette parole restituée permet le rendu de représentations tues dans la démarche même de la question fermée. Elle permet donc une lecture dans les interstices, si l'on peut dire.

La parole restituée est cette opération qui allie à la fois le comprendre et l'expliquer dans une même démarche cognitive. C'est à dire :
- ce que les enquêtés croient comprendre, repérer, disent avoir compris... ;
- ce qu'ils expliquent à ce propos, *la justification* que permet la parole restituée qui est une retransmission immédiate de l'expérience ;
- les informations dont on dispose sur le son ;
- le savoir intégré à ces informations : "règles de l'expérience" (M. Weber), (représentations sonores, spatialisation...), ce qui permet de nous orienter dans l'action et dans la pensée, ce que la sociologie phénoménologique reprend sous les termes de "stock social de connaissances".

Les expressions employées par les enquêtés telles que : "je suppose que...", "habituellement...", "doivent...", "peut-être..." : sont les témoins de ces ressources mobilisées pour asseoir ou compléter une connaissance sociale du son. Elles font l'amalgame entre la conviction et l'imitation.

Cette parole permet la confrontation entre la connaissance et les représentations. Elle tient compte à la fois du nominalisme et rend compte du réalisme. Elle allie le "savoir nomologique" (le savoir intégré à la connaissance du sonore) et le "savoir ontologique" (la connaissance du sonore ou les informations dont on dispose sur le son) pour reprendre une terminologie webérienne.

Enfin, l'ensemble de ces dispositions est filtré par le "palimpseste mnésique" : ce dont on se souvient, que l'on sait, qui nous est apparu le plus récemment. En ce sens, l'expression de la perception sonore est un mixte de reconnaissance sonore " hic et nunc " et de connaissances sociales.

3.2.3 *Contre une définition "substantialiste".*

L'effet sonore est le produit d'une combinatoire dynamique entre des facteurs physiques, "objectifs" et des facteurs socioculturels. L'effet sonore peut s'entendre à la fois comme état (réalisé) et processus, énoncé et énonciation. S'il est objectivé intellectuellement on ne peut néanmoins le traiter comme un objet a priori, devant-être. Nous ne pouvons en avoir une vision finie. Les conséquences d'une telle ambiguïté peuvent dérouter. Afin de conserver cette vision dynamique nous devons tenir pour générale son absence d'universalité absolue. L'effet sonore est au centre d'une théorie paradigmatique.

Combattre une vision "substantialiste" (définir a priori ce qui doit être) ne peut se faire qu'au prix d'un "transfert de substance", ou d'un doute ontologique ou méthodologique (cf. Bachelard : "La philosophie du non"). En tous les cas, postuler une dynamique ce n'est pas remédier au dilemme définitionnel. Le concept d'effet sonore ressortit toujours à un monde à construire, aux représentations, aux constructions sociales et non à un ordre de la seule réalité donnée.

3.2.4 *Sur quelques problèmes rencontrés qui concernent essentiellement le poids des représentations sociales chez les enquêtés.*

Les "règles de l'expérience" (Weber) apparaissent dans les expressions des perceptions sonores : on parle de ce qu'on connaît et c'est ce qui tient lieu de reconnaissance. La "connaissance ordinaire" est une des catégories de ces règles de l'expérience : la représentation ordinaire immédiate du son, c'est le bruit, d'où l'importance accordée par les enquêtés aux *conditions* (sociales entres autres) *de production du son* et en particulier à l'identification de la source sonore.

Comment se concrétisent ces difficultés d'intellection ? Elles sont principalement d'ordre langagier. Il s'agit premièrement d'un problème de définition : c'est un écueil inhérent à la médiation langagière qui interfère entre le sujet et sa propre expérience : *la sujétion langagière de la réalité.*

Deuxièmement, c'est le manque d'une ressource sémantique adéquate autre que l'équivalence spatio-temporelle qui, dans le langage, aussi bien scientifique qu'ordinaire, Bergson[8] l'a bien montré, vise le but pratique de maîtrise du monde et entraîne un abandon pur et simple de la temporalité dans son essence. Alors que l'intelligence spatialise à outrance le réel, l'intuition est seule capable d'appréhender la durée. En fait, la réduction des cadres de l'expérience à l'espace nuit à la perception.

Le code convenu se formule ainsi : pour combler le silence, il y a du son qui s'apparente à la durée réelle, et de la musique ou du son codifié en général, soit par le contrôle de l'émission de la source soit par le contrôle définitionnel du son lui-même. Cette codification est une tentative pour évacuer la dimension temporelle du son (la durée comme création continue, selon Bergson) et créer des repères (spatiaux, langagiers) pour que cesse de nous échapper cette création continue qu'est le son ou le paysage sonore.

Le principe même des enquêtes n'a pu éviter la " contagion spatiale " du langage qui intervient de deux façons :
. par les représentations immédiatement spatialisées du son (repérer l'objet ou le lieu de la source d'émission sonore) ;
. par la prise en compte de celle-ci dans l'élaboration des questionnaires.

Le questionnaire a induit une problématique spatiale, d'où un phénomène inévitable d'induction, d'autant plus forte que le sonore est une catégorie de l'expérience encore très mystérieuse pour le quidam. L'accent mis sur l'espace est une perche que ce dernier ne peut que saisir. Il se produit donc un cercle vicieux doublé d'un effet pervers : l'ignorance sociale concernant la catégorie du sonore est effectivement observable, mais celle-ci est entretenue par le questionnaire pour que l'enquêté ne soit pas "dépaysé" (encore une ressource sémantique qui sonne comme une trahison langagière à l'expérience du sonore). L'effet pervers est bien cela, une tendance introduite par cela même qui était censé la combattre.

---

8 - Notamment dans ses dernières conférences publiées sous le titre "La pensée et le mouvant", Coll. Quadrige, P. U. F.

4. CONCLUSION A L'APPROCHE SOCIOLOGIQUE

4.1 Ecarts par rapport aux attendus.

L'attendu central de l'ensemble de la recherche était de : "tester l'utilisation et la validité de la notion d'effet sonore comme outil de description et d'analyse de l'environnement architectural et urbain". Le but essentiel concernait donc la prévision et l'aide à la conception, à la programmation, à la gestion experte de l'environnement construit, non pas directement la dimension sociale sonore sur laquelle toute prospective ou promesse de maîtrise sont hasardeuses, voire non souhaitables.

L'approche sociologique avait donc une fonction instrumentale : enrichir la dimension pluridisciplinaire de l'effet sonore saisi comme outil de description et d'analyse de l'environnement construit. Autrement dit, il s'agissait de tester la possibilité d'introduire des critères qualitatifs, liés essentiellement à la perception des effets, à côté de critères quantitatifs liés à la mesure, et à côté de critères objectifs, comme la description morphologique des espaces considérés.

En fait, le statut d'observabilité diverge selon que les phénomènes sont métrologiques, spatiaux ou sociaux. Le spatial et l'acoustique sont justiciables d'une observabilité objective, maîtrisables par un observateur instrumentant et analysant selon des conditions reproductibles. Par contre l'observabilité des phénomènes d'usages individuels ou sociaux *in situ* est, par essence, événementielle et circonstancielle. Abstraire, dans l'observé, la part universalisable et reproductible est sans doute possible; ainsi, par la statistique ou par la mise en émergence de déterminants stables. Mais la valeur descriptive ne touche alors que l'aspect extrêmement général ou bien quelques variables très sélectives.

On voit que nos efforts pour calquer l'observation des perceptions des effets sonores sur les modes d'observation de la mesure et du contexte morphologique de ces effets n'a pas réussi à tenir également la performance descriptive et le passage à l'abstraction. A côté des obstacles circonstanciels liés à l'approche du terrain, la difficulté fondamentale tient à cette rupture méthodologique dans le processus de passage continu entre le qualifiable et le quantifiable avec les modes d'approche qu'ils impliquent.

4.2 L'effet sonore : un objet expert.

Les enquêtes sociologiques sur la perception et la représentation des six effets sonores ont sans doute apporté des informations intéressantes que nous avons consignées. Elles auront surtout permis de tester la faisabilité d'une démarche

comme celle que nous avions proposée. En fait, nous touchons à l'impossibilité de mener à son terme une telle démarche sur un objet aussi chargé de circonstances que l'effet sonore.

Les difficultés du processus général de l'enquête sociologique permettent de préciser plusieurs points très utiles pour la suite des travaux sur l'effet sonore.

1) L'effet sonore est un objet expert qui rentre rarement dans les catégories de l'expérience quotidienne *consciente*. Seuls quelques effets sont spontanément nommés et reconnus comme tels : "l'écho" (pour la réverbération), "les sons qui viennent de partout" (pour l'ubiquité) "les sons cachés" (pour le masque). L'effet est donc déductible par les spécialistes à partir de corpus d'informations physiques, morphologiques, ou psycho-sociologique. Ainsi, la plupart des effets sonores que nous avons repérés ont été fondés sociologiquement sur de nombreux entretiens et récits de vie quotidienne analysés au Cresson depuis 1979. Le processus inverse n'est pas généralement viable. On ne peut pas demander à des usagers de reconnaître ce qu'ils ne connaissent pas, si ce n'est au prix d'instructions et de sollicitations dirigées dont nous avons testé plusieurs configurations mais qui enlèvent la rigueur inductive qu'on doit attendre.

2) Par nature, chaque effet *vécu* est un autre effet. Chaque morphologie particulière, chaque perception située déclinent à leur façon la définition formelle de l' effet sonore de référence. C'est, par exemple, la valorisation de telle ou telle plage de fréquence dans la réverbération. Ou encore la surdité psychologique à tel drône sonore habituel précédent un effet de coupure.

Dans l'étude, il faut donc distinguer pour chaque effet un statut a-piori et un statut a-posteriori. A-priori, l'effet sonore résulte d'un ensemble de connaissances dont la convergence aboutit à produire une extension bloquée du concept, c'est à dire une quantité suffisante et maximale d'informations qui permet de le reconnaître dans l'environnement et de comparer des situations analogues. La maîtrise de la notion est donc affaire de spécialiste. A-posteriori, l'effet résulte de comparaisons inductives qui peu à peu, à partir d'observations finiront par construire une configuration de phénomènes sonores à référer à tel effet connu ou définissable. Cette démarche est soit le fait de l'intuition commune qui s'arrêtera à la définition courante (entendre un "écho", chercher un son masqué), soit une étape de la construction scientifique d'un effet sonore.

Il est ainsi possible, dans un lieu donné, de tester des caractères universels et objectifs connus : formes, matériaux, quantités mesurables, voire représentations macro-collectives. Il est bien plus problématique de vérifier par des réactions singulières, en tel lieu, un donné perceptif issu d'autres situations.

Trois solutions pour tourner cette difficulté :
- procéder à une enquête de base sur le lieu étudié, laissant une large place au non-directif, démarche inductive féconde mais dont l'application est lourde sur les espaces publics;

- utiliser le vocabulaire des effets sonores dans une enquête par questionnaire, mais avec les difficultés largement évoquées dans ce compte-rendu;
- dégager les grandes fonctions sociales de l'usage du lieu, travail qui peut se passer de l'entretien psycho-sociologique.

3) Proposition d'un nouvelle méthode d'approche.
Cette recherche exploratoire montre donc qu'une démarche de testologie des effets sonore et de prédiction dans une site donné doit respecter l'homologie des approches et la nature spécifique des phénomènes pris en compte. En l'occurrence, une nouvelle étude pourrait se contenter de relever les fonctions d'usage du lieu à partir des moyens classiques : données statistiques, données socio-économiques et culturelles, relevés *in situ*.

Il existe toutefois une méthode d'enquête qualitative et quantitative que le Cresson vient de mettre au point et dont la création a été en partie suscitée par les obstacles rencontrés dans la présente recherche.

Le *parcours commenté.* a pour objectif d'obtenir des comptes rendus de perception en mouvement en demandant à des passants (usagers réguliers du lieu ou non) d'effectuer un cheminement et de décrire ce qu'ils perçoivent et ressentent au fur et à mesure du trajet. Cette technique d'investigation repose sur plusieurs hypothèses méthodologiques :

- l'impossibilité d'une position de surplomb : quelle que soit la nature de l'observation, elle demande à être rapportée aux conditions à partir desquelles elle devient possible. Admettre cette emprise contextuelle de la perception conduit à développer une technique d'investigation in situ.
- l'interstice du dire et du percevoir : si le sensible et l'intelligible paraissent effectivement irréductibles à l'autre, on peut tout de même supposer l'existence de liens étroits - bien que complexes et variables - entre ces deux registres. Cette hypothèse consiste à soutenir qu'il est possible d'appréhender la perception à partir de ce qui peut en être rapporté verbalement. De même que la parole ne prend de sens que sur un fond de non-dit, le perçu engage inévitablement un fond d'inattention.
- l'inévitable "bougé" de la perception : que l'on se réfère à la phénoménologie ou à l'écologie de la perception, il semble désormais illusoire de vouloir dissocier la perception du mouvement. A cet égard, le "bougé" se donne à la fois comme fondement de la perception et condition de possibilité de l'expérience commune (à la fois ordinaire et partagée).

Le protocole d'enquête de cette méthode repose sur trois types de consignes qui en fixent le cadre. Consignes relatives à la description : faire état, aussi précisément que possible, de l'ambiance immédiate du lieu, telle qu'elle est perçue ici et maintenant. Toutes les modalités sensorielles peuvent être mobilisées : visuel, auditif, tactile, olfactif, kinesthésique, etc. Afin de savoir où se situe l'individu durant la description, il lui est demandé d'indiquer régulièrement des repères spatiaux utiles lors de la phase d'analyse. Consignes relatives au cheminement : le terrain d'investigation (quartier) étant fixé à l'avance, le parcours lui-même est

terrain d'investigation (quartier) étant fixé à l'avance, le parcours lui-même est laissé au choix de l'enquêté (point de départ, trajet, point d'arrivée). S'il le souhaite, l'habitant a le loisir de s'arrêter momentanément, de revenir sur ses pas ou de changer d'allure. Consignes relatives aux conditions de l'expérience : compte tenu de l'effort d'attention que demande une telle expérience, le parcours dure une vingtaine de minutes mais peut se prolonger si la personne le souhaite. Les commentaires sont enregistrés intégralement à l'aide d'un magnétophone portable. Le parcours est effectué avec l'enquêteur à qui sont adressées les descriptions, celui-ci intervient le moins possible, il se limite à un rôle d'auditeur bienveillant et relance éventuellement la parole dans le cas d'une difficulté manifeste du marcheur-observateur.

Dans un deuxième temps, le trajet est reconstitué sur un plan avec l'habitant. S'en suit un bref entretien où sont abordées les questions suivantes : possibilité de distinguer les lieux traversés en fonction des ambiances, événements les plus marquants lors du cheminement, connaissance et occasions de fréquentation du terrain, évaluation de l'expérience, renseignements personnels (âge, profession, lieu d'habitation).

Cette expérience est répétée une vingtaine de fois avec des personnes différentes. L'analyse consiste alors à croiser les points de vue, faire émerger les convergences au-delà des différences et de ressaisir un même contenu à partir de manières de décrire singulières. Opérer ces recoupements permet de reconstruire la dimension intersubjective de l'expérience et de montrer comment un site mobilise des perceptions partagées. C'est la redondance et la récurrence de commentaires de même nature, provenant d'observateurs différents, qui atteste d'une certaine communauté de perception.

Dans cette technique dite de "parcours commenté" mise au point par G.Chelkoff et J.P.Thibaud (1994), on notera précisément que tous les aspects de l'enquête (sociologiques, architecturaux et métrologiques) sont menés simultanément selon une modalité d'abord inductive. Par ailleurs, les consignes de l'enquête sociologique ne portent pas sur une reconnaissance du sonore mais plus largement sur la perception du lieu. Le problème de l'imposition de concepts experts que nous posait la méthode de la testologie est donc tourné. En revanche, il sera toujours lourd de procéder par cette technique pour toute recherche prédictive courante d'effets sonores, la quantité d'information à traiter étant toujours très importante.

3

APPROCHE ARCHITECTURALE

APPROCHE EXPLORATOIRE DE LA PRÉDICTIBILITÉ DES EFFETS SONORES POUR LA CONCEPTION ARCHITECTURALE ET URBAINE

La partie de la recherche qui sera à présent exposée a principalement pour objet de réfléchir à l'instrumentation des effets sonores dans l'analyse et la conception de l'espace urbain. Il s'agira précisément d'envisager dans quelle mesure un effet peut être prédictible à partir d'éléments d'analyse des formes construites (architecturales et urbaines) et éléments fonctionnels (usages et activités) afin de tester l'effet sonore comme outil de conception. Autrement dit, quelles sont les conditions pour que la notion d'effet sonore, telle qu'elle a été définie dans les travaux du cresson, soit à la fois un instrument de réflexion et de réalisation du bâtir ? Comment écouter les formes construites ?

Si concevoir c'est penser quelque chose qui n'existe pas encore et anticiper des formes, le passage du statut d'outil d'analyse à un outil de conception exige des précisions quant à la capacité prédictible des effets sonores. Ceci nous invite à examiner comment les formes architecturales et urbaines, mais aussi les usages et fonctionnalités urbaines, doivent être envisagés. Nous devons donc avoir les moyens de préciser les éléments qui agissent sur des effets sonores, éléments qui constituent la matière et les objets de la fabrication des villes.
Partant des six effets retenus, nous tenterons donc de montrer les ouvertures et les limites que pose l'instrumentation de l'effet sonore dans la perspective projectuelle. Compte tenu de la portée de cette problématique, nous nous limiterons ici à baliser le champ des questions ainsi que d'esquisser des pistes de travail pour l'avenir.

Quelques observations préliminaires doivent être faites quant à ces perspectives où deux directions principales de questionnement nous paraissent émerger.
Il est possible de se placer dans une perspective plutôt fondamentale (le rôle et l'imaginaire du sonore dans la conception) ou plutôt instrumentale (la maîtrise de l'environnement sonore), la première questionnerait les outils conceptuels et cognitifs nécessaires dans le cadre de la conception et la seconde, les instruments pragmatiques liés aux résultats de celle-ci. Ces deux perspectives sont à notre avis

inséparables, car le développement de la seconde perspective sans la première conduirait à un appauvrissement et à l'application de recettes plutôt qu'à une réflexion dynamique qui doit appuyer toute conception. Précisons quelque peu.

• La première se situe au plan des outils cognitifs du concevoir, elle vise à éclaircir le statut et le rôle que la notion même d'effet sonore peut assurer dans le champ de la conception architecturale et urbaine.
La pensée architecturale est à la fois figurative et discursive : elle articule vision et discours par un intermédiaire : le dessin. A ce titre, nous pouvons nous demander comment du sonore peut alimenter figuration et réflexion du monde bâti, et quels éléments ou ingrédients complémentaires apporterait cette dimension sensitive échappant à l'oeil. La non figurabilité graphique du sonore est à ce titre un champ de question qui n'est pas des moindres, comment peut-on représenter des effets sonores ?

D'autre part, le monde sonore, qui n'est pas une dimension phénoménologique habituelle dans le champ de la pratique du construire, peut être interrogé à différents stades du processus de la pensée projectuelle ou en fonction des objectifs fixés à chaque stade. Si l'on admet que l'architecture des villes doit intégrer la dimension sonore parmi les critères de qualification de l'environnement urbain, cela demande que la réflexion puisse se faire suffisamment en amont des décisions d'aménagement ou de conception urbanistique et architecturale. Cette réflexion va donc interagir avec un grand nombre de facteurs et critères importants dans la fabrication de l'environnement urbain. Mais pour que cette réflexion puisse se faire en amont, en s'intégrant à un processus qui est global, il faut que le problème soit au moins bien positionné dans l'ensemble des autres problèmes, et que l'on ait les moyens de réfléchir et d'intégrer au plus tôt dans la conception architecturale et urbanistique des éléments de *mise en forme du sonore*. Autrement dit, nous nous demandons globalement comment *intégrer* la dimension sonore dans les modes de conception et comment l'effet sonore est susceptible d'être un des instruments de projétation en interaction avec d'autres critères ou axes de réflexion propres à ce champ. Sur ces points, nous nous limiterons à discuter la validité de la notion d'effet sonore dans les modes de conception en la comparant à d'autres notions qui pourraient être employées comme instrument de formalisation d'intentions projétatives. Ce champ mérite en effet à lui seul des travaux plus développés. Car en même temps qu'il s'agit de trouver un principe d'approche des formes construites intégrant les qualités phoniques, il s'agit de susciter et favoriser une culture sonore du monde bâti et de l'intégrer aux compétences pour bâtir.

• En second lieu, si la possibilité de l'instrumentation des effets sonores dans un processus de projet en phase descriptive et réflexive paraît possible, quels sont les éléments concrets et pragmatiques de maîtrise ? Comment assurer le passage à la réalité, qui comme nous le disions plus haut est une condition de l'efficience d'un outil ?

D'autre part, jusqu'à quel degré de précision faut-il par exemple distinguer les différents aspects des effets recouverts par un seul terme générique (quels sont les différents aspects de "coupure", "filtrage", etc.) ?

Cela demande qu'on explore les moyens qui permettraient une instrumentation effective en dégageant les critères qui contribuent à l'occurrence et à la force d'un effet sonore. Sur ce second point, et dans une perspective pragmatique, nous nous sommes efforcés de dégager les éléments morphologiques et fonctionnels susceptibles d'agir sur chacun des six effets sonores testés dans le cadre de cette recherche (à savoir, COUPURE, FILTRAGE, RÉVERBÉRATION, MÉTABOLE, MASQUE, UBIQUITÉ). Cette ambition doit être modérée par les limites liées au fait qu'une prise en compte de l'ensemble de ces dimensions est une entreprise difficile tant la complexité des paramètres et leur interrelation sont grandes. Il s'agit donc de repérer les critères à examiner en terme spatial (formes) et fonctionnel (usages), pour que tel ou tel effet sonore soit susceptible de se produire (parmi ceux qui sont étudiés dans cette recherche). Ceci conduit à se demander quels types d'analyse des formes et des usages il faut mener pour dégager des critères dans le cadre de la conception. Nous avons ainsi cherché des outils spécifiques permettant de rendre compte de l'interaction entre formes construites et effets sonores le mieux possible, en tenant compte de l'expérience active du cadre bâti (usages, types d'activités, relation perception/action). On privilégiera donc ici la recherche de ces critères d'analyse ; l'ajustement de l'analyse architecturale et urbaine à cet objectif, voire l'apport de critères spécifiques nous paraissant nécessaire.

C'est à partir des positions évoquées ci-dessus que se constitue notre approche, nous l'avons mené comme s'il s'agissait de mettre au point à terme un *"GUIDE DE LA CONCEPTION SONORE DE L'ARCHITECTURE URBAINE"*. Il énonce ainsi les questions à se poser, les points à traiter.
Notre approche s'est constituée au cours de la présente recherche en partant de examen des trois terrains mais aussi à partir de travaux plus larges questionnant les formes de l'espace urbain.

Notre exposé se fera en deux temps, suivant les deux champs d'approche cités.

1. CONCEVOIR L'ESPACE AVEC LE SON

Dans la mesure où les formes construites, et l'expérience qu'en a le citadin, favorisent des relations caractérisées avec le milieu ambiant, qu'il soit sonore ou lumineux, nous partons du principe que l'architecture crée des *environnements spécifiques*. La dimension sonore est à considérer comme une des dimensions particulières de cet environnement, ayant des critères propres. A ce titre, elle questionne les principes de conception des formes architecturales et urbaines.

Il est banal d'affirmer que les architectes et les urbanistes, et ce malgré des efforts de vulgarisation importants, ne sont pas sensibles à la dimension qualitative du sonore (mis à part quelques rares cas isolés d'architectes qui sont souvent aussi

acousticiens ou passionnés d'acoustique). Ce hiatus existe aussi bien à l'échelle de l'édifice qu'à celle du projet urbain. Ceci est peut-être le résultat d'une "surdité" provoquée par la dominance visuelle dans la culture et les pratiques de l'architecture et de l'urbanisme, ou par la complexité et la difficulté de saisir -de représenter- les phénomènes sonores, ou bien encore, par l'aspect jugé souvent 'anecdotique' de ce facteur. La sensibilisation à la dimension sonore, et au delà, son intégration dans le processus de conception architectural et urbanistique, pose ainsi problème. Toutefois cette situation est peut-être due au fait qu'il n'existe pas de démarches qui soient compatibles avec la logique de conception de l'espace. Et si la qualité de l'environnement sonore urbain dépend en grande partie des acteurs et décideurs du cadre bâti, encore faut-il que ceux-ci soient à même de se représenter et de comprendre comment l'environnement sonore peut être modelé par les formes construites, en quoi des dispositifs urbain façonnent des qualités sonores et quelle valeur la dimension sonore peut-elle avoir pour l'imaginaire spatial et urbain. Cela demande un travail permettant de renouer la dimension sonore au travail de conception architecturale et urbanistique. Il paraît donc nécessaire d'entreprendre une démarche qui, si l'on veut qu'elle ait une *résonance* dans les milieux de la conception intègre les formes construites (réalisées ou projetées).

Réfléchissant aux conditions d'une conception sonore des espaces urbains publics nous décrivions il y a quelques années[1] trois voies ou trois attitudes adoptables du point de vue de l'action et de la gestion de l'environnement sonore par les acteurs du cadre bâti.

La première serait celle de la composition du paysage audible, démarche qui développe une sensibilité esthétique proche de celle du musicien par rapport au donné sonore. Cette position n'est pas fondée sur une action sur le bâti mais essentiellement sur les signaux sonores, sa matière est essentiellement ce qui produit les sons de notre environnement et comment ils s'arrangent.

La seconde attitude, la plus courante, prend l'environnement sonore en terme de nuisance et développe une démarche de protection. L'action porte directement sur l'espace construit en recherchant des formes ou de systèmes de défense contre l'intrusion des bruits de transport terrestre. Nous l'appelions de façon caricaturée "conception sonore protectionniste et ségrégative". Dans ce registre, si l'interaction entre les formes construites et l'environnement sonore a fait l'objet de nombreuses études, celles-ci se sont surtout penchées sur la propagation du bruit routier dans les tissus urbains, elles ne sont pas faites prioritairement dans une perspective projectuelle architecturale et, en même temps, elles occultent la diversité des sources sonores et les différentes écoutes, expériences et actions qu'un bâti procure. Comment se démarquer d'une acoustique dont l'image essentielle repose sur des éléments défensifs (mur anti bruit...) ayant peu de rapport avec une logique architecturale, ou sur un arsenal réglementaire ayant valeur de contrainte plutôt qu'embrayeur créatif ?

La troisième voie que nous recherchions vise directement la relation aux formes construites et à l'usage. Sans nier la légitimité et l'utilité des deux

1 - G. Chelkoff et al. (1988) Entendre les espaces publics

démarches précédentes, nous pensions que cette troisième attitude se situait plutôt à un niveau qualitatif qui inclut l'expérience urbaine et les potentiels d'échange ou de lien que contient tout environnement sonore. Elle consisterait alors à entendre le bâti comme un instrument, en canalisant ou en induisant des productions sonores, en fabriquant des points d'écoute aux qualités spécifiées. Le rôle sensible et symbolique des effets sonores dans l'imaginaire habitant laisse envisager une gestion qualitative de l'environnement sonore à travers la conception du cadre bâti dans la mesure où l'architecture d'un lieu peut construire une acoustique *qualitative* et *passive*. Cette acoustique "passive" ne se verrait pas comme telle : pas d'écrans ou de buttes pour panser les blessures sonores des villes. Il ne s'agit donc pas seulement de combattre une nuisance mais de modeler le sonore comme un matériau.

Un des premiers principes qui sous tend cette approche qualitative est que l'intégration de la dimension sonore ne crée pas une contrainte normative supplémentaire dans la projétation mais soit au contraire un vecteur positif. C'est pourquoi la prise en compte des qualités sonores, doit se situer le plus en amont possible dans le projet architectural et urbain, de façon à ne pas être un ensemble de modifications "rapportées" et sans lien avec les principes initiaux de projet.

Ce découpage en trois type d'action nous permettait de situer le type d'action envisageable dans le cadre de l'approche projectuelle mais ne donne aucun moyens concrets de penser et d'agir.
P. Amphoux[2] a défini plus récemment trois catégories de relation au monde sonore qui en tant que modes différenciés de représentation renvoient à trois modes de connaissance et d'action ; en nommant ceux-ci l'*environnement*, le *milieu* et le *paysage*, il décrit ainsi à la fois un modèle d'approche et des niveaux d'action : le diagnostic, la gestion et la création. Pour reprendre les termes de l'auteur, trois registres de relation au monde sont envisagés : celui de la connaissance, celui du vécu et celui du sensible. S'ils ne sont pas sans interaction, nous pouvons dire qu'ils privilégient chacun des dimensions complémentaires, celle du confort, celle de l'échange social ou celle de l'esthétique. En abordant d'une façon systématique les critères de *qualité*, de *qualification* et de *qualitativité* propres à chacune de ces catégories, de façon à prendre à différents niveaux de réflexions la question de la gestion de l'environnement sonore urbain, P. Amphoux décrit un système qui permet de concevoir au sens où le concevoir part ici d'une élaboration raisonnée et d'une conceptualisation nécessaire à l'action créatrice.

L'ensemble de ces réflexions clarifient les enjeux et les méthodes d'approche, les critères établis par P. Amphoux ouvrent un grand nombre de notions ou concepts et permettent de connaître et reconnaître le mode sonore tel qu'il est. Mais si nous nous cantonnons aux moyens concrets de la conception pour aborder les relations espace-son, ceux-ci restent encore à définir. Il est alors nécessaire de définir les entités sur lesquelles il est possible d'agir et les manières par lesquelles elles produisent les mondes sonores.

---

2 - Voir P. Amphoux (1991)

Effet, objet et paysage sonores

Trois échelles de saisie peuvent être distinguées pour décrire, saisir et concevoir l'environnement audible : l'objet, l'effet et le paysage sonore.[3]

Un des premiers arguments en faveur de la notion d'effet sonore dans le domaine de la conception architecturale et urbanistique est que c'est une notion qui adhère bien à l'imaginaire spatial et créatif à la fois dans l'esprit, à des échelles différentes tout en introduisant la dimension temporelle qui adhère au son.

Objets

Les objets sonores correspondent à l'échelle la plus détaillée, ce sont les unités élémentaires du monde audible ou des unités écoutables. Rappelons que P. Schaeffer (1966) désigne ainsi, en se référant à la phénoménologie de Husserl, le son même en tant que matière perceptive et non pas le son comme indice de quelque chose[4] . Ce ne sont pas seulement des sources sonores *actives* au sens d'objets mécaniques émettant du son par leur fonctionnement, ce peut être des sources sonores *passives* c'est à dire notamment tous les matériaux sur lesquels nous agissons. Les bruits émis sont ainsi liés à l'objet, ils en reflètent la structure interne et informent sur la matière dont l'objet résonnant est composé. Les sources de production phonique peuvent être ainsi analysées comme des objets sonores, c'est à dire en tant que matière sonore. Et certains éléments architecturaux peuvent être considérés à ce titre du point de vue de la matière sonore qu'ils produisent : ce serait le cas des matériaux constitutifs de la forme qui, dans certaines conditions produisent du son (un bardage métallique quand on le cogne, les volets en pvc qu'on ferme, les marches d'un escalier métallique qu'on descend, le sol sur lequel marchent les citadins), ou encore des dispositifs techniques (tour de ventilation par exemple) et à la limite l'organisation fonctionnelle de l'espace (on pourrait considérer une cour d'école comme un objet sonore). Certains "objets sonores" peuvent signer un lieu, ou marquer un paysage, une ambiance, faire fonction d'emblèmes.

Du point de vue de la conception l'échelle de saisie à laquelle renvoie l'objet sonore correspondrait donc plutôt à une conception par élément. Elle peut éventuellement se croiser avec des décisions d'ordre urbaine et architecturale concernant les matériaux et les sources mais elle n'intègre pas les différents modes d'écoute possible, ce que permet précisément la notion d'effet puisque celle-ci établit un lien entre objet et sujet. D'autre part elle ne permet pas d'aborder les caractères morphologiques : qu'une forme soit concave ou convexe, en U ou en L ne changerait rien. Par contre, la notion d'objet sonore renvoie à un mode d'écoute analytique de la matière audible auquel l'homme commun n'est pas encore habitué. De ce point de vue, la sensibilisation des concepteurs à cette écoute n'est

3 - cf. à ce propos J. F. Augoyard : Introduction à ce rapport.

4 - Par exemple le son d'un moteur peut être entendu non par le type de moteur en marche mais en tant que matière sonore caractéristique et émerger ainsi à la conscience comme phénomène.

peut-être pas inutile compte tenu de la sophistication et de la technicisation de l'environnement urbain. Elle est notamment opératoire dans le design sonore[5].

Paysage

La notion de paysage sonore peut-elle être à son tour un outil pour la conception ? Elle renvoie à des entités plus englobantes, plus générales que la notion d'objet sonore précédemment décrite. Le paysage se *compose* à partir d'agencements des différents objets dans le temps et dans l'espace et en fonction de l'activité perceptive qui construit une unité esthétique. Mais quelles sont les règles de composition du paysage sonore ? On sait que la notion de paysage s'est transféré dans le domaine sonore à partir des années soixante-dix.[6] La logique de l'oeil imprime profondément sa marque à ce terme comme l'a souligné J.F. Augoyard, sachant que la perception visuelle renvoie plutôt à l'espace alors que le sonore inclut du temps, voire n'est que du "temps qualifié". Penser le monde sonore à ce titre questionnerait donc les événements dans le temps et la forme que ceux-ci peuvent prendre. Mais on sait que la difficulté dans la notion de paysage sonore est concrètement de pouvoir le délimiter dans le temps d'un point de vue objectif, quel est le format ? Outre la difficulté de "délimiter" un paysage sonore dans le temps, il faut questionner aussi le point d'écoute à partir duquel il est appréhendable, ce qui soulève la question du rapport espace/son pour laquelle la notion d'effet semble plus précise. En terme de conception d'espace urbain, la notion globale de paysage risque d'entraîner à raisonner en terme "d'ambiances sonores types" rapportées à des formes spatiales (ce qui peut amener des jugements de valeur établis à-priori) et ne permet pas d'aborder les dimensions architecturales et urbaines de façon précise.

Effets

S'il est possible d'utiliser dans une certaine mesure les notions d'objets et de paysages sonores, il nous semble que l'effet sonore est plus proche du monde de la conception architecturale et qu'il constitue un outil pertinent dans ce cadre sous certaines conditions.

Les effets sonores sont susceptibles de se produire si certaines conditions, notamment spatiales -pour nombre d'entre elles-, sont réunies, d'où l'importance des **dispositions** qui affectent les conditions d'émission, de propagation et de réception sonore. Toutefois, puisque l'effet est le produit d'une relation entre l'objet et le sujet, il ne faut pas en conclure une mécanique systématique. D'autre part, il semble bien corrélé à l'échelle de perception et à l'expérience d'écoute *in situ* : il accompagne l'appréhension des objets et permet d'établir une relation entre sujet et objet.

---

5 - Voir les travaux de Louis Dandrel en design sonore.

6 -A partir de Murray Schaffer, voir les critiques de J.F Augoyard (1995) à propos de la notion de paysage sonore.

Concrètement il permet de réfléchir aux points d'écoute et d'action sonore qu'offre une configuration spatiale spécifique.
Dans cette perspective, il devient nécessaire de préciser les caractères qui spécifieront l'environnement que l'objet ou la forme contribue à modeler, en tant que tel, mais aussi par les relations actives que crée un dispositif construit quand le citadin le pratique ou l'expérimente. Ce principe de départ n'est pas anodin, il signifie que les processus de production des édifices et des villes requièrent des éléments de réflexion, de qualification et de prévision des caractères environnementaux de l'espace construit et que nous puissions approcher plus précisément les relations que produisent les formes construites à travers la pratique que nous en avons.

Dans ce sens, penser l'aménagement de l'espace sonore incite à aborder transversalement l'espace, le temps et l'action liée à l'usage. L'usage des lieux importe à la fois au plan de la production sonore et des formes d'écoute que comportent les expériences de l'espace urbain. A ce titre, il nous semble que la dimension sonore permet de réunir la réflexion sur le cadre bâti et son usage dans la mesure où elle questionne à la fois des conditions de propagation, d'action, de perception, il faut donc un outil qui puisse en rendre compte. Nous définirions ainsi cette démarche comme une approche *écologique* de l'environnement sonore dans le sens où elle entend approcher au plus près les conditions de l'expérience d'écoute en milieu urbain et les diverses mises en forme de l'environnement sonore que cela entraîne Nous verrons à ce propos que la dimension sonore renvoie fortement à l'expérience des formes (aux activités sources de son et aux modes d'expérience), qu'aux formes construites elles mêmes. Aussi précisons que par formes construites, nous entendrons bien sûr au sens habituel, les formes urbaines, mais nous pensons aussi à une échelle micro-morphologique -ou de "micro aménagement" -. Cette échelle a été peu investie en urbanisme où le "plan de masse" l'emporte sur le détail. Ce parti micro-morphologique nous permet de rejoindre ainsi une pratique architecturale à l'échelle des édifices et de détails morphologiques dont le rôle nous semble crucial si l'on se place au niveau de la perception *in situ* des individus.

Où, quand, comment ?

Des effets en cheminant

Si nous devions enfin tenter de situer l'outil "effet sonore" dans le processus de conception architecturale, nous devons choisir une clé de la pensée de l'espace. L'accessibilité est à ce titre un élément déterminant à la fois au plan physique et symbolique, et le sonore en tant que phénomène sensible fabrique un espace accessible particulier. Cette question recouvre la thématique des relations entre le dedans et le dehors, et globalement celle des *transitions* et des pratiques de cheminement, qui peuvent être des points d'ancrage important du sonore dans la conception de l'espace. Il s'agit là d'axes de réflexion qui traversent un grand nombre de domaines (voirie, domaine public et privé, franchissement, transition, mobilité, séquences, intérieur extérieur, sécurité, lisibilité) et renvoient à la pratique ou à l'expérience *in situ* de l'espace. En mettant l'accent sur les cheminements dans l'espace urbain public nous mettons en jeu une dynamique sensible et sonore de l'interface privé/public. C'est aussi un thème qui n'est pas étranger à certaines pratiques architecturales qui l'ont développé dans l'idée de promenade et de mouvement.

Sans être pour autant le seul domaine de questionnement, c'est une thématique qui nous paraît féconde dans le champ de la conception en ce qu'elle recouvre des éléments sociaux et spatiaux. Or, il est clair que nous pouvons aussi situer l'approche des effets sonores comment moyen d'articuler ces dimensions souvent opposées de l'usage ou de la dimension sociale de l'espace et des formes esthétiques.

Définition et réalisation ; du penser au faire

C'est donc à ces différents titres, que la notion d'effet sonore peut être un outil pour la *conception*. Mais encore faut-il caractériser le moment auquel elle peut être opératoire.

Au niveau méthodologique, la notion d'effet sonore peut se situer à une étape de *définition* s'inscrivant dans une réflexion nécessaire sur les qualités demandées à l'objet de conception, permettant de dégager des principes sur lesquels se fonde par la suite la recherche de mise en forme. Ce premier temps de conception qu'on appelle de *définition*, est réflexif. A ce stade, les effets sonores permettraient de décrire et de nommer les caractères ou traits essentiels qui qualifient l'environnement spécifique qui est visé en accord avec les autres critères de mise en forme. La notion d'effet sonore sert ici de principe conceptuel, elle guide et alimente l'imaginaire sur l'espace[7] elle permet de saisir le lien entre le son et le lieu dans la mesure où l'on considère que le lieu est aussi du son.

L'étape directement opérationnelle qui succède et qui pourrait être appelée de *réalisation* , demande des moyens précis afin que les effets ne restent pas des métaphores ou des intentions discursives, les éléments qui en favorisent la maîtrise doivent donc être définis. Ce second temps qu'on nomme conception de réalisation, parce qu'il s'agit de savoir comment il faut *faire*, demande quant à lui des savoirs spécifiques. Ce passage à la réalisation met en jeu une grande complexité de facteurs comme on le verra plus loin et met à contribution les savoirs acoustiques, micro-sociologiques et architecturaux.

Affinement des aspects d'effets sonores et déterminants morphologiques et fonctionnels

Si nous sommes convaincus de la pertinence de la notion comme outil réflexif de conception, ce qui est important dans la mesure où elle permet d'interroger un matériau inhabituel comme le sonore, nous devons envisager la dimension opérationnelle de la façon la plus directe possible. Quelle connaissance appropriée relative aux formes et aux fonctions urbaines peut aider la conception sonore à travers les effets ?

Cette question touche la définition même des effets : pour aborder les facteurs concourant aux effets sonores étudiés, il est nécessaire d'affiner les différents aspects que ceux-ci peuvent prendre. S'il est possible de désigner généralement un *effet* de réverbération, de filtrage ou de coupure, ceci peut se produire sous

7 - A ce titre les définitions données dans le répertoire des effets sonores (éditions Parenthèses, 1995) établissent dans des domaines différents ce qui fonde et caractérise chaque effet.

différents aspects particuliers dépendant de causes variables : la coupure est plus ou moins raide, la réverbération plus ou moins longue, etc. Mais nous devons aussi dire que les effets prennent un aspect différent selon le contexte où ils s'inscrivent. Ainsi si la réverbération dépend du temps de décroissance des sons, l'effet de réverbération dépend plus globalement du contexte, c'est à dire de la symbolique d'un lieu, des événements qui s'y produisent, et de l'interaction avec d'autres facteurs qui la font émerger. Il faut donc se défaire d'une vision mécaniste, la notion même d'effet dépend de facteurs locaux et circonstanciés ; par conséquent si la dimension spatiale est importante, celle du temps l'est aussi, un effet sonore n'est susceptible d'advenir que si certaines conditions spatiales et événementielles sont réunies.

Nous aborderons à présent les différents déterminants des effets sonores étudiés de façon à voir quels sont les éléments qui permettraient de prédire certains d'entre eux en fonction des formes et usages envisagés. Notre méthode a consisté à partir des trois terrains étudiés et à élargir les champs de critères auxquels ils nous ont ouverts. Ces sites serviront d'exemples et d'illustrations au gré des besoins de l'exposé.

2. EXPLORATION DES DETERMINANTS

La prédictibilité des effets sonores interroge trois domaines d'approche :
• les caractéristiques de l'espace qui agissent sur la propagation acoustique (volumes construits, articulations des formes et des volumes, dimensions),
• les sources sonores et leur répartition temporelle et spatiale (dimension reliée aux fonctions et usages urbains),
• les usages et modes d'expérience de l'espace urbain par le citadin (contexte perceptif envisagé dans le temps).
Toute la difficulté réside dans le "point d'écoute" à partir duquel nous nous situons, à ce titre la qualification sonore des formes demande à ce que nous prenions en compte les conditions particulières des situations, ce qui complexifie évidemment l'analyse. En terme de conception, il devient du coup nécessaire de projeter en reconnaissant les situations prévisibles dans l'usage.

D'autre part, les effets sonores tels qu'ils ont été définis ne renvoient pas toujours à des phénomènes absolument identiques, à ce titre la prédictibilité ne relève alors pas systématiquement de raisons similaires. Nous devons envisager plusieurs aspects d'effets.

Parmi les six effets testés ici, nous pouvons par avance spécifier les domaines à partir desquels ils agissent prioritairement.
Les six effets concernés jouent un rôle spécifique et déterminant :
sur les **qualités de propagation dans une unité spatiale** (*réverbération, ubiquité*),
sur les **relations différentielles entre espaces** (*coupure, filtrage*),

sur les **relations de composition entre sources sonores** (*métabole, masque*).
Les générateurs spatiaux essentiels de chacun des effets étudiés peuvent être alors précisés pour aborder les différents aspects qui peuvent en dépendre :
• l'effet de réverbération varie essentiellement selon le volume et la distance des parois aux sources
• l'effet d'ubiquité selon les positions de sources sonores dans un volume et selon la structure de ce volume
• l'effet de coupure varie selon la position des parois (agissant sur intensité ou spectre)
• le filtrage varie selon les ouvertures (au sens large) et la nature des parois délimitantes
• l'effet de métabole selon les sources sonores (multiplicité et simultanéité) et le volume de propagation.
• l'effet de masque ne varie pas en fonction de facteurs spatiaux mais peut être prévisible à partir de la connaissance des sources sonores et il détermine un volume d'audibilité.

2.1 LES TERRAINS

Lescaractéristiques des trois terrains seront présentées brièvement à partir de la forme, des matériausx et surface, du contexte sonore, des fonctions et usages observables,
Nous avons affaire à trois types de forme, de volume et d'articulation de volumes.

Dans les tissus urbains anciens les rues ont une largeur de l'ordre de 6 à 10 mètres, et les bâtiments ont une hauteur qui peut atteindre 17 m à l'égout. C'est dans ce cas un véritable canal en U qui circonscrit le passant[8] et ne permet pas d'échapper aux productions sonores réciproques (réverbération, non-masque). C'est le cas de la rue des Clercs qui se présente comme un "canal".

forme-volume

courbure de la forme : visibilité progressive, les sources sonores ne sont pas toujours visibles, paradoxe entre directionnalité et ubiquité sonores
canal étroit et haut de section rectangulaire : réverbération avec sentiment d'intimacy (premières réflexions a priori fortes)

---

8 - Rappelons qu'au sens acoustique, la rue est en U si le rapport hauteur sur largeur est supérieur à 0,2 et que la hauteur des bâtiment est à peu près homogène. Si le rapport est inférieur à ce chiffre, la rue est dite en "géométrie ouverte". Dans le cas de hauteur dissymétrique, c'est la plus petite des hauteurs qui est prise en considération.cf. le Guide du bruit, cetur, 1981. Autrement dit, un acousticien estime qu'une rue a un comportement en U par rapport à un bruit de transport si celle-ci fait dix mètres de large et que les bâtiments qui la bordent font au minimum deux mètres de hauteur...ou si les façades font 17 m de haut et que sa largeur est de 80 mètres.
Ce qui donne les valeurs suivantes :

largeur en m.	hauteur mini en m.
6	1,2
8	1,6
10	2
20	4

forme-volume

courbure de la forme : visibilité progressive, les sources sonores ne sont pas toujours visibles, paradoxe entre directionnalité et ubiquité sonores

canal étroit et haut de section rectangulaire : réverbération avec sentiment d'intimacy (premières réflexions a priori fortes)

matériaux et surfaces

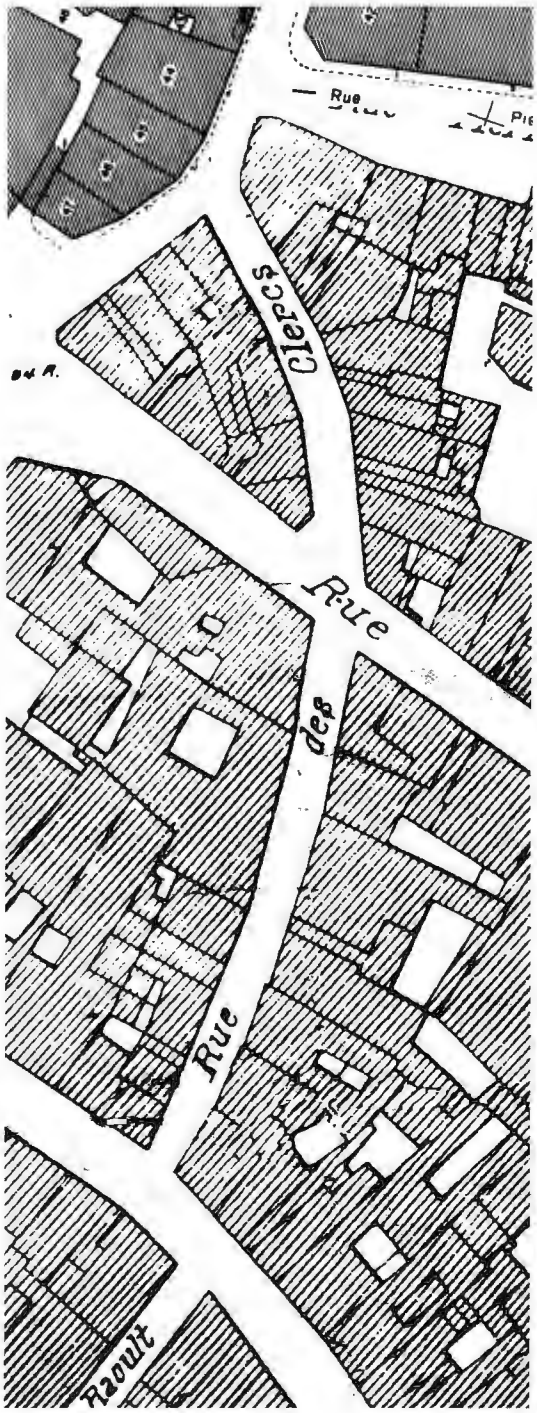
sol type pavés auto-bloquants
parois :
texture globale médium-lisse (pierres enduites, pas de débords de façades)
variations de composantes de façades
vitrine de verre en rez de chaussée
fenêtres d'habitations à l'étage (filtrage éventuel)

contexte sonore

continuité de l'ambiance sonore liée à l'homogénéité du tissu et des gabarits
mais micro ruptures aux croisements de rue (cf. dispositifs de coupure)
bas bruit de fond (non-masque), émergence assez nette des voix et impacts de pas
relation aux objets sonores proches
relations sonores au lointain limitées par le type de tissu

fonctions et usages

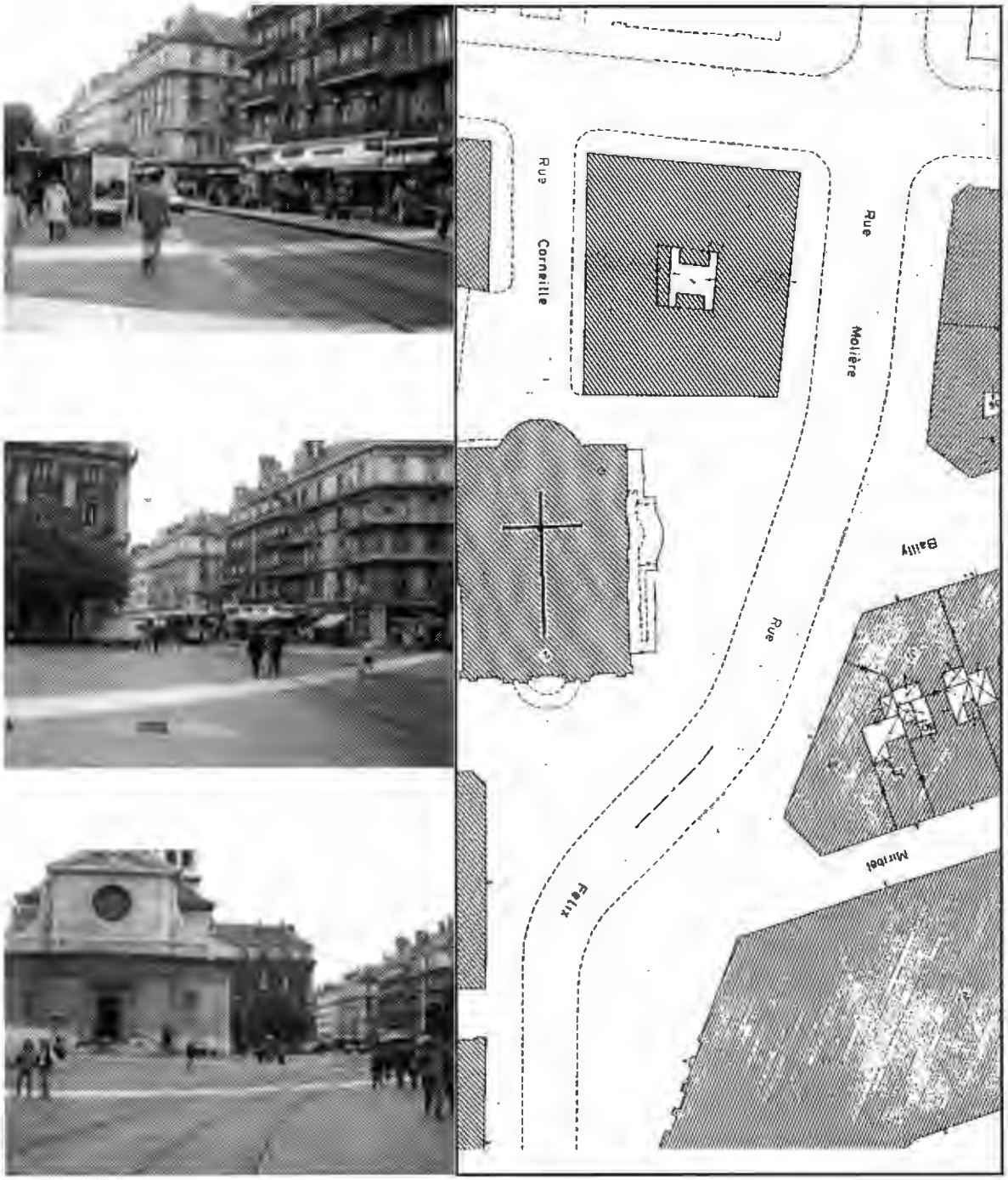
rue à dominante piétonne mais passage peu massif
commerces en rez de chaussée inégalement répartis
habitations en étage avec entrée par des cours
rue qui forme une traverse reliant des rues plus fréquentées


Rue
Clercs
Rue
des
Rue
Raoult

Félix Poulat

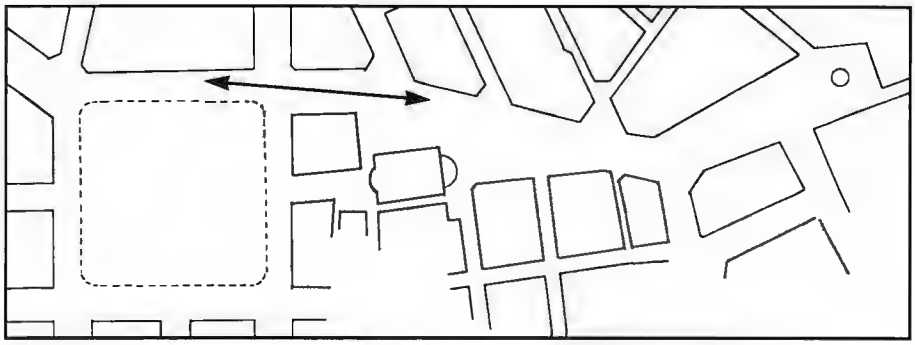
forme-volume

Avec l'urbanisme du XIX ème siècle, les linéaires augmentent ainsi que les largeurs entre façades. au point de vue de l'environnement sonore aujourd'hui, ces largeurs de voie produisent des espaces sonores distincts : près des parois les sons du public sont émergents et les deux côtés de la voie sont complètement autonomes (masqué par le flux qui occupe le centre ou trop hors de portée sonore). (C'est le cas du passage Victor Hugo - Félix Poulat.



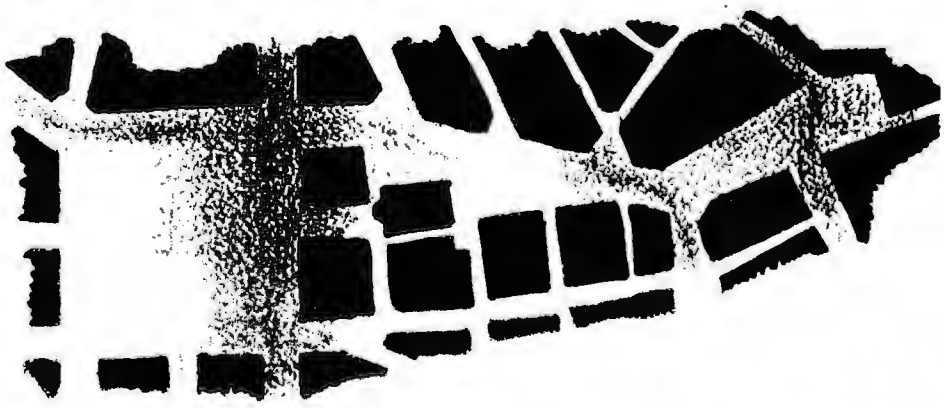
fonctions et usages

La place Victor Hugo et ses alentours représentent des espaces dont le caractère urbain et central est prédominant ; plusieurs fonctions s'y entrecroisent et génèrent un environnement complexe. Le lieu que nous avons étudié est tour à tour : circulé, piéton, résidentiel, commercial, il sert divers usages, oisifs (jardin, vitrines) ou utilitaires (transports, commerces).

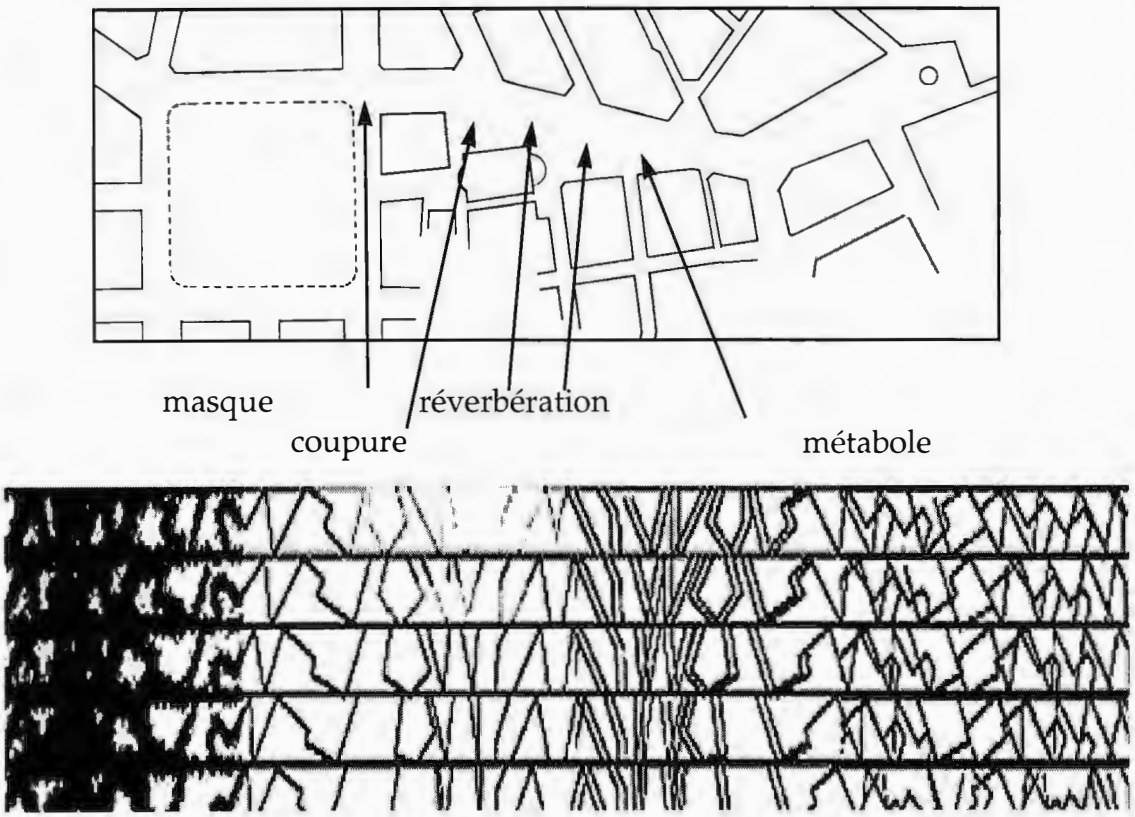


contexte sonore

Représentation subjective des densités sonores Victor Hugo - Félix Poulat



bruit de transport bruits publics
passages périodiques de tramways

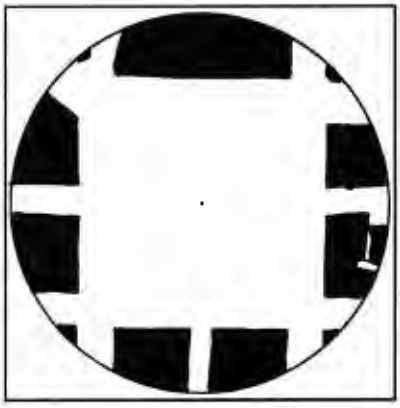


La dimension dynamique des événements est très prégnante, objets et individus sont en mouvement. Le trajet est un noeud d'articulations et un lieu de passage entre la zone piétonne et les avenues accessibles aux véhicules. De ce fait, les effets sonores sont provoqués par les changements morphologiques et fonctionnels et qualifient ce passage de façon significative.

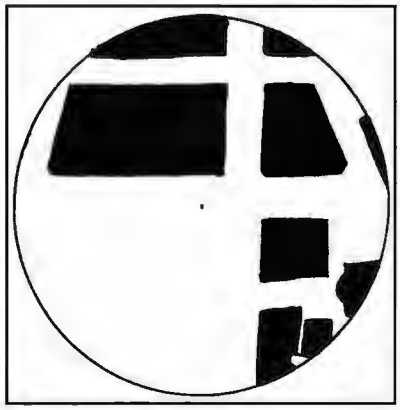
Matériaux

Minéralité dominante : sol en pavés de granit
Les surfaces des façades sont ouvragées (reliefs et modénature) puisqu'il s'agit de façades d'édifices représentatif de la bourgeoisie du XIX ème siècle.

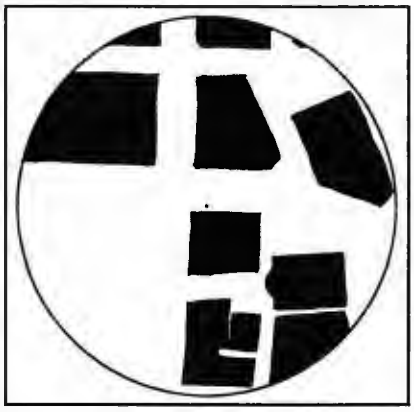
La discontinuité de l'ambiance sonore est marquée, au contraire du cas précédent (Clercs).



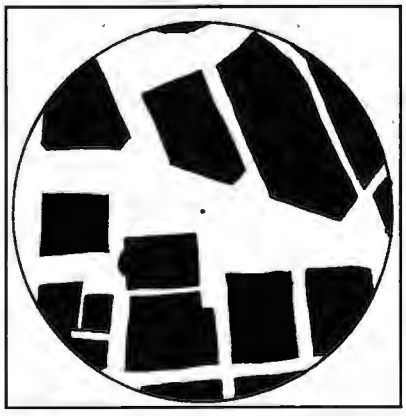
Le premier point est théorique (le centre correspond à l'emplacement d'une fontaine) : dominante de l'espace libre de la place par rapport au bâti.



Au second point, l'observateur va traverser l'avenue, il est encore dans un champ très ouvert (prédominance du non bâti).

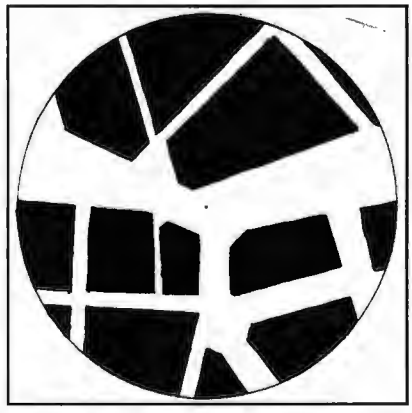


Le troisième point correspond au passage de l'angle qui délimite l'avenue et le secteur piéton, le champ se resserre, le champ est à égalité entre le secteur piéton devant lui et l'avenue et la place qu'il laisse derrière lui.



Une fois passé l'angle de l'église sur sa droite, le promeneur a encore dans ce champ supposé de cent mètres, la présence de l'avenue Sembat derrière lui, mais il est toutefois au centre de gravité de la place piétonne Poulat.

Des séquences spatiales sont représentées par chaque cercle d'un rayon de 100 mètres chacun autour de l'observateur qui est positionné au centre du cercle.



La cinquième position correspond au point de jonction entre les places Poulat et Grenette, le champ perceptif, porte également sur l'une et sur l'autre.

Hoche

forme- volume

passage par un conduit haut et relativement large effet de coupure sonore à l'arrivée dans la partie jardin et d'ouverture
dilatation nette du volume : effet de champ libre
dissymétrie des limites construites : façade concave à l'est, vide à l'ouest (buttes de terres basses)
Du point de vue de la forme la dominante qualitative est celle de l'*étendue*

matériaux

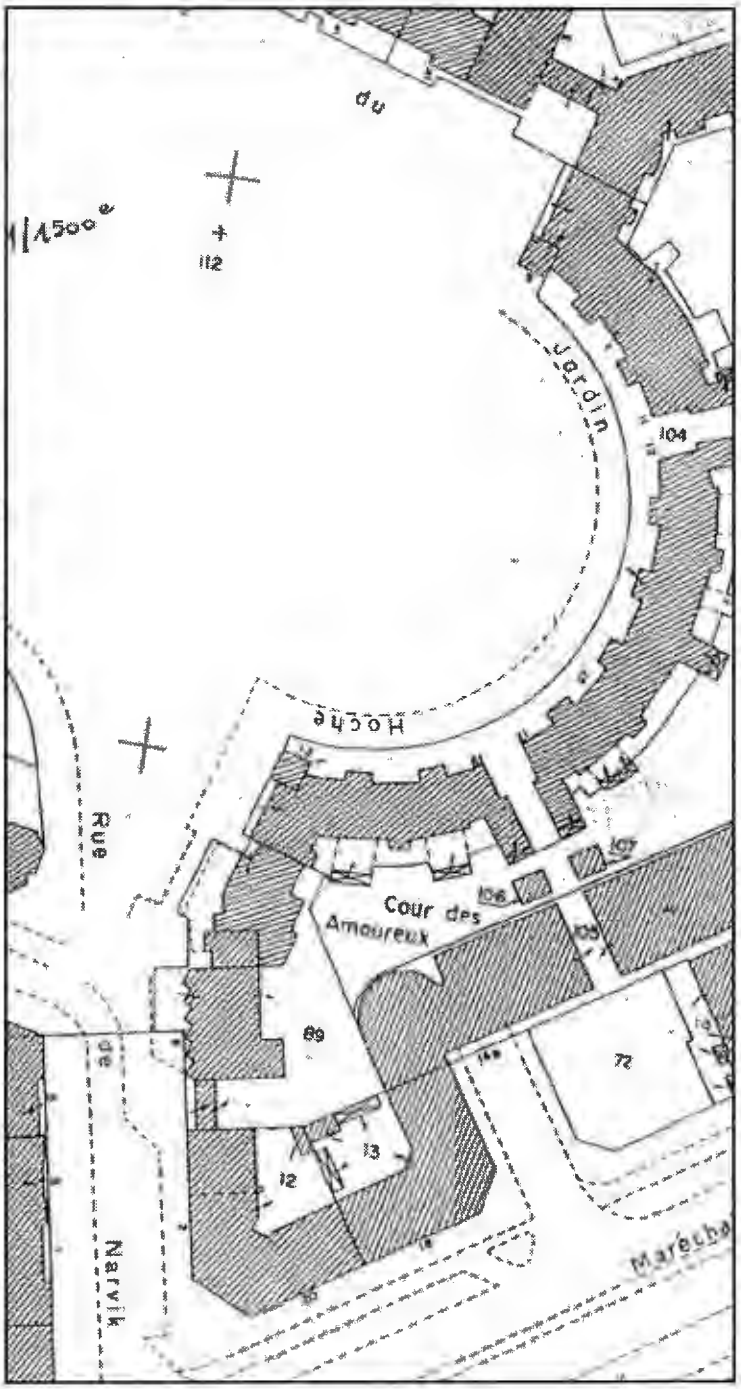
changement de sol, prédominance du sol sablé dans la partie jardin
buttes engazonnées

contexte sonore

fond sonore éloigné stable à 50 dB (A)
dissociation nette en tre figure et fond sonore
réverbération avec écho
sons des pas et nature (eau, oiseaux)

fonctions et usages

Dominante fonctionnelle du jardin
habitat sur trois côtés
traversée piétons : parenthèse dans un parcours reliant deux lieux plus bruyants
dominante nature - jardin
possibilité de s'asseoir


1/1500e
112
du
Jardin
104
Hocke
Rue
107
106
Cour des
Amoureux
105
89
72
14b
13
12
Narvik
Maréchal

Cette brève présentation indique quelques caractéristiques générales. Elle invite à observer plus finement les échelles morphologiques qui permettent de décrire ou de concevoir un objet et à rechercher des critères spécifiques.
Nous envisagerons donc à présent les différentes échelles auxquelles les effets sonores peuvent être en mis jeu.
Partant de la morphologie spatiale, nous pouvons distinguer trois échelles qui recouvrent des problématiques projectuelles spécifiques, des dimensions fonctionnelles ou d'usage caractérisées et des relations perceptives distinctes. Nous définirons succinctement chacune de ces échelles respectivement au niveau spatial, fonctionnel et perceptif qui les qualifie, tout en précisant ce à quoi elles sont susceptibles de renvoyer en terme de conception.

2.2 ECHELLE DES TISSUS URBAINS

La notion de TISSU recouvre l'échelle urbaine et le système d'implantation et de relation entre les édifices et les espaces publics. Cette échelle concernerait donc les descripteurs d'organisation générale : formes et volumes, gabarits, distances, hauteur d'édifices, etc. Au niveau fonctionnel, l'échelle du tissu urbain renvoie aux grandes fonctions (résidence, circulation, travail, etc.) et aux sources sonores dominantes, sachant qu'il existe une relation étroite entre les tissus urbanisés et les fonctions qui les habitent ou qui les ont parfois créés.
Cette échelle définit un cadre morphologique et fonctionnel global qui, s'il ne suffit pas pour qualifier toutes les dimensions du vécu sonore, organise ce que l'on définirait comme "contexte". En terme d'expérience perceptive, cette échelle du tissu renvoie à une appréhension qui peut-être assez "continue" au plan temporel (dans la mesure où le tissu présente une certaine homogénéité) et à une relative permanence d'effets, ce qui en cela renverrait plutôt à la mémoire et à l'image ou à la représentation des lieux : un tissu urbain a une identité sonore à laquelle certains effets contribuent.

2.21 Morphologie urbaine

La description et l'analyse des tissus urbains a fait l'objet d'amples travaux depuis l'avènement de la typo-morphologie en architecture. Toutefois la problématique y est liée essentiellement à la genèse des morphologies urbaines ou de leur trame et peu à la recherche de critères de qualification des formes.
Plusieurs types de tissus urbains peuvent être distingués par les critères de dimensions et de densité qui déterminent les vides urbains extérieurs. Ils présentent parfois une grande homogénéité du fait qu'ils se sont constitués dans une période historique donnée, mais ce n'est pas toujours le cas. Dans certains cas un tissu se fait remplacer petit à petit par un autre par substitution progressive des éléments unitaires qui le composent ou par effacement.
• Il est conventionnel de répartir les tissus urbains en deux grandes catégories qui correspondent au critère de "continuité" des bâtiments formant la trame urbaine ou, au contraire, de leur discontinuité introduite essentiellement au début du siècle. Les types de trames urbaines rencontrées ne sont pas indifférentes de par les articulations et les dimensions qu'elles favorisent, à la fabrication du monde sonore, ceci essentiellement à travers la propagation dans l'espace. Trop souvent on s'est contenté d'étudier les performances des tissus et formes urbaines quant à la propagation du bruit routier en terme de niveaux sonores négligeant la part endogène de la production d'un milieu sonore.
Un tissu peut être globalement apprécié par les rapports des pleins et des vides à la fois en plan et en volume telle une texture. Du point de vue qualitatif, la morphologie du tissu urbain concerne essentiellement à notre sens le domaine des relations sonores entre le **proche** et le **lointain**, ainsi que les directions sonores. Pour un même niveau sonore, ces qualités peuvent induire des appréciations et un imaginaire tout à fait différents.

L'approche par l'échelle des tissus induit l'étude des organisations générales à travers trois grands traits morphologiques : continuité, densité, volume, échappées ; elle renvoie de même aux éléments fondamentaux que sont les notions d'*îlot*, de *voies* et de *vides* urbains. Nous aborderons brièvement ces thématiques en observant les indices qu'elles intéressent pour la prédictibilité des effets sonores.

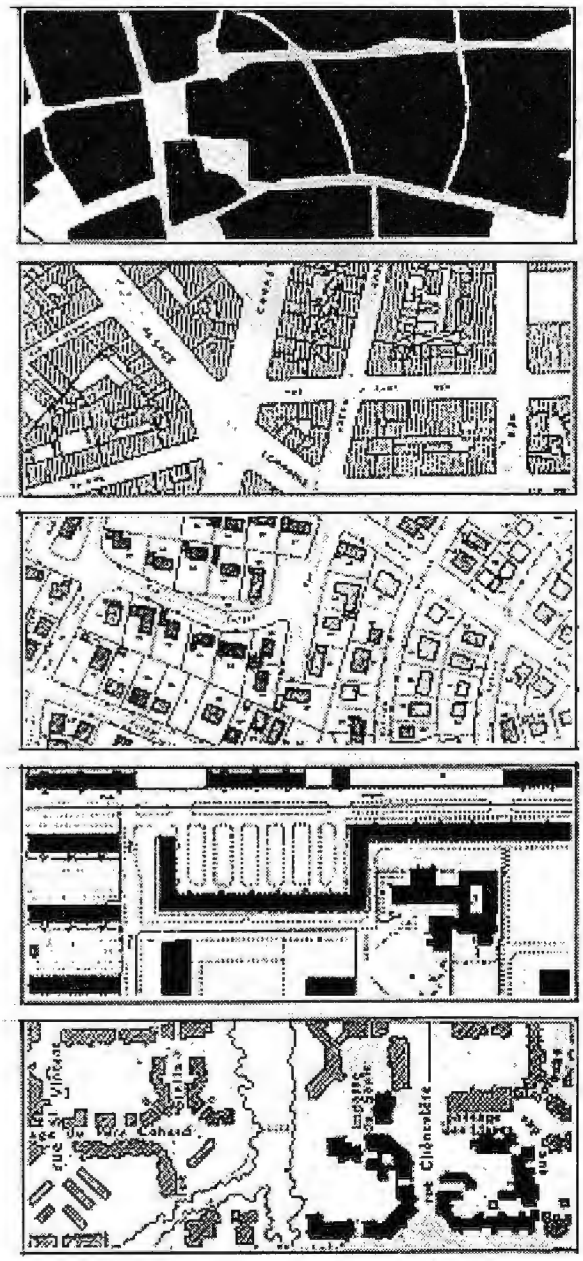
Densité construite

Rappelons que les acousticiens des transports distinguent des tissus "ouverts" et des tissus "fermés". Un tissu sera dit ouvert au sens acoustique s'il est constitué de bâtiments éloignés les uns des autres dégageant des espaces très perméables au bruit. Au sens urbanistique, les critères permettant de juger de la continuité ou de la discontinuité dépendent de considérations basées sur l'aspect visuel. Un tissu qui est caractérisé par un comportement fermé par les acousticiens ne l'est pas forcément au point de vue architectural.

• L'emprise au sol des surfaces bâties par rapport aux surfaces non bâties induit qu'un tissu urbain soit plus ou moins fermé est peut être un critère intéressant plusieurs effets sans être pour autant suffisant en soi. A titre comparatif quelques ordres de grandeur concernant le rapport entre surfaces bâties et surfaces non bâties de tissus urbains étudiés sont indiqués page suivante. Notons que lorsqu'il s'agit de tissus en îlots, on entend par surface non bâtie les seuls espaces publics (sans tenir compte de l'intérieur des îlots). On doit y ajouter les espaces privés quand ils sont ouverts sur l'espace public (dans le cas par exemple d'une structure pavillonnaire), dans la mesure où ceux-ci communiquent avec l'espace urbain (clôture de séparation faible ou peu haute) dans la mesure où ces dispositifs peuvent favoriser des effets de filtrage ou d'ubiquité qui modifient l'échelle sonore des voies et rues.

Dans le cas des terrains étudiés en chapitre 1, en ce qui concerne le rapport de la surface libre sur la surface construite, le secteur Victor Hugo présente une densité est forte mais équilibrée, la rue des Clercs s'inscrit dans un tissu plus dense, par contre, dans le quartier Hoche, l'emprise construite est nettement plus faible. Le nombre d'étages et la hauteur des édifices sont à peu près les mêmes dans les trois cas (entre 5 et 6 étages).

Dans le cas qui a fait l'objet de notre test (secteur Victor Hugo - Félix Poulat à Grenoble), nous sommes dans un tissu urbain fermé et la forme générale des rues est en U mais la rue des Clercs est aussi en U. Le parc Hoche est difficilement caractérisable : à la fois ouvert sur un côté mais fermé de l'autre, sachant que les mesures ont été faites du côté le plus fermé.



• centre urbain antérieur au XIX ème siècle 75 à 90 % (rue des Clercs)

• tissu XIX ème début XXème 50 %(secteur Victor Hugo)

• pavillonnaire 15 à 20 %

• grand ensemble 20 %

• tissu semi collectif récent

Vides urbains et étendue

Nous envisagerons plus bas (partie sur l'échelle des dispositifs) le critère de *volume* qui est plus adapté pour lire les formes urbaines au plan sonore. Toutefois, dans le cas de configurations plus étendues ou de vides urbains moins structurés (tel le cas 3 : Hoche), la distance des parois est telle que le critère de volume est moins justifié (effet de *champ libre*). La forme s'écoute alors différemment, les sources sonores peuvent être assez éloignées et donner l'impression de créer un volume sonore indépendant des parois. Du point de vue perceptif, ce type de configuration pose la question de l'échelle sonore.

La question de l'échelle de perception sonore

Le recouvrement visuel de la perception sonore influence grandement la saisie que nous avons d'un lieu, l'urbanisme d'îlot et de voies nous avait habitués à des échelles d'objets délimités et formant un tout visuel assez cohérent.

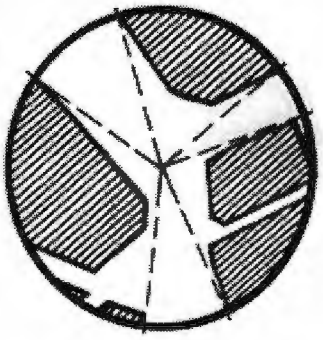
En ce qui concerne certains espaces urbains peu limités (c'est à dire appréhendable comme une forme faisant une totalité) et de dimensions importantes (en surface ou en linéaire) la question de l'échelle d'appréhension est problématique.

L'échelle peut être abordée en terme purement métrique (nous aborderons d'autres aspects de l'échelle de perception sonore plus bas), elle concerne alors le champ perceptible de l'observateur. Comment l'apprécier ? Si sur une avenue le regard peut se perdre à l'infini, seule une portion d'espace autour de l'usager affecte son environnement acoustique.

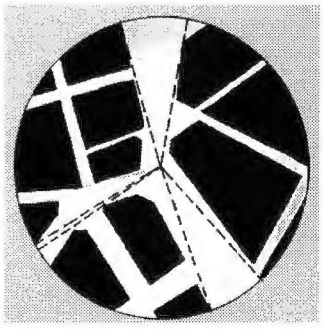
Échappées horizontales

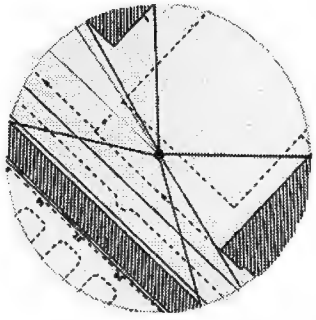
Nous pouvons considérer le champ de perception (c'est à dire l'espace, les événements et les actions) dans un cercle fictif tracé autour du point de perception situé précisément sur le plan. Pour définir l'étendue de ce cercle, son rayon, nous devrions considérer la portée de l'oreille en fonction du masque : jusqu'où peut-on entendre les sources sonores ? Cette portée dépendant évidemment des rapports de masque, il faut envisager un terme adaptable en fonction des circonstances. Un rayon de 100 mètres autour de l'observateur en site urbain dense peut convenir alors, mais 200 mètres seraient nécessaires pour les sites peu urbanisés. Il est probable que dans certains cas il suffirait de s'intéresser à un rayon encore plus limité (de 50 mètres par exemple) car en situation urbaine les sollicitations sensorielles sont telles que notre attention se focalise souvent sur notre entourage immédiat. Ce cercle perceptif, correspondant à une sorte d'omnidirectionnalité du sujet qui perçoit, est assez grossier, le sens de déplacement oriente sans doute plus l'attention vers l'avant que vers l'arrière, par exemple.

Ainsi, le degré de fermeture d'un espace urbain peut-être apprécié en un point donné, il est possible de repérer les échappées visuelles et sonores en tournant autour de l'observateur. Nous pouvons les rapporter à l'angle total de 360 ° à une distance projetée sur une circonférence située à 50 ou 100 mètres de l'auditeur. Ceci peut nous donner une idée des provenances des sources sonores et permet de voir l'impact éventuel sur l'effet d'ubiquité par exemple : plus ces directions sont nombreuses et plus il est possible que le son vienne de partout à la fois.
Le rapport entre l'espace libre et l'espace construit permet de définir la densité construite et donc la proportion de surfaces acoustiques potentiellement réfléchissantes (en connaissant la hauteur des parois). L'exemple ci-dessous illustre un point où trois directions d'échappées se dégagent représentant à elles trois à peu près un quart de l'angle total de 360°.



A cent mètres, rappelons que le niveau sonore d'une source ponctuelle diminuerait de 20 dB en champ diffus par rapport à son niveau à 1 mètre (20 (log 10)). Ce qui signifie, compte tenu du niveau de bruit dans lequel se trouve l'usager (60 à 70 dB(A) vers la place Victor Hugo par exemple), que les sources sonores situées à 100 mètres sont susceptibles d'être bien masquées par les sons les plus proches.[9]





Dans le cercle fictif au centre duquel se situe le sujet, on pourra considérer d'une part la surface d'espace non construit par rapport à la surface totale du cercle fictif (environ 3 ha, pour un rayon de cent mètres) et, d'autre part, les échappées sonores. La somme des angles d'échappée spatiale permet d'évaluer dans le plan horizontal le degré de fermeture de l'espace dans lequel se trouve l'auditeur.

2.2 Tissus construits et fonctions urbaines

Mises à part les caractéristiques géométriques que nous avons évoquées précédemment, les formes et tissus urbains sont liés aux fonctionnalités qui les ont fait naître, aussi il nous paraît difficile de séparer formes urbaines et "fonctions", surtout lorsqu'on recherche des critères de prédictibilité pour l'environnement sonore. La deuxième catégories de critères utiles relèvent donc de ce qu'il est courant d'appeler des "fonctions". Celles-ci sont définies dans le découpage de l'espace urbain, elles ont un rôle évident dans la mesure où elles déterminent des sources sonores dominantes, des rythmes temporels, et des répartitions spatiales, éléments qui sont fondamentaux pour les effets de métabole et de masque. Les critères liés à la fonctionnalité ont des conséquences sur le caractère permanent ou occasionnel de l'apparition des effets.

Les catégories de tissus urbain qu'on rencontre aujourd'hui sont hétérogènes et peuvent parfois se mixer : tissu ancien, pavillonnaire, grand ensemble, etc. Par ailleurs, les fonctions peuvent changer à long terme et l'environnement sonore peut prendre une tournure différente malgré la permanence du tissu construit.

9- Rappelons qu'au demeurant, la limite visuelle de différenciation d'une action quelconque est de l'ordre de 135 mètres et que la distance limite pour la reconnaissance d'un visage est de l'ordre de 24 mètres.

L'échelle des *tissus urbains* nous renvoie donc à la fois à des organisations morphologiques et à des modes de répartition spatiale et temporelle des activités et sources sonores, car les villes bruissent et existent à travers les sons émanant des activités et usages organisés dans l'espace, rendant ainsi sensible le lien entre le lieu et le son.

On remarquera les points suivants quant aux critères fonctionnels.

A grande échelle, les politiques urbaines génèrent la fabrication des villes et les choix ont une incidence sur le milieu ambiant à l'échelle des SDAU ou des POS notamment en ce qui concerne l'utilisation de l'esapce et la gestion de la circulation motorisée et piétonne. La ségrégation des fonctions a des répercussions sur l'environnement sonore. Par exemple, la concentration des activités tertiaire (secteur de bureaux) favorisera un certain type de climat sonore dans lequel la rareté des indices et le caractère cyclique des flux, comme la réverbération (dans le cas d'espaces minéraux), joueront un rôle déterminant. On sait aussi combien la piétonnisation des centres ville et la séparation des circulations motorisées caractérisent la gestion des villes à l'époque contemporaine et conduit à produire un environnement sonore caractérisé.

Les choix programmatifs (d'équipements importants) ne sont pas négligeables puisqu'ils préfigurent une conception ou une répartition des activités ou équipements. Si, dans le débat actuel sur les villes, le *mixage* des fonctions paraît aujourd'hui préférable afin d'éviter les défauts qu'a pu engendrer la monofonctionnalité, est-ce que ce mixage des fonctions ne risque pas d'homogénéiser l'environnement ?

Toutefois, en planification urbaine, les fonctions sont distinguées généralement de façon très globale : habitat, activité tertiaire, loisirs, commerces, espaces verts, circulation, etc. Le découpage en grandes fonctions ne peut suffire et il serait plus utile d'aborder les *usages* de façon plus précise : habiter c'est ainsi un ensemble de pratiques ordinaires et fréquentes qui produisent le milieu sonore autant qu'elles orientent l'écoute qu'on en a.

La gestion de l'environnement sonore concerne donc aussi l'organisation topographique des activités qui participent au modelage de l'environnement. Ces dimensions sont évidemment beaucoup plus aléatoires et les prévisions sont souvent dépassées par l'usage effectif. Les types de critères relatifs à la fonctionnalité recouvriraient les usages prévus ou potentiels des lieux. Ils concernent directement les **types de sources sonores et leur répartition temporelle et spatiale**.

Du point de vue de la conception, entre le déni de l'usage et la pensée fonctionnaliste (pensée qui attribue des fonctions générales à des espaces précis), il nous semble qu'une voie peut se frayer un chemin en terme de "potentiel d'usage" à partir des principales tendances de pratiques possibles d'un lieu, (nous faisons référence une thèse probabiliste des usages). De fait, cette catégorie de critère introduit le facteur temporel dans nos façons de penser l'espace, c'est à dire qu'elle conduit à envisager les différentes figures que peut prendre le lieu selon les activités qu'il abrite ou qui y dominent.

Ainsi en fonction des usages prévisibles pour des lieux il serait possible d'envisager les productions sonores susceptibles d'émerger. Aussi au plan de la

prédictibilité d'effets sonores, ces caractéristiques interagissent ; une analyse purement formelle ne nous semble pas suffisante puisque les productions sonores et les modes d'usage de l'espace qualifient le milieu entendu.

***

Parmi les six effets étudiés ici, nous dirons que certains relèvent plutôt des formes construites alors que d'autres relèvent plutôt des usages et fonctionnalités des lieux.

dominante espace :	dominante temps / usages :
réverbération	masque
coupure	ubiquité
filtrage	métabole

Toutefois nous verrons que l'interaction formes / usages est toujours déterminante pour la production des effets sonores.

D'autre part, les configurations de l'espace construit sont susceptibles de produire des qualités invariantes qui sont éveillées par les diverses productions sonores ; c'est principalement le cas pour les effets de *réverbération*, de *coupure* et de *filtrage* ainsi que pour l'*ubiquité* dans certains cas. Les effets sonores revêtent donc à ce titre un caractère de permanence différent. Par exemple l'effet de réverbération en milieu urbain varie beaucoup en fonction de l'espace mais ne peut varier fortement qu'en fonction de changements climatiques importants (neige par exemple). Du point de vue du temps, l'effet de réverbération est plus *permanent* que les effets de métabole et de masque qui dépendent beaucoup plus de la combinaison de sources sonores dans le temps et dépend donc directement des fonctions et usages.

L'approche à l'échelle des tissus urbains et des grandes fonctions, permet de rendre compte des six effets envisagés mais peu précisément. D'autre part, la complexité de combinaison d'effets sonores est parfois telle qu'elle rend la tâche difficile.
A l'échelle de la conception urbaine (plan de développement, zone d'aménagement concertée, etc.) la prédictibilité des effets sonores nécessite la définition d'éléments assez précis de manière à permettre la caractérisation des lieux. Outre les échelles d'espaces données par les documents graphiques, on doit connaître les flux prévisibles, mais aussi un certain nombre d'éléments architecturaux : type de façade, ouvertures entre lieux, desserte des habitations, occupation des rez de chaussée, etc. Souvent, un grand nombre de ces éléments ne sont pas connus à l'avance car ils dépendent plus des évolutions économiques que des intentions de l'aménagement, ce qui laisse un pan d'incertitudes et oblige à envisager des scénari potentiels vraisemblables.
Nous aborderons donc à présent une échelle que nous appellerons *échelle des dispositifs* qui permettra d'aller plus loin dans le détail.

2.3 ECHELLE DES DISPOSITIFS

L'échelle des DISPOSITIFS relève à notre sens plus précisément d'une forme créant une relation particulière à l'environnement, elle se rattache ainsi plus directement à l'usage immédiat que celle de tissu qui reste une unité d'analyse. Nous définirons les dispositifs comme des organisations caractéristiques de plans et de volumes modifiant les conditions locales de propagation des ondes sonores. Notons qu'il existe un lien entre tissu et dispositif, certains dispositifs n'existent que dans certains tissus, ou si on retrouve un type de dispositif de même famille dans des tissus différents, le rôle qu'il joue peut y être aussi différent. Les dispositifs jouent un rôle dans l'usage en créant des conditions particulières d'action. Comme nous l'avons plus haut souligné, c'est notamment en terme d'accessibilité sensible que l'expérience des dispositifs est mise à l'épreuve. Enfin cette échelle rejoint l'échelle de la perception immédiate du passant dans sa relation d'habiter la plus quotidienne, le temps d'usage s'y joue "naturellement" dans la mesure où le dispositif est vécu.

Comme nous l'avons dit, l'échelle du tissu n'indique que quelques grandes lignes générales des situations urbaines. C'est pourquoi en matière de prédictibilité sonore, il est nécessaire de s'intéresser à une échelle qui d'une part renvoie directement à l'approche architecturale puisqu'elle est liée aux édifices ou parties d'édifices et qui est en prise directe avec l'usage. La notion de dispositif concerne une échelle plus précise que celle de tissu urbain dans la mesure où il s'agit d'une partie d'espace ayant un rôle significatif pour la perception *in situ*.

A l'échelle des tissus nous avons évoqué l'impact des fonctions sur l'environnement sonore, à l'échelle des dispositifs spatiaux, nous devons envisager la relation espace/usage et perception/action. En ce sens un effet émerge et prend une signification selon l'utilisation effective et symbolique du lieu : il s'agit *d'entrer* ou de *sortir*, de se *promener* ou de *s'asseoir*, ou encore *d'attendre* dans un lieu selon plusieurs modes. D'autre part, les utilisations et les pratiques qui prennent place dans les espaces publics concourent non seulement pour une large part à la constitution du milieu sonore mais font littéralement "jouer" les dispositifs spatiaux.

Si l'on peut caractériser un dispositif au plan géométrique il est donc aussi nécessaire d'apprécier le rôle qu'il tient dans l'espace en terme d'usage dans la mesure où un dispositif spatial *offre* des potentiels d'action ou d'usage et d'échanges qui importent pour l'émergence d'effets sonores. Si ceci est plus aisé en terme d'analyse qu'en terme de conception, il paraît possible de projeter des hypothèses. Certaines actions vont jouer sur l'effet sonore en question et orienter la perception. Ces relations créent des conditions d'écoute ou une disponibilité perceptive individuelle qui orientent ou favorisent certaines formes sensibles. Ces critères d'usage ou d'action pourraient être considérés comme entièrement subjectifs et circonstanciels, il faut souligner qu'ils impliquent de façon très directe la motricité : mobilité, disponibilité, échappée, etc...

Ainsi la notion de dispositif intègre la dimension sensori motrice de l'auditeur et le cours d'action dans lequel il est le plus probable qu'un effet sonore soit

susceptible d'émerger. Comme nous l'avons dit plus haut, la mobilité et le cheminement de l'auditeur sont des éléments intéressants prioritairement la pratique de l'espace, dans les espaces publics, ou destinés à la fréquentation publique. La mobilité de l'écoute et des sources sonores est d'ailleurs primordiale dans certains effets.

A cette échelle nous devons examiner les éléments détaillant des configurations qui ont un rôle important dans le vécu sonore car c'est souvent des situations d'écoute particulières qui qualifient la relation à l'environnement sonore urbain. Ces configurations sont caractérisables, pour ce qui concerne les effets étudiés ici, par les capacités :
d'amplification (dispositifs réverbérants),
de relation (dispositifs de coupure et de filtrage),
de direction (dispositifs ubiquitaires)
d'équilibration (masque et métabole).
Nous reviendrons sur des dispositifs dans la présentation par effet (point 3 de cet exposé).

Du volume urbain au volume sonore

Le critère de densité évoqué plus haut pour qualifier un tissu urbain ne rend compte que d'une dimension de l'espace. Nous devons rendre compte du **volume** de propagation dans une configuration donnée. Tout dispositif construit peut donc être regardé comme un volume ayant une forme dans lequel des strates sonores pourraient être observées. Les strates sonores peuvent être "vues" dans le plan horizontal et vertical (voir annexe sur ce point). Ce volume renverse la lecture habituelle que l'on a de l'espace urbain en regardant non pas les parois et bâtiments qui le délimitent mais la forme du volume vide dans lequel se propagent les sons. Le rapport entre le volume construit et le volume vide en se basant sur les édifices les plus élevés peut permettre de figurer ce volume. Le degré de fermeture du volume et sa forme globale peuvent être des critères de caractérisation ayant des répercutions sur les effets de réverbération (et secondairement d'ubiquité et de filtrage).

Cette vision volumique de l'espace urbain doit compléter la lecture des limites de l'espace en proposant une inversion du plein et du vide : le plein étant le volume de propagation. Du point de vue de la forme les critères de verticalité, de profondeur seront des critères jouant un rôle primordial sur le "volume" de propagation sonore. Par exemple la rue des Clercs peut être regardée comme un canal évidé de forme allongée. Les parois de ce volume ont par ailleurs une texture (voir plus bas les critères de surfaces).
Cette lecture volumique peut être appliquée à certains éléments constituants les tissus urbains tels les îlots et voies que nous pouvons désigner en termes plus significatifs par "enclaves et "canaux".

Îlots et enclaves sonores

Une grande part des tissus constitués jusqu'à la deuxième guerre est basée sur les strutures en îlots et une relative continuité. L'opposition entre l'urbanisme d'îlots et l'urbanisme discontinu a effacé toutes les variantes existant entre ces extrêmes[10]. Mais la notion d'îlot change petit à petit, les îlots s'ouvrent pour l'éclairement et l'aération jusqu'à ce que naissent les "barres". En terme sonore, la notion "d'enclave" signifie assez bien ce que représente l'îlot ; nous pouvons ainsi entendre à la fois une relative unité de forme ou de volume délimité et une destination plutôt résidentielle ou "réservée" que strictement publique. Ceci peut toutefois être difficile à définir dans certains cas compte tenu de l'ouverture spatiale des formes, aussi la notion d'îlot doit être bien examinée afin de déterminer sa nature totalement fermée au monde extérieur ou bien sa relative porosité sonore, des paradoxes entre l'apparence fermée de la forme et le son peuvent apparaître. Par ailleurs, on ne négligera ni l'échelle de ces "enclaves" ni les usages éventuels qui en sont faits dès lors que l'on pense en terme d'effets sonores.

Au plan sonore, *l'îlot* peut être désigné par une relative autonomie et la création d'un contexte sonore spécifique qui ne pend pas toujours la même facture, il serait trop rapide d'assimiler cette forme à un type unique d'ambiance.

Selon que l'intérieur de l'îlot est nettement fermé ou non sur l'extérieur, de forme régulière ou irrégulière, sa taille, la hauteur des parois qui l'entourent, les fonctions qu'il abrite (circulation, nature des pièces qui s'ouvrent sur lui), les matériaux du sol et des parois, certains effets sonores y seront favorisés ou prendront un aspect spécifique.

Pour les intérieurs d'îlots, il nous semble que les effets de réverbération, d'ubiquité et de filtrage voire de métabole sont particulièrement sensibles mais ils y prennent des aspects chaque fois particuliers et acquièrent une dimension symbolique distincte selon le contexte d'usage de l'espace. Par conséquent, si l'on cherchait à prédire finement les effets sonores susceptibles de qualifier l'environnement de l'intérieur d'îlot nous devrions observer les formes et usages qui y sont prévisibles. Ainsi les cheminements et les accès sont à la fois des lieux de production sonore et d'écoute qui, selon leur situation vis à vis de l'intérieur d'un îlot, qualifient à la fois la relation au milieu et la constitution du paysage interne.

Voies et canaux

A l'échelle des tissus urbains, il est courant de caractériser les types de voie par les profils et gabarits, au plan sonore ces rapports métriques comptent aussi pour le type de réverbération puisque la qualité de celle-ci varie selon la distance des parois de réflexion.

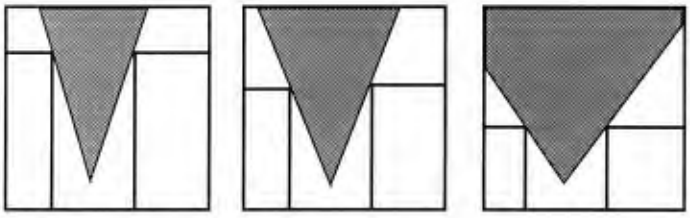
---

10 - C. de Portzamparc prétend récemment qu'une ville naît d'âge trois apparaît après celle de l'âge un (agglomération dense basée sur l'îlot) et de l'âge deux (urbanisme moderne discontinu): celle de l'ilot ouvert qui réconcilierait les qualités de la première et de la seconde. (Voir O. Mongin Vers la troisième ville, Hachette, 1995). Cette position marque une fois de plus un penchant doctrinaire affirmant a priori la "supériorité" d'un modèle. Plutôt qu'établir un modèle, il nous semble plus juste d'évaluer les contextes chaque fois différents nécessitant des réflexions appropriées. A ce titre, en ce qui concerne l'environnement sonore, l'îlot ouvert n'est valable que dans certaines situations.

Échappées verticales

Profil en travers des rues

Ce paramètre concerne essentiellement les rues ou voies qui structurent les tissus, il a été longtemps un instrument de planification des formes urbaines en fixant des gabarits. Pour les voies, c'est à la fois le profil (rapport hauteur/largeur) et la forme générale (courbe ou droite) qui permettent de les distinguer au plan formel. Les rues en U provoquent de nombreuses réflexions et engendrent un champ acoustique proche d'un champ réverbéré diffus, elles provoquent aussi une augmentation du niveau de pression acoustique. C'est donc ce caractère de diffusion qui définit une rue en U pour un acousticien. Au contraire, dans une rue en L, on sait que la réverbération est moins importante puisque l'ouverture sur le ciel est plus grande, c'est le trajet direct du son qui est prépondérant. Le "plafond" étant à ciel ouvert, il est jugé acoustiquement absorbant.

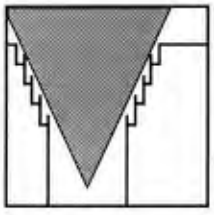


L = 1/2 H
O = 1/6

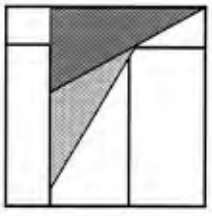
L = 2/3 H
O = 1/5

L = H
O = 1/4

L'angle d'ouverture varie avec la hauteur des bâtiments : l'aire d'absorption du ciel est grande (de 17 % à 25 %) donc le temps de réverbération diminue



Cas des bâtiments à gradins



L'habitant de l'étage haut est dans un champ réverbéré moindre que celui du bas

Le linéaire de la rue et les alignements créent une continuité visuelle des parois délimitantes. Au plan de la morphologie la *linéarité* d'une voie et les brisures ou coudes importent et l'on peut faire l'hypothèse que la configuration rectiligne ou sinueuse de la voie joue sur les effets d'ubiquité.

Enfin, si les voies peuvent être définies par le traffic qu'elles supportent et peuvent renvoyer à certains effets sonores probables comme l'effet de masque sur la parole à une distance donnée par exemple, d'autres sources sonores doivent être prises en compte pour caractériser l'ambiance sonore d'une voie :

• la proximité des façades si elles jouent sur la réverbération, joue aussi sur les transmissions de sons venant des façades habitées (*filtrage*, *intrusion*) d'autant si le bruit de fond est bas (on doit d'ailleurs envisager les périodes diurnes et nocturnes),

• la présence de balcon à la fois comme texture de diffusion acoustique mais aussi comme lieu d'émission ou de réception sonore,
• les revêtements des sols pour les véhicules motorisés ou les piétons (révèlent les impacts).
En conséquence, les voies peuvent être envisagées comme des dispositfs particuliers caractérisés par un volume général au sein duquel nous pouvons repérer des dispostifs à une échelle encore plus précise : portiques, arcades, surélévations, écran, auvent, redents... Ces éléments sont par ailleurs des supports d'usages caractérisés.

En terme sonore, nous pouvons donc saisir un dispositif dans la mesure où un ensemble de descripteurs permet de le caractériser, aussi l'échelle de saisie spatiale peut varier sensiblement : il peut s'agir d'une disposition particulière de deux parois ou de l'intérieur d'un îlot, tout dépend du champ perceptif considéré.

La dimension temporelle

Nous voyons que la notion de dispositif pose la question de l'échelle non seulement du point de vue métrique (champ perceptif spatial) et temporel (champ perceptif temporel) mais aussi au plan plus subjectif (attention et orientation perceptive dans l'usage). Comme nous l'avons déjà souligné, cette échelle doit être rapportée à l'écoute in situ, l'échelle de saisie d'un dispositif pouvant être comme on le voit variable. Le citadin ne perçoit à un moment donné qu'un *fragment* limité de l'environnement et non une totalité. Quelle est alors l'échelle de la perception sonore, comment varie-t-elle ? Comment se découpe-t-elle dans l'espace et dans le temps ? Où "commence" et où "s'arrête" les "unités discrètes" de l'environnement considéré ?

Dans le cadre d'une **approche écologique de l'écoute**, considérer la perception sonore lorsqu'on se place à l'échelle du passant ne revient pas seulement à imaginer l'*aire d'audibilité* vue auparavant mais aussi à prendre en compte la dimension temporelle (temps de perception, temps de déplacement). Celle-ci introduit une variabilité des événements qui rend difficile la saisie analytique. Si la caractérisation d'une "ambiance" est possible, ce n'est que d'un point de vue situé. A ce titre, la notion d'effet est adaptée et permet notamment de se dégager d'une approche globale "d'ambiance" : ce qui fait l'effet dépend aussi fortement de la dimension temporelle, temps d'immersion et variabilité de l'ambiance sonore.

Si l'auditeur se déplace, ce temps peut être évalué par rapport à sa vitesse de déplacement. Cette notion est nécessaire pour évaluer notamment certains dispositifs spatiaux dans l'activité des pratiques notamment pour les effets de coupure et de filtrage.

Au plan de la conception, la notion de dispositf est intéressante à plus d'un titre : elle permet d'envisager des formes à partir des effets recherchés en approchant les conduites et temps d'usage.

2.4 ECHELLE DES MATÉRIAUX et SURFACES

Cette échelle s'emboîte à notre sens dans l'échelle précédente de façon assez intime. L'échelle des MATÉRIAUX ET SURFACES concerne la partie la plus élémentaire du cadre bâti, c'est à la fois les matériaux de construction et les épaisseurs des surfaces qui délimitent les volumes construits de réflexion. Les fonctions dévolues à des lieux induisent certaines types de matériau de surface. Nous remarquerons qu'il existe une double relation quant au matériau : le matériau comme surface de réflexion et le matériau comme source sonore potentielle (résonance interne ou d'impact). Les surfaces ont à ce titre une double relation sonore aux fonctions et usages qu'elles enveloppent ou révèlent de façon plus directe, car, en terme perceptif, les surfaces renvoient à l'échelle d'audibilité la plus corporelle, l'appréhension la plus directe en est notamment celle du sol.

Cette troisième échelle est un domaine peu abordé dans l'analyse urbaine. Or si les caractères géométriques sont importants, on ne saurait négliger les matières qui les construisent Ce domaine est primordial à la fois pour les effets de propagation (réflexion et absorption) et les sources sonores. Les matériaux des espaces urbains ont à la fois des caractéristiques proprement acoustiques c'est à dire agissant sur la réflexion des sons mais d'autre part, les bruits sont liés à l'objet, ils en reflètent la structure interne et informent sur la matière dont l'objet résonnant est composé. Ainsi, les matériaux sont des sources sonores lorsqu'ils entrent directement en interaction avec l'usage. C'est une échelle où l'action de la conception est aussi extrêmement efficiente et au sein de laquelle la dimension sonore est peu informée. Nous employons le terme de surface car il s'agit cette fois de porter attention à la pellicule qui enveloppe les lieux, cette surface étant plus ou moins épaisse.

Façades et parois : matériaux, modénatures, textures

Comme chacun sait l'acousticien doit considérer chaque paroi délimitant le local qu'il étudie. Dans le cadre des espaces urbains ces parois sont les façades ou les parois et les sols. Leurs coefficients de réflexion (alpha Sabine) étant proches dans les espaces urbains, compte tenu que les matériaux absorbants y sont rares, il serait insuffisant de ne considérer que ce seul critère.

<u>matériaux</u>

Le passage du bois à la pierre puis à d'autres matériaux caractérise l'évolution des villes. On notera que les matériaux font l'objet de connotations qui affecte fortement le ressenti, ("la chaleur du bois"), bien qu'il soit difficile d'établir des distinctions très objectives, on ne peut négliger cet impact des matériaux. Par ailleurs cet impact nous paraît varier en fonction de l'échelle spatiale compte tenu que la perception "physique" (et non optique) du matériau est corporelle, aussi dans les espaces de petite échelle cette dimension est particulièrement prégnante.

Les matériaux en façade peuvent être distingués bien qu'ils aient tous des coefficients de réflexion sonore proches en site urbain extérieur.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 K Hz	4 K Hz
béton lisse ou peint	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,07
gds panneaux de glaces simples	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
surface d'eau	0,01	0,01	0,01	0,015	0,025	
crépi	0,01	0,03	0,04	0,05	0,08	0,17
marbre	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
briques brutes	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
sable sec épais 10 cm	0,15	0,35	0,40	0,50	0,55	0,80

On notera que les différences se jouent essentiellement sur les aigus.

modénature et diffusion

La modénature d'une façade concerne à l'origine le galbe des corniches, nous l'entendrons ici au niveau des éléments qui la composent. Les façades sont en effet plus ou moins lisses ou peuvent comporter une proportion variable d'éléments secondaires de petites ou de moyennes dimensions. On sait que ces éléments agissent sur la diffusion des sons et qualifient la réverbération dans un lieu notamment dans ses composantes aiguës.
Les modénatures des parois de cette salle imaginaire qu'est un vide urbain sont ses façades qui doivent être considérées puisqu'elles agissent sur les qualités de la réverbération de ce volume selon qu'elles sont,
Les catégories de parois peuvent dons être distinguées à partir des rapports de dimensions entre les éléments qui composent leur texture.

Épaisseur

Les rapports entre les différents plans que peut contenir une façade sont aussi à prendre en compte : celle-ci peut tenir en un ou deux plans principaux et comporter peu de vides tels que loggias, à l'inverse elle peut être plus complexe et constituer une peau épaisse comportant des creux importants et des plans dans des directions différentes.
A ce titre les façades épaisses peuvent constituer des niches d'écoute spécifiques.

Sols

Les sols sont des sources sonores dès lors qu'ils sont révélateurs des pas à des degrés divers et sous des qualités toutes aussi variées. L'impact des pas sur le sol est particulièrement présent dans les rues piétonnes en l'absence de masque et contribue à l'effet de métabole du fait des rapports fluctuants entre l'ensemble formé par tous les passants et les parties émergentes grâce à la proximité.

On sait combien le changement des revêtements des sols dans les espaces urbains n'est pas resté sans réactions[11] : entre le pavé de bois, la pavé granitique et l'asphalte, certains distinguaient des différences de sonorités assez sensibles d'autant plus que les roues ne sont pas encore en matériaux amortissant.

Ces différents types de sols sont à envisager dans le contexte local où ils s'inscrivent c'est à la fois le contexte acoustique (et notamment la réverbération), la densité d'usages et le statut des voies qui en définissent l'impact sonore et la dimension symbolique.

Autres éléments

Les éléments naturels introduits dans l'espace urbain peuvent induire certains effets sonores, ce sont à la fois des matériaux (parfois producteurs de sons) et des surfaces (de réflexion).

Végétal

On sait que la végétation agit peu sur les niveaux sonores à moins d'être dense et épaisse, qu'elle agit par contre sur la diffusion des sons et qu'elle amène des sons spécifiques (vent, oiseaux) tout en ayant un impact important au plan de l'imaginaire. L'aspect visuel déborde sur la perception sonore. La végétation semble masquer le bruit urbain (idée fausse mais toujours répandue dans le milieu de l'architecture).[12]

---

11 - Voir à ce propos G. Chelkoff, L'urbanité des sens - Recherches sur les perceptions et conceptions des espaces publics urbains, thèse de octorat, 1996.

12 - "C'est ici que se dresse la cité pleine de monde, dans le calme et l'air pur, et le bruit demeure tapi sous les frondaisons de arbres." Le Corbusier in Urbanisme, 1925.

3. REPÉRAGE PAR EFFET

Nous envisagerons à présent les critères qui permettent de décrire chacun de ces domaines en les envisageant pour chacun des effets sonores. Nous rendrons compte en même temps des différents "aspects" d'effet, c'est à dire leur tournure selon les éléments mis en jeu et le gradient de force ou d'occurrence qui les rendent probables, ceci nous permettra d'aborder les conditions perceptives et actives qui les construisent ainsi que les formes spatiales et critères d'usages qui paraissent déterminants. Cela permettra aussi de voir à quel niveau de conception les différents effet abordés ici peuvent être vecteur de réflexion.
Nous avons choisi de présenter par effet sonore les facteurs susceptibles de jouer un rôle important et de montrer certains dispositifs spatiaux relatifs à l'effet concerné. Il s'agit à la fois d'envisager dans quelles directions de réflexions engage l'effet en question du point de vue de la conception et d'affiner les variantes d'un même effet selon qu'un facteur prédomine. Certains critères traversent plusieurs effets, nous ne les répétons pas, une récapitulation finale, mais non exhaustive compte tenu des limites de ce travail, conclut cette partie.

3.1 RÉVERBÉRATION : ENVELOPPE

La réverbération est un effet de propagation bien connu par lequel les sons résonnent après que leur émission ait cessé. L'effet de réverbération paraît amplifier la présence, décuple le son, modifie les distances, elle "rend plus présent" dans l'espace public urbain et touche particulièrement "l'appropriation sonore" d'un lieu. Moins le bruit de fond est élevé plus elle est audible : par conséquent elle est sensible dans les lieux fermés et protégés (cours, passages...). Certains lieux urbains sont réverbérants et s'identifient à travers cette caractéristique (les halls de gares du XIX ème siècle).

Les variables acoustiques qui modifient la teneur de cet effet sont connues, elles renvoient à des phénomènes différents selon que c'est l'une au l'autre qui domine dans la perception de l'effet.

ACOUSTIQUE
- temps de chute après fin de l'émission sonore
- relation entre son réfléchi et son direct
- force des premières réflexions
- bande de fréquence favorisée par la réverbération

PERCEPTION
ACTION
- éveil du volume, prolongation, auto-écoute
- distances d'écoute
- amplification et déformation

FONCTION-NALITÉS

• type de sources sonore ; l'impact des sources impulsives : des productions sonores (vocales ou autres) peuvent révéler la réverbération
• le niveau du bruit de fond laisse plus ou moins entendre l'extinction des sons
• emplacement relatif des sources sonores par rapport au point d'écoute
• relation entre statut de l'espace et réverbération : exemple des intérieurs d'îlots

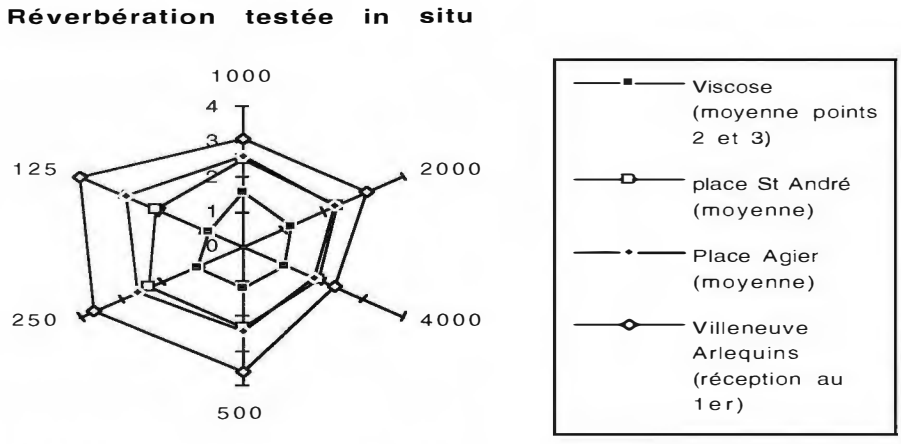
FORMES ARCHITEC-TURALES

Le critère principal relève de la relation entre surface réfléchissante et absorbante, en terme architectural et urbain cela interagit directement avec la densité construite dans un lieu

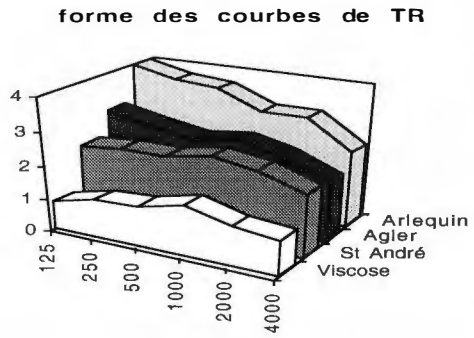
Tissus urbains

Catégories de réverbération dans les tissus urbains

Les mesures que nous avons effectuées dans des tissus urbains de différentes densités montrent évidemment un temps de réverbération plus faible dans des sites peu construits. D'après nos différentes expérimentations il varie de 1 à 4 secondes



Différentes représentations de TR peuvent rendre compte graphiquement de **formes** de réverbération liées au spectre. La présentation en forme "toile d'araignée" révèle bien la dilatation du champ acoustique autour d'un point central qui serait l'auditeur et la tendance à favoriser telle ou telle bande de fréquences.



Le critère principal relève de la relation entre surface réfléchissante et absorbante, en terme architectural et urbain, cela interagit directement avec la densité construite dans un lieu.
Mais il est nécessaire de regarder d'autres critères plus précis que la seule durée de réverbération, notamment la composante des premières réflexions qui dépend de la distance des parois par rapport au point d'écoute. La force relative des premières réflexions dépend fortement de la morphologie architecturale et des éléments de superstructure. Elle influe sensiblement l'aspect de l'effet de réverbération localement puisque la qualité de la réverbération est perçue selon la distance des parois par rapport à l'auditeur.

Premières réflexions fortes :
Cas des tissus urbains anciens où les rues ne dépassent pas 12 mètres de large. Beranek a qualifié ce phénomène par la notion d'"intimacy" en acoustique des salles. (Exemple de la rue des Clercs)
Premières réflexions faibles :
Cas des grands espaces libres, ou bien lorsque l'auditeur se trouve au centre d'une vide urbain plutôt qu'à son pourtour. Cette qualité de réverbération caractérise les espaces ou le critère **d'étendue** est dominant plutôt que celle de volume. (Exemple du jardin Hoche)
On sait que les premières réflexions sont plus faibles lorsque les parois sont assez éloignées de l'auditeur (boulevard large, grandes places) et que celui-ci se trouve au point le plus écarté de ces parois (partie centrale d'une place par exemple).

Dispositifs

On sait que le temps de réverbération n'est pas homogène en espace urbain. Un critère important pour l'aspect de la réverbération est lié à la distance aux plans de réflexion que sont les parois / façades dans un dispositif spatial donné. Certains effets particuliers sont repérables et sont connues ; au plan des effets de focalisation par exemple ou de *flutter echo* dans les lieux de petites dimensions aux parois parallèles.
Il faut donc considérer les éléments qui font intervenir les formes bâties à plus petite échelle, que ce soit des micro dispositifs urbains ou du mobilier urbain.
• Proximité des parois :

Premières réflexions fortes

C'est le cas lorsque les parois sont peu éloignées de l'auditeur (rue étroite, passages, tissu urbain serré, couverture partielle : auvent, porche...), comme l'indiquent de nombreuses enquêtes et les observations de non voyants, les parois se rendent phoniquement présentes par les réflexions sonores.

Les éléments secondaires occupant les espaces publics type mobilier urbain, ont leur importance en créant des "niches sonores" très circonscrites. Par exemple un abri bus ou un écran de faible taille procurent de telles "**niches sonores**" par la double action sur les premières réflexions du son et la diminution éventuelle du bruit de fond. De la même façon une saillie ou un balcon peut agir localement sur la réverbération on parlerait alors d'**abat son**[13], (réflecteurs, écrans, auvents), les reliefs horizontaux peuvent renforcer le niveau sonore en partie basse de la façade.

Certaines formes ou configurations notamment à petite échelle favorisant des résonances sont aussi repérables ou concevables :
cas des formes en "tuyau" ou "canal" : accès couverts de petites sections.
passage couvert :

galerie de l'Arlequin à Grenoble, réverbération et résonnannce.

Surfaces

- Pouvoir absorbant des matériaux et modénature des façades

Les matériaux ont un importance fondamentale pour cet effet. Si la majeure partie des matériaux de l'aménagement urbain sont réfléchissants, la capacité de diffusion des éléments des surfaces et la distance des parois réfléchissantes modifient par contre l'aspect de la réverbération

13 - Une remarque acoustique dans le texte de Vitruve à propos de la "curie", lieu où les sénateurs s'assemblent pour régler les affaires de l'Etat, montre un soucis de confort sonore plus qualitatif que normatif : il préconise au milieu des murs "une ample corniche, avec une grande saillie en dehors, afin que la voix des plaidants qui viendraient à se perdre dans le vaste palais soit ainsi retenue et portée aux oreilles des auditeurs." Cette corniche semble donc servir d'abat-son dans un lieu vaste (et sans doute réverbérant).

3.2 UBIQUITÉ : DIRECTIONS ET DISTANCES

L'effet d'ubiquité est lié à des phénomènes de propagation mais aussi à l'emplacement et au spectre des sources sonores.
En pratique l'effet d'ubiquité devrait être éviter dans la mesure où il est susceptible de produire un malaise pour l'auditeur, voire une anxiété (exemple des parkings souterrains). D'un autre côté, dans certains tissus urbains (on pense aux cours d'habitat ancien) l'effet est prégnant et n'est pas pour autant négatif, il participe au sentiment de production d'un environnement sonore commun.

ACOUSTIQUE

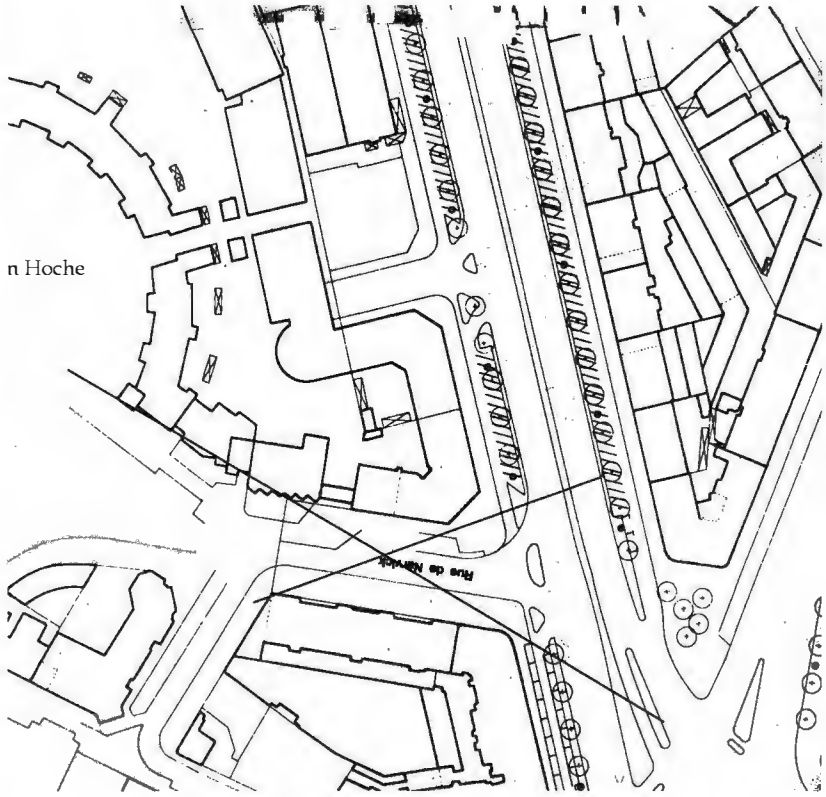
Propagation :
Réverbération : rapport entre sons direct et son réfléchi
Perte des aigus rendant plus difficile la localisation des sources sonores
Type de source sonore
Directionnalité des sources
Continuité des sons
Multiplicité des sources
Mobilité des sources
Position des sources
Non visibilité des sources
Transmissions solidiennes (bruits d'impact et vibrations)

PERCEPTION /
ACTION
Position du point d'écoute : éloignement, hauteur
Latéralisation et auto-repérage du sujet dans l'espace
Relation visuelle/sonore

FONCTIONNALITÉS
ET USAGES
Emission de sons graves
Mixage de fonctions, densité d'activités : la multiplicité des sources sonores à certaines périodes et l'échelle de la place favorisent l'ubiquité (Victor Hugo).

FORMES ARCHITECTURALES
Grands volumes,
Champ ouvert ou très fermé,
Point d'écoute élevé (belvédère)
Cages d'escaliers et halls
Réflecteurs créant des sources virtuelles
Formes concaves
Constructions denses : les sources non visibles sont audibles
Catégorie d'effet qui concerne les dispositifs orientant les sources sonores d'une part, et les échappées horizontales et verticales d'autre part.

Hoche : source virtuelle créée par une façade désorientant la circulation du boulevard et la forme concave de la façade délocalise les sons produits au centre



Ce plan montre que la paroi (emplacement de la croix symbolisant le passage des sons) crée une source "virtuelle" qui désoriente le trajet des bruits routiers provenant des grands boulevards.

Rue des Clercs : sons audibles mais sources non visibles, le filtrage de certains sons qui semblent provenir soit des fenêtres soit d'un ailleurs qu'on ne voit pas. Les acteurs sonores sont "exposés" autant au point de vue sonore que visuel étant donné l'étroitesse du cadre, l'absence de masquage et la mise en valeur par la réverbération et le retour sonore immédiat des parois.

Tissus urbains et ubiquité

Nous avons dit que le degré de fermeture d'un espace urbain pouvait être apprécié en un point donné en repérant les échappées visuelles et sonores en tournant autour de l'observateur et en les rapportant à l'angle total de 360 ° à une distance projetée sur une circonférence située à 50 mètres ou 100 m selon les cas.
Ceci peut nous donner une idée des provenances des sources sonores et permet de voir l'impact éventuel sur l'effet d'ubiquité par exemple : plus ces directions sont nombreuses et plus il est possible que le son vienne de partout à la fois (si toutefois des sources existent !).
Notons que dans les tissus anciens, les rues sont rarement rectilignes, les courbes et les angles qui les déforment par rapport à une droite ont des effets sur la propagation sonore : les rues débouchent dans de nombreux cas sur des angles ou de façades qui limitent la portée visuelle et acoustique et canalisent le son.

Dispositifs ubiquitaires

Certaines formes particulières engendre de l'ubiquité notamment les formes focalisantes et de hauteur importante.
L'effet d'ubiquité fait intervenir des paramètres de directionnalité et d'ouverture ou d'échappée spatiales qui interagissent avec l'échelle de perception sonore humaine.
Les deux paramètres principaux sont donc ici au plan spatial la direction et la distance.
Notons que dans les tissus anciens, les rues sont rarement rectilignes, les courbes et les angles qui les déforment par rapport à une droite ont des effets sur la propagation sonore : les rues débouchent dans de nombreux cas sur des angles ou de façades qui limitent la portée visuelle et acoustique et dispersent le son en tous sens.
Dans le plan vertical
Les positions relatives des sources dans le plan vertical est un autre critère concernant l'effet d'ubiquité. On doit alors considérer les opportunités de position relative entre sources sonores et auditeurs qu'offre l'agencement de l'espace.
On notera aussi que les balcons peuvent induire des usages et amener des sons provenant des façades notamment l'été, compte tenu de leur hauteur et de la réverbération du lieu, ils peuvent être plus difficilement localisables.

EFFETS ENGAGEANT LES FORMES DE LIEN : *disjoncteurs et relieurs*

La notion d'effet de coupure ou de filtrage intéressent particulièrement les dispositifs construits et concernent au premier plan les articulations et transitions qui disjoignet ou relient des lieux.

3.3 COUPURE

Pour l'effet de coupure, les dispositifs spatiaux ont un rôle déterminant puisque ce sont les rapports source / auditeurs qui sont principalement concernés dans la dynamique du temps.
L'effet de COUPURE[14] sonore sera un instrument essentiel de différenciation, de disjonction entre espaces, notamment de la transition entre le chez soi et la ville ou entre espaces publics. Il marque les frontières et les seuils, contrarie l'homogénéisation et uniformisation de l'environnement sonore. L'effet peut être accentué par différences de matériaux ou de sources sonores. L'effet de *coupure* sonore permet d'anticiper le domicile ou de distinguer des partitions des espaces. Produire un effet de coupure dans un cheminement demande quelques conditions particulières : les coudes, les chicanes et les angles sont à ce titre des éléments qui vont favoriser l'apparition de cet effet si des échelles (notamment les distances entre parois) sont respectées.

ACOUSTIQUE
chute d'intensité/temps
changement d'enveloppe
disparition d'une source sonore (masque, écran ou arrêt de l'émission)

PERCEPTION /
ACTION
Une chute de 6 dB est clairement audible (ce qui correspond à la diminution d'une source sonore ponctuelle en champ libre si la distance double)
cheminement
mobilité du point d'écoute

FONCTIONNALITÉS
ET USAGES
marqueur de limites, de seuil, disjonction et différenciation des lieux
valorisation d'intervalles et séquentialité temporelle du cheminement
différences de statut des lieux (ex: public/privé) ou identification

FORMES ARCHITECTURALES
Articulations : Passage d'angle, sas, chicane, baïonnette, fermeture de porte
volumétrie différentes
muret, écran : création de zone "d'ombre" situées immédiatement derrière un écran
changement de matériaux de sol

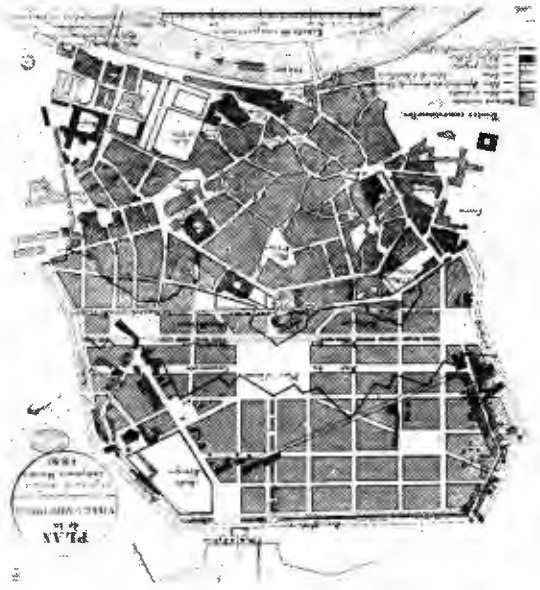
14 - Nous avons caractérisé l'effet de coupure par une chute soudaine d'intensité qui peut être associée à un changement d'enveloppe spectrale, c'est à dire de timbre, ou de réverbération.

Cet effet peut avoir une efficacité particulièrement probante dans l'aménagement de l'espace puisqu'il renvoie directement à la structuration des lieux, c'est certainement le plus accessible à la compréhension et à l'instrumentation projectuelle. Il peut se présenter sous des aspects très divers, non seulement en fonction de la force mais aussi par les formants qui le rendent sensibles.
4 cas de figure peuvent être distingués selon l'importance de la différence de niveau et la durée de la coupure :
1/ décroissance rapide / chute importante : effet dont la perception est inévitable ; marquage net, surprise
2/ décroissance rapide /chute faible : la distinction peut toutefois s'établir à partir des sources sonores et l'orientation perceptive
3/ décroissance lente et régulière / chute importante : l'effet de coupure se définit petit à petit, perception sensible renforcé par la symbolique spatiale (porte).
4/ décroissance lente / chute faible : les conditions objectives d'effet de coupure ne sont pas réunies : cas de "fondu-enchaîné".

D'autres cas de figures sont envisageables :
passage brusque d'un espace réverbérant à un espace mat (coupure par changement de qualités de propagation)
passage d'un lieu à dominantes sonores différents (coupure par changement de climat sonore)

Tissus urbains
Les tissus urbains anciens d'origine médiévale comportent des irrégularités et des échelles telles que les effets de coupure y sont potentiellement plus fréquents que dans les tissu plus linéaires du XVIII ème et surtout du XIX ème siècle.

Plan Grenoble 1840 : changement de trame urbaine



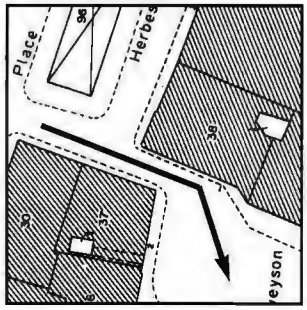
Dispositifs

Articulations spatiales

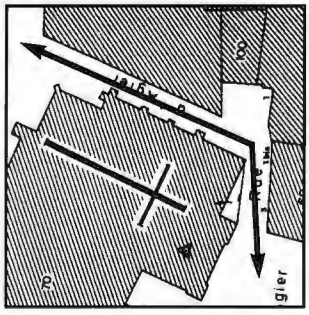
La notion de délimitation -de l'espace, du privé et du public- est une question fondamentale dans la pensée urbanistique. C'est en grande partie sur les relations entre différentes parties d'environnement ou de paysage sonores que se fonde la perception qualitative de l'habitant. De nombreux travaux menés au CRESSON ont montré d'autre part que la perception sonore dynamique valorisait ces articulations, véritables jeux de différenciations ayant un rôle symbolique important.
Si les ambiances sonores ne suivent pas strictement les limites visuelles, certaines articulations entre différentes unités d'espace favorisent particulièrement des effets de coupure ou de filtrage accompagnant le déplacement de l'usager.

Ainsi les angles de rues, les passages couverts, les arcades, etc... méritent un examen particulier du point de vue de leurs propriétés sonores. Il serait donc nécessaire d'étudier un grand nombre de formes d'articulations et de voir dans quelles conditions un effet de coupure ou de filtrage est susceptible de se produire. Par exemple, dans le centre ancien de Grenoble nous avons repéré que le tissu créait des formes que nous avons appelé des "chicanes", des "entonnoirs", des "baïonnettes" ou des "siphons"...
Ces configurations spatiales peuvent être ré interprétés dans le cadre d'une architecture de son temps, contemporaine, à condition de savoir quelles sont les conditions matérielles requises. Nous voyons donc ici une voie particulièrement intéressante pour la conception sonore de l'espace : la notion de coupure permet de réfléchir aux articulations.
Formes d'articulations spatiales entre deux places ou entre rues et place, susceptibles de favoriser l'effet sonore de coupure ou l'effet de filtrage.
Elles se situent dans le centre ancien de Grenoble.

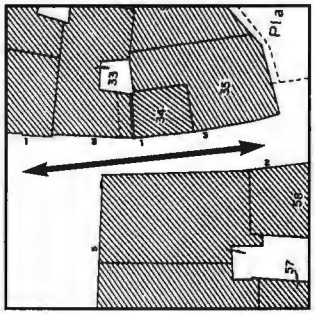
20 m 0 20 m

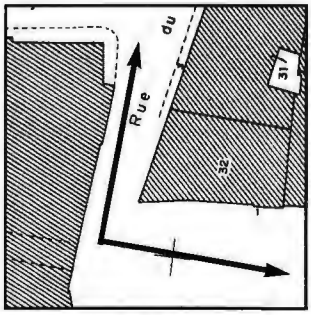


Baïonnette :
Chevauchement de deux angles de bâtiments à l'articulation de deux places. Plus ce chevauchement sera important plus la disjonction sonore sera effective. La chute d'intensité mesurée est de 15 dB(A)

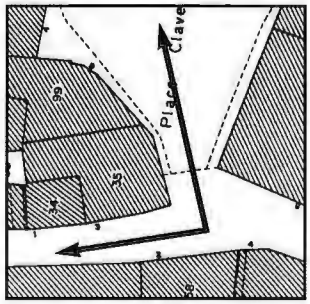


Coude :
Rue étroite fortement coudée articulant deux places : la ruelle est très étroite et le coude assez anguleux pour rendre les deux espaces sonores indépendant l'un de l'autre et créer un entre deux

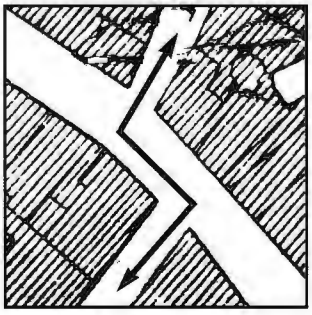




Entonnoir :
Rétrécissement de la rue avant son débouché sur un espace.
Un entonnoir plus accentué réduit l'ouverture et limiterait les échanges sonores.



Chicane :
Changement accentué de direction (90 °) dans le sens de déplacement



Chicane :
Rupture de la continuité du trajet dans la prolongation de la rue : elle brise la continuité

Dans les tissus XIX ème les rues ayant des gabarits plus importants que dans les périodes d'urbanisation précédentes le rôle des angles est moins immédiat : il faut parcourir une certaine distance pour ressentir l'effet de l'angle.

Matériaux

Un changement de matériaux est susceptible de provoquer une modification de l'enveloppe spectrale, ou encore la modification des revêtements du sol peut modifier les sons d'impacts (c'est le cas dans l'exemple ci-dessus). Si les matériaux ne sont pas les constituants majeurs, ils peuvent créer des différences significatives qui sont d'autant mieux perçues qu'elles se rendent sensibles aussi par contact (tactilité du sol).

3.4 FILTRAGE

Les relieurs

L'effet de FILTRAGE[15] définit une distance d'écoute tout en maintenant un contact sonore, il est intéressant à ce titre aussi bien dans les relations internes au logement que dans ses relations à l'extérieur. Filtrer ce n'est pas supprimer toute relation (isoler) mais conserver un fil ténu avec l'entourage, laisser une porte entrebâillée, architecturalement c'est rechercher un porosité plutôt qu'une transparence totale. Proche de l'effet précédent, le filtrage est toutefois différent, il joue sur le "reste" sonore. C'est une forme de relation qui affecte particulièrement les rapports entre deux lieux : entre pièces d'un même logement, entre le proche et le lointain, l'intérieur et l'extérieur. L'effet de filtrage se joue souvent essentiellement dans la partie aigue du spectre. Au même titre que l'effet de coupure ce sont les rapports source/auditeur qui sont ici moteurs mais plus nécessairement dans le temps.

ACOUSTIQUE
Changement d'enveloppe sonore

PERCEPTION /
ACTION
non correspondance du visible et de l'audible
distance des sources
impression subjective de distance

15 - Cet effet est quant à lui caractérisé par un renforcement relatif ou un affaiblissement (cas le plus courant) de certaines fréquences contenues dans le son de référence.

FONCTIONNALITÉS
ET USAGES
Limites et liaisons d'espaces
Communication phatique
Perméabilité privé/public

FORMES ARCHITECTURALES
obstacles
canaux
parois
modalités de transition et degré de "porosité" des parois (voir l'échelle des "surfaces")

Tissus urbains

Les tissus urbains procurent comme on l'a vu des situations qui permettent de différer le contact sonore direct avec les sources. La cour d'immeuble ancien en est un archétype : l'allée qui s'ouvre sur l'espace extérieure est longue mais non fermée et laisse passer une partie des sons en filtrant les aigus.

Dispositifs

C'est essentiellement à cette échelle que l'effet de filtrage peut être envisagé puisque cet effet intéresse particulièrement les relations limites entre espace privé et espace public. Le filtrage peut résulter de réflexions multiples sur des parois déviant les ondes sonores. Ainsi quand il s'agit d'une paroi séparative ou d'un obstacle, le degré de porosité et de la hauteur agiront sur l'effet.
D'autre part, des éléments liés aux ouvertures et aux cheminements nous paraissent importants. Les caractéristiques des façades d'habitations et les usages se situant près des limites sont en effet susceptibles d'agir sensiblement sur cet effet.

Ouvertures
Le type de dispositifs en façade et le bloc ouvrant peuvent être plus ou moins filtrant dans les deux sens de propagation : de l'extérieur vers l'intérieur (parfois inversement, lorsque le bruit de fond est bas (cas des quartiers anciens rue desClercs : effets de filtrage : sons des rues adjacentes).
Si le bruit de fond n'est pas trop élevé, (situation de non-masque) il n'est pas rare d'entendre dans l'espace public des sons qui proviennent des logements. Ces sons qui mettent un peu de vie privée dans l'espace public, passent un certain nombre d'obstacles et se transforment au plan fréquentiel : l'effet de filtrage est à ce titre révélateur.

Nous remarquerons aussi que dans le cheminement de l'intérieur vers l'extérieur les types de portes laissent passer plus ou moins certaines fréquences.

Distance des cheminements par rapport aux façades
La perméabilité du privé et du public est un point particulièrement important de la gestion et la qualification du milieu sonore. Il est fréquent de percevoir ces ambiances dans les espaces de petites dimensions tels que cours, passages, ou rues un peu étroites : le **niveau de bruit de fond** et la distance du **cheminement par rapport aux façades** sont alors deux paramètres décisifs.

Matériaux

Dans l'espace urbain, rares sont les matériaux filtrants, c'est plutôt à l'échelle des dispositifs que cet effet est repérable.

En ce qui concerne les effets de composition tels que métabole et masque, les sources sonores sont à considérer particulièrement.

3.5 MÉTABOLE

équilibre sonore

L'effet de métabole est caractérisé par l'instabilité perceptive des relations entre figures et fond sonores impliqués par la présence simultanée de sources sonores, il apparaît notamment dans les situations publiques de densité.
La composition des sources sonores dépend de facteurs plutôt fonctionnels que spatiaux , mais une des formes remarquable de métabole est liée à la multiplicit de sources sonores et à la réverbération du lieu, donc à des facteurs formels.
Le critère dominant est la relation entre sources sonores et échelle spatiale.

ACOUSTIQUE
Concurrence de sources sonores
Réverbération
La position du récepteur peut jouer fortement (hauteur)

PERCEPTION /
ACTION
Poly-fonctionnalité
Multiplicité des sources
Importance des sources sonores vocales
présence vocale
200-640 HZ formants de voyelles
1600-5000 HZ : formants des consonnes

FONCTIONNALITÉS
ET USAGES
Espace public fusionnel et immersion

FORMES ARCHITECTURALES
Volume
Plans de réflexion sonore multiples

place Victor Hugo : rapport figure fond instable, inversion selon les rythmes des feux et influence de la densité du public. Effet lié au piétinement (piétonnisation de la seconde partie du parcours qui produit une "nappe sonore" dans le volume qui fait tantôt, figure tantôt fond.

Hoche : rapport figure fond toujours clair, le fond est présent mais contenu, les émergences sonores se détachent et prennent du corps grâce à la réverbération dans la forme concave de la façade.

Clercs : pas de rapport figure-fond, le fond est très bas. L'effet de métabole peut se produire dans le mixage des sources vocales et des bruits d'impact des pas.
Dit de façon très subjective, la place Victor Hugo et la rue des Clercs ont des densités d'usage plus grandes que le parc Hoche dans le sens où les flux qui les traversent sont plus importants en période diurne et nocturne.

Tissus urbains

Dans les tissus urbain de trame irrégulière et où les voies sont étroites et hautes, les réflexions et sources sonores se mêlent plus facilement, compte tenu de l'absence de masque (circulation réduite). La multifonctionnalité des lieux n'y est aussi pas pour rien.
La densité de public détermine notamment la présence de composantes vocales qui sont propices à l'effet de métabole. La "densité d'usage" dépend des fonctions et du rôle de l'espace urbain. Pour approcher la notion de densité d'usages, Abraham Moles a proposé de mesurer le nombre de "micro événements" par unité de surface dans un lieu. Toutefois la prise en compte de cette occurrence ne suffit pas pour définir l'ambiance sonore dans la mesure où ce sont fort justement les *effets* qui mettent en "situation" les sources sonores.

Dispositifs

Un critère important concernera la relation entre l'échelle de l'espace "contenant" et l'occupation publique, car bien qu'il concerne tous les objets sonores, l'effet de métabole est particulièrement prégnant sur la dimension vocale. A petite échelle certains lieux occupés de façon dense (Abribus par exemple) sont susceptibles de favoriser l'effet de métabole. A plus grande échelle, les espaces couverts ou souterrains, et généralement les espaces réverbérants sont aussi dans ce cas.
On à affaire à deux formes de métaboles tout à fait différentes, dans la mesure où, dans la première, la réverbération joue peu, contrairement à la seconde.

Il faut aussi considérer les relations topologiques entre auditeur et sources sonores (facteur cité aussi à propos de l'effet d'ubiquité) car le fait que l'auditeur puisse se trouver plutôt dans le champ réverbéré que le champ direct peut favoriser l'effet de métabole.

Matériaux

Sols

Les sols sont des sources sonores dès lors qu'ils sont révélateurs des pas à des degrés divers et sous des qualités toutes aussi variées. L'impact des pas sur le sol est particulièrement présent dans les rues piétonnes en l'absence de masque et contribue à l'effet de métabole du fait des rapports fluctuants entre l'ensemble formé par tous et les parties émergentes grâce à la proximité.

A titre indicatif, on peut considérer 4 types de sols du point de vue sonore qui mettent différemment en valeur les impacts. L'interaction avec la réverbération du lieu doit être considérée.

•*dur sonnant* (type pavé de grès, pavés autobloquants, marbre, pierre, les sols bitumés peuvent paraître plus mats.

•*dur résonnant* (type dalles minces ou dalles sur plots, plancher de bois) ou caillebotis métalliques), la résonance est liée au vide et à l'épaisseur des éléments.

•*sols granuleux* mettant en valeur les crissements des pas :
gravier, sable compacté.

•*sols mous* quasiment silencieux et relativement absorbants :
herbe, gazon, sable sec épais

3.6 MASQUE

L'effet de MASQUE est connu de l'acoustique, il est produit par un son (son masquant) qui par son niveau ou par ses fréquences, gomme complètement ou partiellement la perception d'un autre bruit (son masqué) de niveau plus faible.
L'effet de masque dépend plutôt de l'organisation fonctionnelle des lieux que de l'espace proprement dit. Il hiérarchise en quelque sorte l'audibilité des objets sonores. Dans l'espace urbain public il est souvent produit par le bruit routier, le son masquant n'est pas seulement un parasite : dans une certaine mesure, il empêche la perception de sons intimes et favorise l'anonymat et conditionne la perméabilité ou l'imperméabilité entre privé et public. Le nettoyage sonore des villes et l'absence de masque ne sont pas les conditions nécessaires à l'appropriation contrairement aux idées reçues. Là encore, l'uniformisation ne garantit pas la réussite de notre environnement sonore : certains espaces ont besoin de masquages et d'autres non.

ACOUSTIQUE
rapport entre sources sonores (niveau, fréquence, occurrence)

PERCEPTION /ACTION
relation signal / bruit, figure / fond
gêne, inquiétude et isolement

FONCTIONNALITÉS ET USAGES
Action sur les types de sources sonores et leur emplacement dans l'espace
Présence des bruits de transport ou source sonore dominante
Dosage des fonctions
Possibilité de rechercher le masquage : préservation de l'anonymat sonore dans l'espace public ou élimination de sons "indésirables"

FORMES ARCHITECTURALES
Les formes architecturales ont un rôle en tant que protecteur des sons masquant. Ici interviennent donc tous les dispositifs qui font écran mais aussi les "échappatoires" possibles liées à l'échelle des lieux exposés à l'effet de masque.

Tissus urbains
C'est à ce niveau essentiellement que l'effet de masque est repérable : l'organisation des voies et du bâti permet de projeter la pénétration des sons masquants. Plus généralement trois situations schématiques peuvent être repérées en terme de projet du point de vue de l'effet de masque :
cas de l'espace public plurifonctionnel,
cas de l'exposition à un bruit de traffic important,
cas de contexte périurbain calme.

Dans chacun de ces cas de figure le problème posé est donc particulier.
Le premier cas pose la question des distinctions sonores de l'espace semi-privé et de l'espace public urbain, du point de vue de l'espace public, il peut être établi que celui-ci nécessite un certain *parasitage* sonore pour donner un peu distance ou d'anonymat.
Dans le second cas, le réflexe de se protéger des sources bruyantes est salutaire, mais la protection phonique qui résulte de l'exposition excessive ne suffit pas toujours à donner des qualités ou une identité aux lieux protégés. Il faut encore réfléchir aux caractères sonores à donner à des lieux qui, s'ils ne sont pas "exposés", sont "exposants" en terme d'émergence : réverbération, filtrage, ainsi qu'aux transitions entre lieux.
Dans le troisième cas, s'il n'y a pas de nuisance, le milieu sonore est entièrement nouveau, il sera créé à la fois par les formes construites et par l'emplacement, l'orientation, des activités. Là plus encore, une réflexion anticipatrice sur les qualités sonores peut faire partie du processus de conception des formes architecturales et il est possible de hiérarchiser les lieux en gérant les effets de masque.
Le bruit de fond produit par les transports est le masque le plus fréquent en milieu urbain, toutefois il

Place Victor Hugo : importance du bruit de fond en bordure du boulevard (environ 65 à 70 dB(A) puis baisse progressive sans échappée possible immédiate.
Jardin Hoche : masque au début du trajet [70 dB(A)] puis décroissance et pas de masque mais fond sonore nivelant vers le jardin [environ 50 dB(A)], on échappe au bruit du boulevard assez rapidement (minutes de marche) mais sans échappée possible immédiate.
Rue des Clercs : en principe pas de masque, celui-ci n'est que ponctuel lié aux événements (passage rare de véhicule) mais on ne peut pas y échapper les distances sont trop petites.
Il est possible de distinguer une échelle de **niveau** qui dira si le lieu est très calme, calme, moyennement exposé ou exposé. Notons que dans certains sites la perméabilité privé/public est particulièrement révélée le soir ou de nuit lorsque le fond sonore est au plus bas, effet de filtrage en conséquence.
Par définition le bruit de fond comporte peu de **rythmicité**. Toutefois on sait que les vagues de démarrages peuvent rythmer en fragments plus ou moins intenses les bruits de fond urbains et faire masque.
Par ailleurs, les caractéristiques **fréquentielles** du bruit routier sont connues. Est-ce que celles-ci varient significativement en fonction de la forme urbaine ? Les mesures ne tendent pas à montrer cela, mais est ce que celles-ci sont de ce point de vue assez fines pour traduire ce que l'oreille peut entendre ?
L'effet de masque met en fortement en jeu l'échelle de perception sonore réciproque des individus.

Critère d'ouverture ou d'échappée horizontale

Le champ de perception (c'est à dire l'espace, les événements et les actions) peut - être comme on l'a vu évalué dans un cercle fictif tracé autour du point de perception situé précisément sur le plan. La portée dépend des rapports de masque, il faut envisager un terme adaptable en fonction des circonstances. Un rayon de 100 mètres autour de l'observateur en site urbain dense peut convenir alors, mais 200 mètres seraient nécessaires pour les sites peu urbanisés. Il est probable que dans certains cas il suffirait de s'intéresser à un rayon encore plus limité (de 50 mètres par exemple) car en situation urbaine les sollicitations sensorielles sont telles que notre attention se focalise souvent sur notre entourage immédiat.
La somme des angles d'échappée spatiale permettent d'évaluer le degré de fermeture dans le plan horizontal de l'espace dans lequel on se trouve.

Dispositifs et effet de masque

Les dispositifs spatiaux jouent peu sur l'effet de masque proprement dit, par contre ils font écran et à ce titre peuvent créer des effets très localisés "anti masque".

Matériaux

La nature des surface agit peu sur l'effet de masque.
Les"matériaux" de l'effet de masque sont les sources sonores potentielles.
Mis à part le bruit de fond résultant des bruits de transports, certains objets sonores

tels que fontaines, climatiseurs, bouches d'extraction d'air ou Escalators sont aussi des masqueurs potentiels. Toute conception véritablement sonore doit envisager les sources potentielles et leur emplacement dans une topographie singulière qui relève du site naturel et des espaces construits.

Autres éléments

Végétal

On sait que la végétation agit peu sur les niveaux sonores à moins d'être dense et épaisse, qu'elle agit par contre sur la diffusion des sons et qu'elle amène des sons spécifiques (vent, oiseaux) tout en ayant un impact important au plan de l'imaginaire. L'aspect visuel déborde sur la perception sonore. La végétation semble masquer le bruit urbain (idée fausse mais toujours répandue dans le milieu de l'architecture).

Eau et fontaines

En tant que source sonore[16], l'eau peut être considérée comme un véritable "mobilier" en ce qu'elle habille le climat sonore par les fréquences et les rythmes qu'elle produit. A partir d'un usage fonctionnel (né du puisage), celle-ci est devenue un élément avec lequel se développe une relation plus esthétique voire hédonique car l'imaginaire de l'eau est riche. L'utilisation du bruit de l'eau comme moyen de masquer d'autres sons ou de rééquilibrer un paysage sonore est intéressante mais devrait aussi être mieux étudiée. Il faut tenir compte du fait que les fréquences et les rythmes varient selon le type de chute d'eau et le débit.

Les créateurs des aménagements des jardins baroques auraient utilisé l'eau à des fins précises dans des systèmes hydro-acoustiques. L'historien de l'art, H. Wölfflin[17] fait plusieurs observations sur le rôle sonore des fontaines, cascades et pièces d'eau installées dans les jardins en soulignant ce caractère a ses yeux caractéristique du baroque : "Le bruit est indispensable au baroque : rumeur des masses de feuillage, rumeur des masses mouvantes." On peut encore lire que le baroque "aime les sonorités puissantes" et que "presque tous les grands systèmes hydrauliques sont en liaison avec des systèmes acoustiques", l'accent est plutôt mis sur la retombée bruyante de l'eau que son jaillissement. La variété des impressions acoustiques procurées par ces dispositifs n'est donc pas sans amateurs et sans significations.

Il serait donc important de distinguer précisément les différentes configurations sonores de l'eau et leurs impacts sur les ambiances audibles. Un répertoire sonore de l'eau et des systèmes de construction sonore pourrait être à cette fin utile et permettrait de développer une écoute différentielle de l'eau dans des formes adaptées au contexte urbain et d'éviter des bruits quasiment "blancs" créés par certains systèmes dans le cadre d'un design des objets sonores.

---

16 - Le terme de "source" sonore rappelle que le son coule !

17 - Wôlfflin H. Renaissance et baroque, (1888), Brionne, Monfort, 1988.

CONCLUSION

Nous renvoyons aussi le lecteur à notre conclusion générale sur ce chapitre.

Nous avons conscience du caractère incomplet de cette étude et des limites posées par son aspect exploratoire. Nous devons souligner que l'approche est en effet limitée aux phénomènes les plus "physiques", et n'aborde pas des effets plus symboliques ou sémantiques. Il serait nécessaire à ce titre de poursuivre et d'approfondir la lecture de l'espace construit à travers les effets sonores, de systématiser l'analyse à partir des formes, partant de l'idée que la notion d'effet sonore est un critère particulièrement bien adapté pour qualifier l'expérience sonore des formes construites ou à construire. Nous conclurons sur trois points ressortissant respectivement aux questions de caractérisation des formes, de représentation de l'espace sonore et enfin de conception sonore.

• La caractérisation des formes au regard des effets sonore demande tout d'abord à préciser l'échelle à laquelle nous les considérons. Nous avons ainsi recherché une grille de lecture adaptée permettant d'*entendre* les formes à des échelles différentes. Nous avons proposé trois niveaux de lecture (tissus, dispositif, surfaces / matériaux) qui rendent compte à notre avis des échelles de perception et de conception spatiales et temporelles auxquelles nous pouvons être confrontés. Bien que ces échelles soient interdépendantes, elles renvoient à des logiques et à des critères d'ordre différent qui méritent encore des investigations.
Celle des tissus urbains induit une lecture à travers des critères morphogiques généraux concernant les implantations, gabarits, voieries et densités. Cette échelle permet de caractériser seulement le fond dans lequel s'inscrit l'expérience sonore et ceci dans une durée large et une relative homogénéité.
Celle des dispositifs se penchent sur les micro-morphologies qui structurent le temps immédiat de l'expérience, elle permet de préciser la qualité de l'effet à un instant donné dans le cadre d'un usage contextualisé.
Celle des surfaces-matériaux, qui s'imbrique à l'échelle précédente des dispositifs, renvoie à l'unité la plus élémentaire et instantanée de perception, elle concerne quasiment les relations de contact et, par conséquent, de vibrations. La dimension active de l'usage est directement concernée.
Ces trois échelles intéressent la conception architecturale à des stades particuliers et à un degré de détail spécifique; le premier renverrait à la composition des unités d'ambiances, le second aux articulations et lieux d'usage, le troisième à la construction matérielle.
C'est particulièrement l'échelle des dispositfs qui paraît la plus intéressante quant aux relations entre effets sonores et architecture.
Le travail que nous concluons ici ouvre la voie à une extension de recherche dans une perspective systématique ; ainsi nous pensons que le repérage et l'étude de dispositifs permettrait d'établir un répertoire formel adapté à des critères sonores. L'échelle des "dispositifs" nous paraît adaptée à ce type d'investigation. C'est le sens de la proposition que nous avions faite dans le cadre de l'appel d'offre du ministère de l'environnement (GEUS II)[18]. L'objectif est de prendre un certain

18 - La dimension sonore dans la conception architecturale et urbaine
Didactique et Méthode - Un lexique sonore des formes construites, (G. Chelkoff, resp. de la proposition- Mai 1993)
Proposition qui se situait dans le thème trois de l'appel d'offre intitulé "conception des environnements sonores".

nombre de dispositifs significatifs, aussi bien dans l'architecture et l'urbanisme anciens ou contemporains, et de montrer leur capacité à structurer l'environnement sonore selon les effets caractéristiques. Le point de départ est donc d'abord le dispositif construit, à partir duquel une certain nombre de vérifications métrologiques et observations ethnographiques doivent être conduites. Nos premières réflexions sur la façon de mener un tel travail nous conduisent à nous pencher particulièrement sur les formes d'articulations qui organisent les espaces accessibles au public dans une ville. L'échelle micro-morphologique serait privilégiée par rapport au macro-morphologique car c'est à celle-ci que l'oreille est sensible. Ces transitions ont une valeur à la fois spatiale et sociale où, sans aucun doute, le sonore a un rôle structurant et qualitatif. L'architecture gère en effet des flux et des circulations -véhicules ou piétons-, et a développé dans le domaine des passages, des transitions et des portes, un langage formel diversifié. Face à une production architecturale et urbanistique qui a modifié singulièrement ces articulations dans l'espace public, un renouveau de la création dans ce domaine doit s'accompagner d'une approche sonore qualitative.
En ce qui concerne précisément l'établissement de critères de caractérisation spatiale permettant d'anticiper ou de prédire certains effets sonores, nous avons dégagé quelques éléments déterminants à partir de l'observation in situ, éléments dont la liste n'est évidemment pas exhaustive et définitive. Un check-list de ces éléments permettrait au moins de rappeler au concepteur les points importants à considérer.

• La représentation du sonore et des effets reste une question difficile. Elle pose le problème de «voir du sonore» à travers un système symbolique adapté. Il s'agirait donc de trouver une forme de «dépictation» décodable puisqu'il n'y a pas de rapport analogique entre le signe visuel et le son. A ce titre, la question de la représentation visuelle et graphique des effets sonores reste entière et un travail sémiologique de fond est nécessaire à cette fin de façon à rendre figurable des phénomènes sonores. Elle pose le problème de savoir ce que nous voulons représenter et de ce que nous nous représentons quand nous parlons d'un *espace sonore*. S'agit-il de représenter l'espace des effets sonores plutôt que des effets ou des sources dans l'espace ? Comment (se) figurer de l'espace sonore ? Nous avons ainsi suggéré qu'une lecture "volumique" de l'espace, tel un négatif du rapport des pleins et des vides, permettrait de figurer les rapports entre volumes de propagation sonore. Cette représentation en volume sonore couvrirait l'espace de propagation des flux et événements sonores et pourrait être comparée au volume construit. La notion de *volume* et la représentation en trois dimensions est une voie de recherche qui permettrait de rendre compte de l'interconnexion sonore des lieux (dedans/dehors, passage couverts, etc.). Elle rendrait compte de l'espace sonore perçu à différentes strates de hauteur. Des élémens symboliques particuliers

pourraient représenter certains types d'effets : réverbération, ubiquité, coupure, filtrage...
D'autre part, nous avons aussi souligné la nécessité de distinguer les différents *aspects* sous lesquels des effets peuvent se présenter, il serait ainsi nécessaire de spécifier plus précisément certains effets, c'est par exemple le cas pour la réverbération qui est un terme générique désignant des formes qui peuvent être très diverses. Enfin, le contexte d'apparition de l'effet doit toujours être considéré puisque le lieu et le temps dans lesquel il prend corps le définissent quelque peu à chaque fois. Cette singularité n'enlève rien à la valeur générique de l'effet, elle montre que la notion renvoie à une diversité de formes, d'usages et de situations (et, en ce sens, qu'elle traverse les échelles de conception et ouvre la créativité tout en la guidant). S'il est donc envisageable d'utiliser les effets pour caractériser les ambiances sonores existantes ou à venir, il est toujours nécessaire de rendre compte des conditions dans lesquelles ils sont susceptibles de se produire, le site, les usages, le temps sont des dimensions jouant un rôle primordial qui devraient transparaître dans les représentations visuelles.

• Dans une perspective méthodologique de conception (et de programmation) du cadre bâti, il nous semble tout d'abord important de positionner la dimension des ambiances (dont l'environnement sonore fait partie) comme domaine où se croisent des dimensions physiques, sensibles et sociales. Cette dimension induit donc une approche pluridisciplinaire interactive. Nous avons vu à ce propos que l'étude des configurations urbaines en terme sonore recouvrait trois champs d'action : celui de l'espace (volume, dispositif, matériaux), celui des sources sonores potentielles (nature, répartition temporelle et spatiale), et celui des usages (actions et fonctions).
A ce titre, un outil tel que l'effet sonore peut trouver dans le processus projectuel une place de choix comme critère de conception. La notion d'effet sonore permet de *définir* un trait spécifique de l'ambiance ; au plan architectural, elle permettrait de caractériser le «principe actif» des formes sur l'ambiance sonore. De tels descripteurs sont donc loins d'être inutiles dans la mesure où ils aident à structurer l'espace projeté ou l'écriture d'un projet à partir de critères qualitatifs précis. Y compris dans une perspective d'outil informatique d'aide à la conception sonore : nous devons souligner que les effets seraient un moyen intéressant de schématisation des environnements, ils permettraient notamment de compléter les outils de prévision de la propagation de bruit routier et ouvriraient donc des perspectives plus attirantes puisqu'elles touchent à la qualification de l'expérience des formes. Si certains effets nous paraissent plus facilement caractérisables et contrôlables, ouvrant ainsi des pistes à la conception architecturale et urbaine (c'est le cas notamment des effets de coupure et de filtrage), ceci ne veut pas dire que les autres effets ne puissent être instrumentés. Ils sont plus délicats à manipuler et à contrôler bien qu'ils restent des embrayeurs de réflexion et de question intéressants dans le cadre d'une démarche projectuelle.
Il serait alors nécessaire de ressaisir les effets prioritairement à partir de l'action qu'exercent les formes sur le sonore : couper, filtrer, extraire, différer, canaliser, sont ainsi des termes qui expriment la performance sonore de la forme. La recherche

formelle pourrait être ainsi guidée en attribuant ces «performances» à des éléments de projet aux échelles appropriées, ils deviennent en quelque sorte des «opérateurs de formes», dans la mesure où c'est à travers l'effet que s'opère la forme. Dans une perspective de conception et non plus d'analyse, la notion d'effet sonore devient un opérateur actif. Le vocabulaire spatial dans le registre des actions sur l'environnement est riche et mérite à ce titre d'être investi. Ces termes peuvent tout à fait *orienter* la conception à condition de saisir les éléments concrets sur lesquels il est possible d'agir, c'est cela que nous avons commencé à défricher.

Sans viser une maîtrise de l'environnement audible, il s'agit de questionner les qualités sonores de l'espace projeté et des *dispositifs* en croisant ces questions à d'autres, relevant de considérations parfois jugées plus déterminantes (fonctionnement, pratiques, climat, tracé urbain...). L'emprise des concepteurs sur certains paramètres peut paraître minime et la hiérarchisation des priorités que se donne chaque intervenant peut éliminer les critères importants pour le sonore. Est ce autant dire que la conception sonore n'a pas de perspectives à partir de cet outil ? Cela paraît peu probable car la notion d'effet sonore peut être un embrayeur de conception et la phénoménalité sonore ouvre des perspectives sans aucun doute nouvelles à l'imaginaire spatial et architectural.

CONCLUSION GENERALE

A l'issue de cette recherche exploratoire qui visait à tester l'utilisation et la validité de la notion d'effet sonore comme outil de description et d'analyse de l'environnement architectural et urbain, nous indiquerons d'abord les résultats généraux obtenus, puis la synthèse critique des résultats obtenus dans chacune des trois approches menées en parallèle.

L'effet sonore, ou plus précisément les six effet sonores qui ont un lien structurel avec la morphologie spatiale : effets de réverbération, de filtrage, de coupure, d'ubiquité, de masque et de métabole, sont effectivement des outils généraux à partir desquels il est possible d'analyser les performances sonores principales d'un lieu construit. On constate que les performances d'analyse et de prédiction spatiale ne sont pas égales pour chacun des effets retenus.

Les résultats acoustiques et architecturaux s'attachent particulièrement à analyser les conditions d'un usage pertinent de ce type d'outil pour la programmation et la conception. On voit aussi quels caractères remarquables de la propagation sont mis en lumière par cette approche et quels nouveaux usages de l'effet sonore on peut attendre, par exemple, la reconnaissance de l'effet sur un enregistrement.

Si l'analyse des effets et le dégagement de configuration types d'espaces-effets porte sur l'espace urbain réel, d'autres résultats méthodologiques indiquent en quoi certaines configurations sont prédictibles à partir de la représentation de l'espace et de la connaissance des sources et usages sonores. On ne lira de ce côté aucun résultat définitif, la maîtrise et l'éloquence graphique des modes de représentation de l'espace sonore étant encore balbutiantes. Mais plusieurs pistes de recherche peuvent être précisées en ce sens, porteuses d'une amélioration de l'opérationnalité de l'effet sonore.

Enfin, les difficultés particulières rencontrées au cours de l'enquête sociologique et liées au décalage entre perception experte et perception ordinaire du même objet nous indiquent que toute démarche de test et de vérification de l'effet sonore, ne peut confronter que des éléments épistémologiquement homologues. Il est donc essentiel de découpler soigneusement deux séries d'objets d'étude correspondant à deux états cognitifs de l'effet sonore :

L'effet sonore générique	L'effet sonore appliqué et situé.
- grandeurs quantifiables universelles	signaux anamorphosés
- formes typifiées	- formes vernaculaires
- fonctions et usage types.	- perceptions singulières

CONCLUSIONS ACOUSTIQUES

Pour la partie acoustique, l'absence d'information dans les fréquences graves de l'ambiance sonore urbaine, essentiellement occupées par les bruits des transports terrestres est l'un des acquis de la recherche. Cette donnée est valable également dans les espaces publics sans circulation où les fréquences graves pénètrent tout de même. Le drône urbain est omniprésent en ville. Alors qu'une cour intérieure parait calme, le sonomètre montre un niveau important dans les octaves basses. Cet état de fait évoluera peut-être lorsque le nombre de voitures électriques augmentera et/ou lorsque les techniques de contre-bruit actif entreront en application industrielle en grande série.

En ce qui concerne la représentation des effets sonores, les recherches menées ont pu visualiser les sensations de l'oreille qui semblaient les plus fines. Il reste à trouver des appareillages et des associations avec des laboratoires spécialisés en imagerie pour mettre en oeuvre un répertoire des représentations des différents effets dont la dominante acoustique est importante (réverbération, filtrage, etc.). Cette représentation ira de pair avec une codification et une formalisation de ces formes sonores.

Le repérage de ces effets dans les espaces publics est issu directement du travail précédent et procédera par recherche des formes sonores sur les enregistrements effectués sur les cheminements étudiés. Ces enregistrements en stéréo comporteront de plus un code temps et une quatrième piste pour indiquer s'il y a ou non déplacement des microphones par rapport à l'espace. Sur ces enregistrements, les filtres issus du travail de formalisation des effets seront appliqués pour les détecter.

L'étude du champ sonore des espaces publics a montré deux caractéristiques intéressantes. D'une part, au-delà d'une distance d'une dizaine de mètres (que l'on appellera " distance critique ") et jusqu'à 50 ou 60 mètres, il n'y a pas d'évolution dans la perception de la source. En d'autres termes, le champ sonore est homogène à partir de cette distance critique. La perception d'un effet sonore n'est donc pas modifiée par la plus ou moins grande distance de la source, pas plus que la morphologie du lieu (coin de rue, forme de la place, etc.) au-delà de la distance critique. La plus importante modification du signal a déjà eu lieu avant, cf. ci-dessous. Au-delà de la distance de 50 à 60 mètres, d'autres modifications interviennent, plus complexes comme l'hygromètrie, le gradient de température, etc.

Seconde caractéristique mesurée : la morphologie urbaine influence directement le champ sonore en-deça de cette distance critique. Ce pourrait être une conséquence du paragraphe précèdent mais c'est une observation faite séparément

de la précédente. Par morphologie urbaine, il faut entendre non seulement l'acceptation des urbanistes en terme de macro-échelle mais également celle des architectes et des paysagistes qui travaillent plus à l'échelle du détail. L'influence d'un Abribus sur le champ sonore urbain est facilement mesurable et celle d'un muret de moins d'un mètre de hauteur a cru être repérée dans les mesures d'un jardin public.

Dans le domaine de la prédictibilité, il n'a pas été possible d'avancer suffisamment compte-tenu des difficultés à croiser les résultats acoustiques avec les données sociologiques. Néanmoins, il est proposé de n'effectuer des études de prédictibilités que sur les cheminements prévisibles des espaces publics en terme de déplacement. Ce sont par exemple les lignes qui relient les rues sur une place. Ceux-ci constitueront la partie la plus importante de l'usage en terme de quantité. Il s'agit d'éviter une cartographie qui semble très lourde à modéliser pour l'instant pour toute la surface d'un espace public. De la même manière, l'étude de prévisibilité se fera d'abord sur le plan altimétrique des usagers piétons. Le cas des habitants de ces lieux, bien qu'aussi intéressant, est plus complexe puisque se situant à des niveaux variables, il nécessite une étude dans les trois dimensions de l'espace.

CONCLUSIONS SOCIOLOGIQUES

Selon les hypothèses méthodologiques initiales, le choix des terrains d'enquête sociologique et celui des critères à vérifier a obéi à la "commande" acoustique et morphologique. Nous avions pour but de repérer la perception des effets sonores chez les usagers des lieux sur lesquels porte l'expérimentation. Nous voulions savoir si des zones homogènes étaient distinguées lors d'un parcours, si tel effet était reconnu ou pas et avec quelle intensité.

Les résultats sociologiques ne sont pas absents comme l'exposé le montre ; ainsi, les réactions remarquables face à tel effet sonore, la valorisation des référents visuels associés à la source, l'impact de la verbalisation sur la représentation des phénomène sonores; mais aucun d'eux n'est généralisable avec certitude. Chaque terrain appelle sa méthode pour rendre compte le plus précisément possible des effets sonores. La variable spatiale devrait donc, à l'avenir, connaître un statut remarquable dans la construction de corpus d' enquêtes analogues.

Notre parti de calquer l'observation des perceptions sonores sur les modes d'observation de la mesure acoustique et du contexte architectural de ces effets n'a pas réussi à tenir également la performance descriptive et le passage à l'abstraction. Cette difficulté tient moins à la relation délicate entre quantitatif et quantitatif - relation que la notion d'effet sonore facilite précisément - qu'à l'attitude épistémologique choisie. L'enquête confrontait en effet le quidam à la complexité du concept d'effet sonore et à la multiplicité des représentations et des perceptions. Or, si on peut avec profit analyser des expressions et représentations sur le son recueillies en entretien libre ou semi-directif et y lire la perception des effets sonores (ce que

nous avons fait pendant dix ans), il est impossible de demander à l'homme du commun de vérifier l'existence et la teneur des effets sonores tels qu'analysés scientifiquement dans un lieu, sans charrier des inductions qui invalident la portée des réponses.

Les principales critiques de la méthode retenue sont les suivantes :
- surexposition des difficultés de mémorisation chez les sujets d'enquête,
- surdétermination des facteurs spatiaux, la complexité de la configuration des terrains obligeant à donner des repères aux enquêtés afin qu'ils puissent organiser leur perception;
- valorisation de la dimension statique des phénomènes perceptibles,
- valorisation de l'écoute indicielle; les sujets se "raccrochant" à la localisation de la source pour sortir de la complexité des conditions de propagation;
- propension à la confusion dans l'esprit des enquêtés, cette approche prenant appui sur une conception experte de l'effet sonore;
- prépondérance culturelle de la dimension du lieu; creusant une faille dans l'homogénéité du corpus, la différence entre habitants du quartier et passants "étrangers" est beaucoup plus émergente dans ce type d'entretien réactif que dans les enquêtes où le citadin est mis en situation d'exprimer son vécu sonore, sans avoir à reconnaître des formes perceptives.

La modification patiente des conditions d'enquête (six questionnaires successifs) permet enfin de recommander plusieurs techniques pour tourner cette difficulté méthodologiques :
- soit procéder à une enquête de base sur le lieu étudié, démarche inductive féconde mais dont l'application est lourde sur les espaces publics;
- soit dégager les grandes fonctions sociales de l'usage du lieu étudié, travail qui peut se passer de l'entretien psychosociologique;
- utiliser des méthodes d'observation croisées mais dont les composantes ont le même statut épistémologique, induction *versus* déduction. Une très récente technique de "parcours commentés" accompagnés d'une campagne de mesures pourrait assez bien convenir.

CONCLUSIONS DE L'APPROCHE ARCHITECTURALE

Le but de la 3 ème partie de ce travail était de mettre en place des principes de lecture des formes permettant de les caractériser dans une perspective d'analyse et de conception sonore.

Du point de vue de la conception, nous sommes partis de l'hypothèse positive quant à la capacité de la notion d'effet à constituer un instrument adapté à la conception architecturale et urbaine. Cette hypothèse est fondée sur le potentiel d'action qu'offre les effets sur la forme ; la notion d'effet sonore permet de définir une orientation ou un principe à partir duquel le concepteur peut donner forme aux objets. Couper, filtrer, orienter, masquer, sont autant de termes et d'actions qui

peuvent motiver et qualifier l'environnement sonore en projet. La notion d'effet permet de définir le principe actif de la forme sur le plan sonore et de vulgariser l'approche acoustique du monde urbain. Toutefois, une recherche reste nécessaire en méthodologie de la conception : comment les ambiances sonores et les effets peuvent s'insérer dans l'acte de projétation ? D'autre part, il ressort que tous les effets n'offrent pas les mêmes capacités de prédictibilité, ni la même perspective d'instrumentation, ceux-ci touchent à des degrés divers la forme construite.
Tout cela laisse supposer que l'on connaisse les éléments morphologiques et fonctionnels qui favorisent ou induisent un effet sonore.
C'est pourquoi les principes de lecture devaient permettre de recueillir les éléments à prendre en compte pour chaque effet sonore, du point de vue des formes construites et des fonctionnalités qui les habitent. Cette recherche a permis sur ce point de déblayer un terrain qui au départ paraissait complexe, de même qu'elle a permis d'esquisser quelques pistes pour une critériologie. Il s'agit d'un travail de longue haleine, car il nous semble que c'est à partir d'une collection de références empiriques que peuvent se dégager des configurations typiques ou exemplaires pouvant donner lieu à réinterprétation dans une démarche de projet ou de création.

Il n'est pas évident de dégager des *lois* tant les paramètres ou critères paraissent multiples et agencés de façon complexe, comme nous l'avons vu ; de même que les capacités de la métrologie acoustique sont limitées. D'autre part, les conditions à réunir ne sont pas uniquement d'ordre morphologique. Si les paramètres sont multiples, les éléments à considérer commencent à être mieux connus. Ils questionnent notamment directement la question de l'échelle d'analyse et de conception. A notre sens, l'échelle est à la fois fonction de l'angle de saisie à laquelle on appréhende un objet mais qu'elle dépend en même temps du type de relation que l'on entretient avec cet objet dans le temps.

Nous avons été ainsi amenés à distinguer trois échelles d'approche des formes afin de clarifier les niveaux d'action et de conception : celle des tissus urbains, celle des dispositifs et celle des matériaux des surfaces. Ces trois échelles s'emboîtent de façon intime et nécessitent des critères propres dans la mesure où elles définissent un champ particulier de conception comme elles donnent à envisager des temporalités et des relations perceptives spécifiques. Il est vrai que l'effet sonore au point de vue de la perception se situe plutôt à l'échelle des dispositifs et de celle des surfaces. Toutefois, l'échelle des dispositfs n'est pas sans relation à celle du tissu et des trames urbaines dans la mesure où certains types de tissus font naître des dispositifs spécifiques. D'autre part, la notion de tissu renvoie à une certaine unité ou famille d'ambiance dans le temps d'appréhension correspondant aux cheminements urbains. Les critères de qualification des formes à chacune de ces échelles restent à établir, cela fait l'objet d'un autre travail.

La seconde conclusion est que nous ne pouvons dissocier l'analyse des formes de leurs usages dès lors que l'on cherche à prédire ou instrumenter des effets sonores, on ne peut à notre avis dissocier ces deux champs constitutifs des ambiances

urbaines. C'est pourquoi les critères de caractérisation de l'espace construit envisagés à partir de l'approche des formes doivent à un moment donné croiser la dimension des usages. Une analyse strictement morphologique serait incomplète et erronée. C'est dans cette interaction forme / usage que des liens s'établissent entre les points d'écoute qu'offre un espace et les productions sonores propres à un lieu. Aussi la prédictibilité et l'instrumentation des effets sonores dans la conception invitent à considérer toujours ces relations.

A ce titre, l'échelle des *dispositifs*, telle que nous l'envisageons nous paraît une échelle adaptée à ce mode d'analyse. Elle permet en effet d'articuler finement les dimensions physiques assez précises (autant du point de vue acoustique qu'architectural), la perception sensible située, et des formalités d'usage caractérisées.

Il nous reste donc à mettre en oeuvre un travail de catégorisation voire d'invention de dispositifs favorisant des effets sonores en approchant les trois points de vue cités.

ANNEXES

ANNEXE 1

REPRESENTATION DES EFFETS SONORES PAR TRANSFORMEE DE FOURIER

MOYENS.

L'enregistrement.
En plus des cassettes de recherches précédentes citées supra, le CRESSON dispose de différents magnétophones analogiques et numériques, permettant l'enregistrement in-situ.
D'autre part, il est possible de transformer le signal enregistré en fichier de données informatiques qui pourront être traitées plus tard. Cette transformation est l'échantillonnage.

L'échantillonnage.
Cet échantillonnage est réalisé à l'aide d'un ordinateur compatible IBM de marque COMPAQ équipé d'une carte " convertisseur analogique numérique " OROS[1] et d'un logiciel pilotant cette carte. Le résultat ainsi obtenu est une succession de valeurs représentatives de l'évolution du niveau de pression du signal sonore enregistré, au cours du temps. Pour mieux montrer les diverses évolutions de ce signal, il a été décidé d'analyser celui-ci à différentes fréquences. Le signal a été filtré.

Le filtrage.
Le filtrage est fait à partir du signal échantillonné auquel on fait subir une transformée de FOURIER rapide (FFT). Il est alors possible d'obtenir deux types de filtrage :
- Un filtrage par bande d'octave. Le signal est décomposé en 6 composantes qui représentent chacune l'évolution du niveau de la bande d'octave considérée, en fonction du temps. Ces six bandes d'octaves sont centrées sur les fréquences suivantes : 125, 250, 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz[2]. Leur adaptation à la présente

1 - OROS, chemin des Prés, 38240 MEYLAN.

2 - Ce sont les bandes d'octave habituellement utilisées pour les mesures acoustiques dans le bâtiment.

recherche n'a pas été étudiée parce que :
. d'une part, les enregistrements d'effets de recherches antérieures que nous avons utilisées sont pauvres en fréquences aiguës même sur les cassettes en Dolby ;
. d'autre part, le travail sur les octaves inférieures à 125 Hz pose d'énormes problèmes matériels. Confere à ce sujet MATHYS (B).
- Un filtrage par bande de tiers d'octave. Le signal est décomposé en 18 composantes qui représentent chacune l'évolution du niveau de la bande de tiers d'octave considérée, en fonction du temps. Un algorithme de FFT étant implanté sur la carte convertisseur OROS, ces filtrages sont donc réalisés sur l'ordinateur COMPAQ. Les pas de calculs sont de 500 ms jusqu'à 600 Hz et de 1/16e de seconde pour les tiers d'octaves supérieurs.

La représentation.
Les programmes liés à la carte convertisseur FFT OROS n'ayant pas été développés pour notre étude, il nous revenait de mettre en oeuvre des moyens de lecture des fichiers informatiques et de représentation de ceux-ci. Pour ce faire, nous avons dû développer des programmes. Afin de disposer d'une grande souplesse de développement et d'une grande rapidité de calcul, le développement a été fait sur un ordinateur IBM PS2 8580. Le langage de développement est le TURBO C de chez BORLAND. Les impressions se font sur imprimante laser ou jet d'encre.

LE DÉVELOPPEMENT.

Renseignements préliminaires.
Avant de commencer l'écriture des programmes, il nous a fallu connaître la structure des fichiers dont nous allions disposer. Lors d'une rencontre avec les développeurs de la société 01dB[3], les renseignements suivants nous ont été fournis :
- Chaque fichier est composé d'un en-tête et de données proprement dites.
- Chaque en-tête contient des informations dont la liste figure ci-après.

Lecture des fichiers.
Les fichiers sont nommés suivant la dénomination du système d'exploitation MS DOS de Microsoft.
La lecture des fichiers " signal échantillonné " (.SIG), ainsi que " signal filtré par bande d'octave " (.1OC) et " signal filtré par bande de tiers d'octave " (.3OC) est réalisée.
La représentation des données.
Les fichiers " signal échantillonné ".
Le contenu des données de ces fichiers est une succession linéaire de valeurs. Nous en avons fait une représentation plane. L'axe horizontal, parcouru de gauche à droite, est l'axe du temps (en seconde). L'axe vertical, parcouru de bas en haut est

3 - 01dB, 113 rue du 1er mars, 69100 VILLEURBANNE.

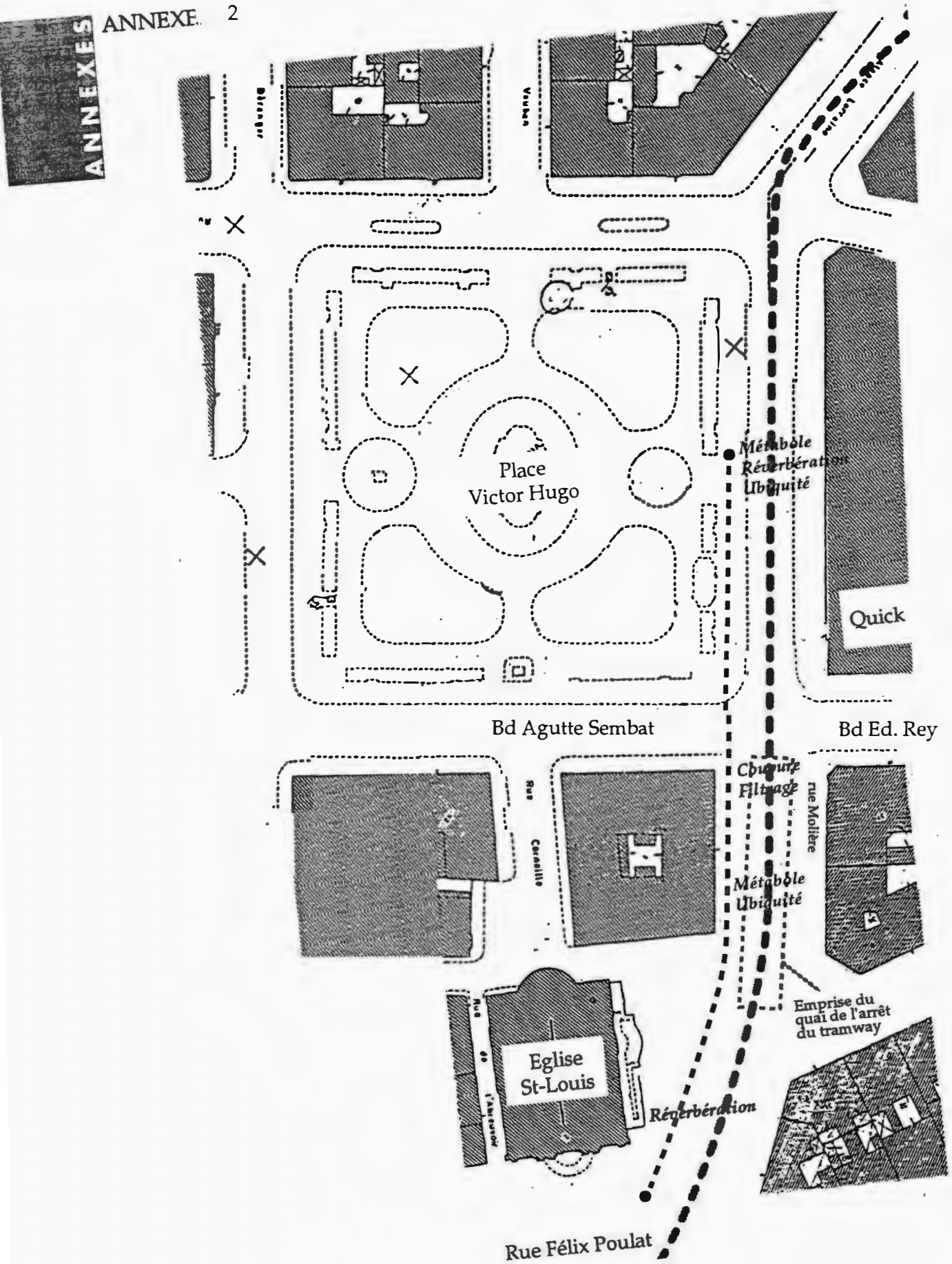
l'axe des pressions (en Pa).
Cette représentation est équivalente à celle obtenue si on avait branché le microphone sur un enregistreur graphique.

Les fichiers filtrés.

Afin de mieux évaluer les données contenues dans les fichiers filtrés, nous avons décidé de les imprimer sous forme de tableau de valeurs (voir page suivante). Nous avons alors pu remarquer que :

- lorsque des valeurs ne sont pas disponibles, elles sont remplacées par un " code d'exclusion " qui est 9999. Toutes les autres valeurs sont valides.
- L'avant-dernière bande contient le niveau linéaire (colonne n°31).
- La dernière bande contient le niveau pondéré A (colonne n°32).

Une représentation graphique tridimensionnelle de chacun de ces fichiers est alors réalisée.
La représentation est faite dans un trièdre direct. L'axe horizontal, parcouru de gauche à droite, est l'axe du temps (en seconde). L'axe oblique, parcouru d'avant vers l'arrière est l'axe des fréquences (en Hertz). L'axe vertical, parcouru de bas en haut est l'axe des niveaux (en dB).
La représentation des niveaux en fonction du temps sera la représentation des plans des dynamiques. La représentation des niveaux en fonction des fréquences sera la représentation des plans des timbres.


Place
Victor Hugo
Métabole
Réverbération
Ubiquité
Quick
Bd Agutte Sembat
Bd Ed. Rey
Chuquite
Filtrage
rue Molière
Rue
Corneille
Métabole
Ubiquité
Emprise du
quai de l'arrêt
du tramway
Eglise
St-Louis
Réverbération
Rue Félix Poulat

ANNEXE 3

DETAIL DES MESURAGES

Rue Félix Poulat
Rue de Clercs
Jardin Hoche

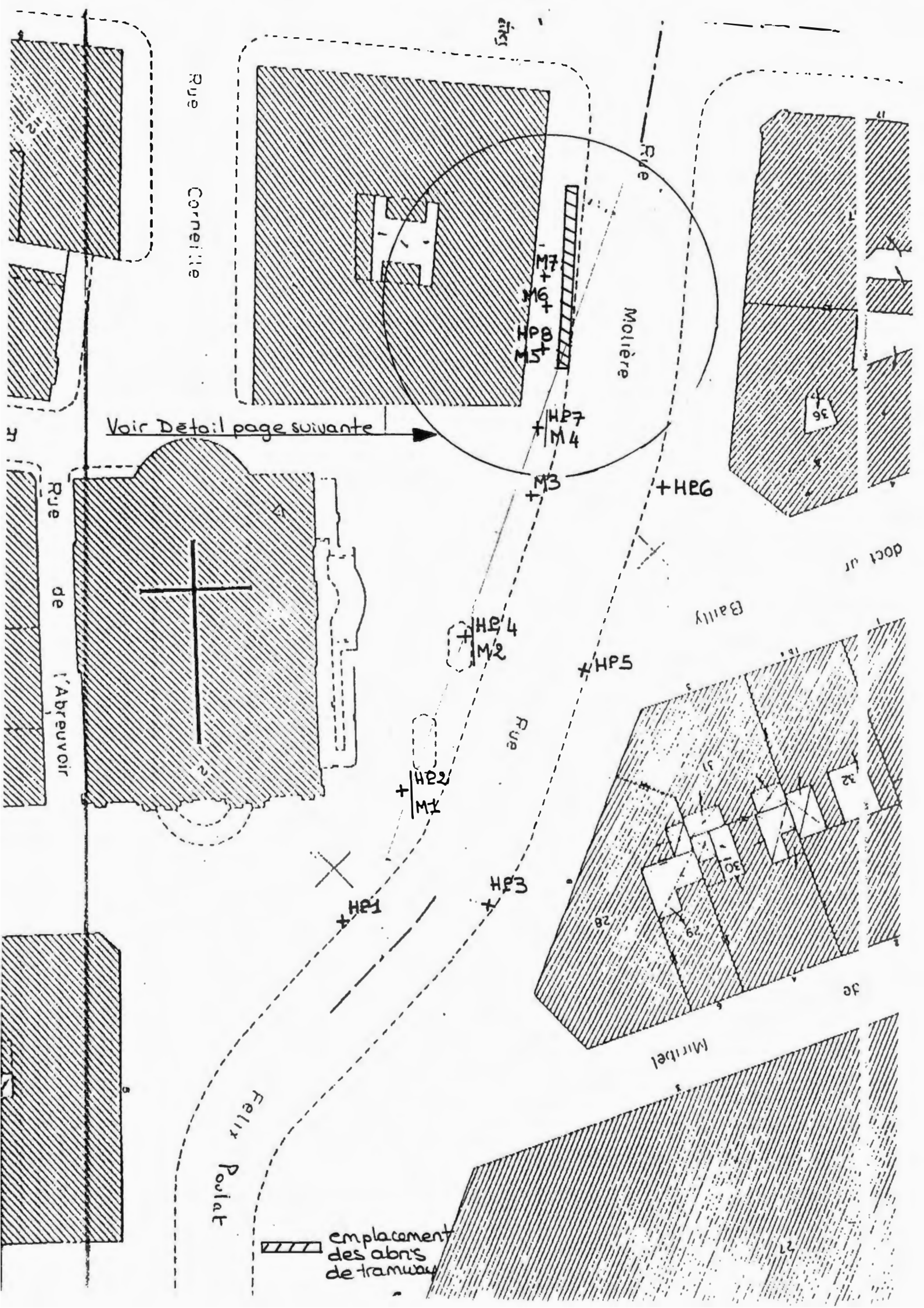
Tous les plans de localisation des points de mesurages sont à l'échelle 1/250e. Les emplacements de microphones sont notés M_i, les emplacements des sources HP_i.

Lorsque les lettres M ou HP ne figurent pas, c'est que les points utilisent le même indice et qu'ils ont été successivement emplacement de microphone puis emplacement de source.

Annexe 3.1 Rue Félix Poulat

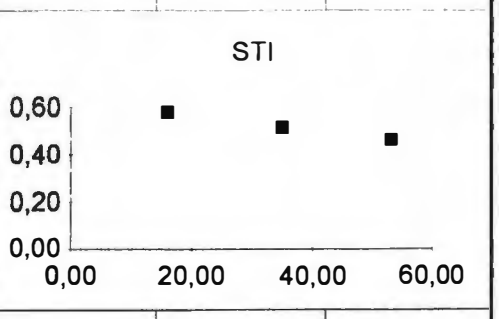
- PLAN

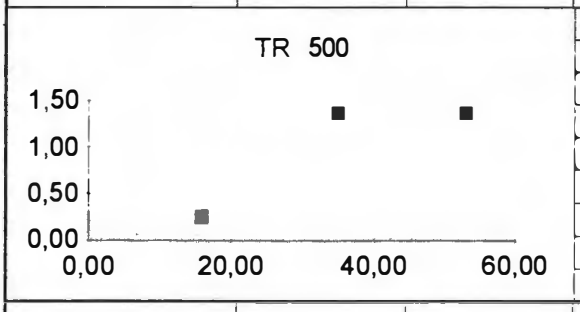
- MESURES

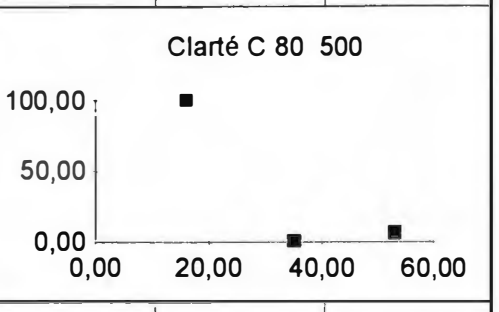

Rue Corneille
Rue Molière
Voir Détail page suivante
M7
M6
HP8
M5
HP7
M4
M3
HP6
HP4
M2
HP5
HP2
M1
HP1
HP3
Rue de l'Abreuvoir
Rue Galilly
Rue Félix Poulat
Mirabel
emplacement des abris de tramway

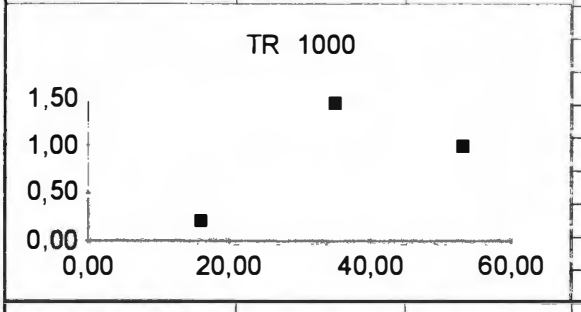
Feuil1 .. Felix Poulat

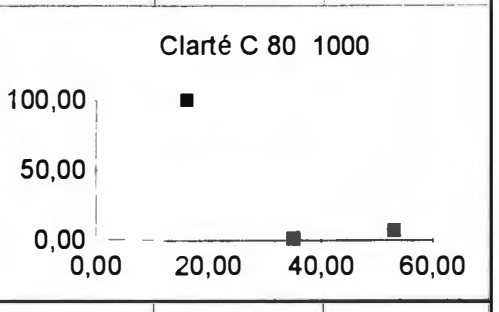
HP1	M1	M2	M3
Distance HP	16,00	35,00	53,00
STI	0,58	0,51	0,46
TR 500	0,25	1,36	1,37
TR 1000	0,19	1,45	0,98
TR 2000	0,16	1,42	1,20
TR 4000	0,06	1,60	1,62
Clarté C 80 500	100,00	0,89	6,84
Clarté C 80 1000	100,00	1,32	7,09
Clarté C 80 2000	11,86	0,95	6,78
Clarté C 80 4000			

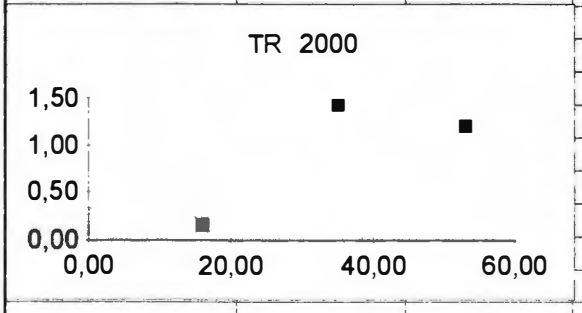


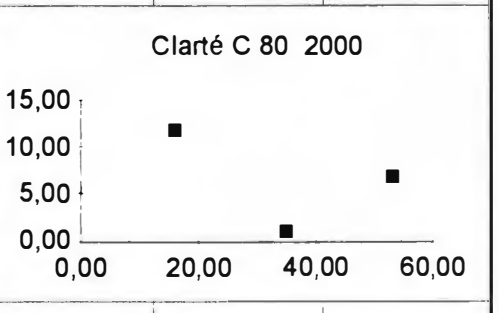


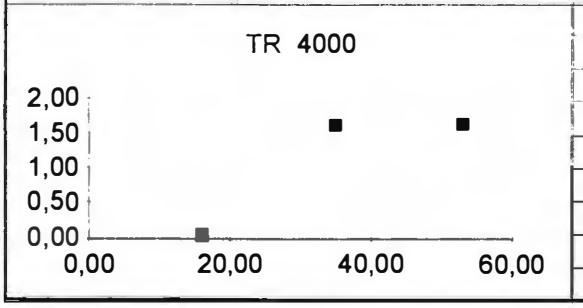






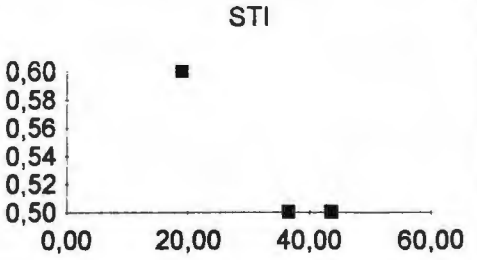


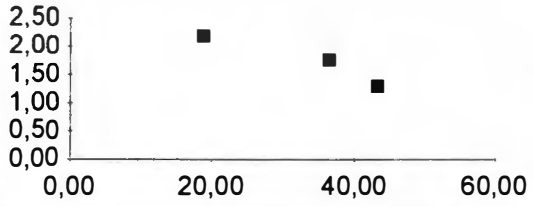


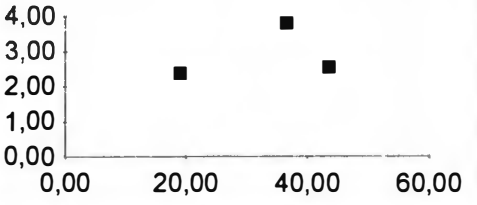


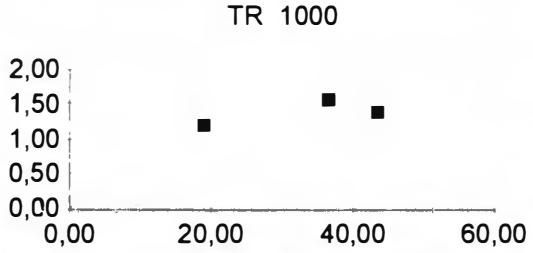
FELIX_PO.XLS

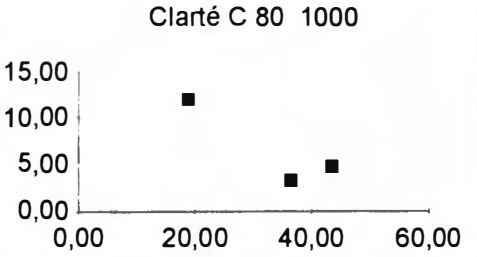
HP2	M2	M3	M4
Distance HP	19,00	36,50	43,50
STI	0,60	0,50	0,50
TR 500	2,16	1,73	1,28
TR 1000	1,19	1,56	1,38
TR 2000	1,27	1,16	1,68
TR 4000	1,12	0,97	1,69
Clarté C 80 500	2,34	3,75	2,52
Clarté C 80 1000	11,86	3,17	4,57
Clarté C 80 2000	10,38	5,39	2,51
Clarté C 80 4000	6,78	7,25	

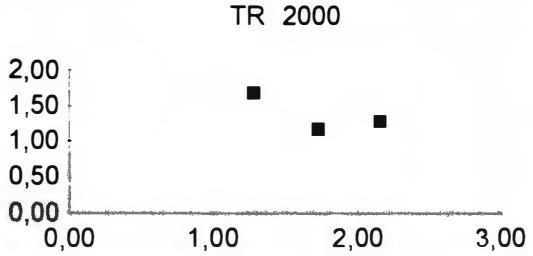


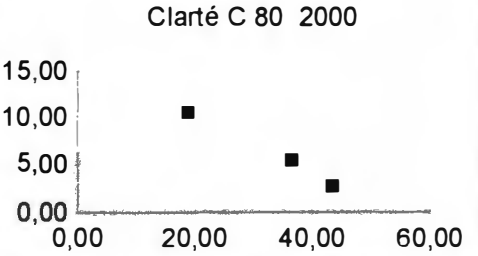


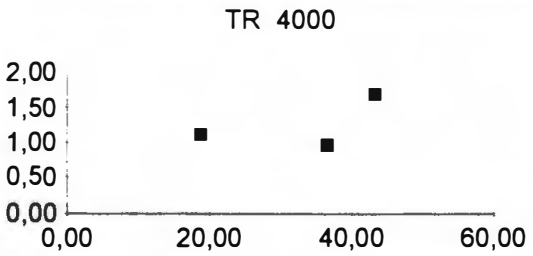


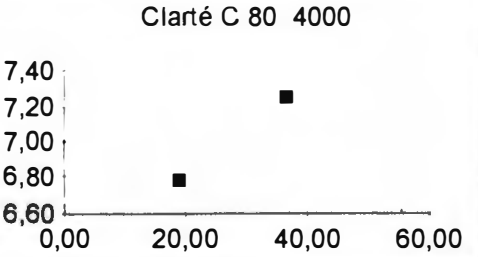






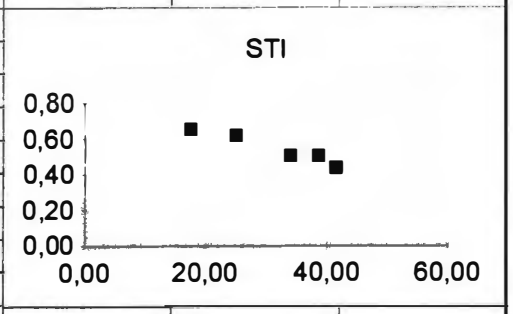


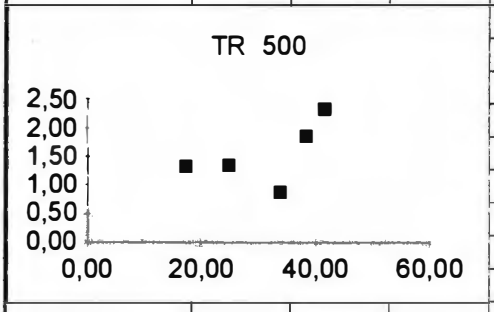


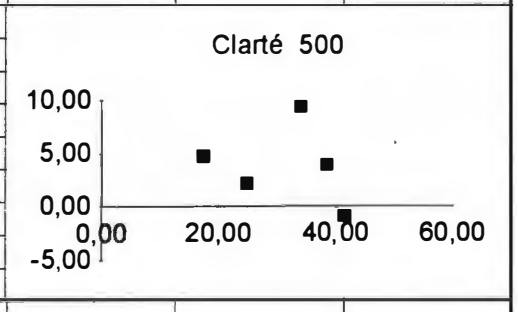


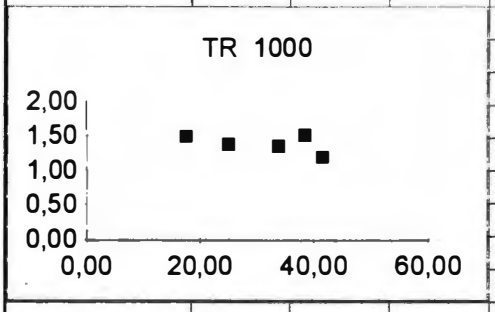
FELIX_PO.XLS

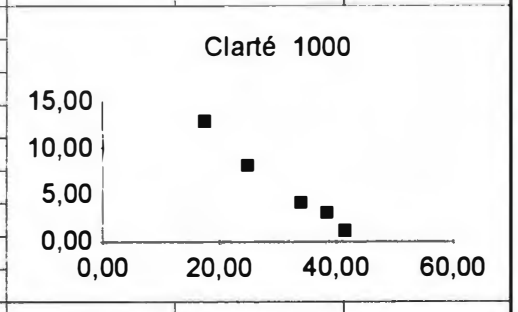
HP4	M3	M4	M5	M6	M7
Distance HP	17,50	25,00	34,00	38,50	41,50
STI	0,65	0,62	0,50	0,51	0,44
TR 500	1,33	1,34	0,86	1,86	2,33
TR 1000	1,49	1,37	1,35	1,51	1,19
TR 2000	1,09	0,92	1,17	1,31	1,56
TR 4000	0,84	1,09	0,38	1,70	1,17
Clarté 500	4,59	2,06	9,28	3,83	-0,94
Clarté 1000	12,77	8,09	3,97	2,98	1,00
Clarté 2000	12,01	11,27	9,74	8,11	7,92
Clarté 4000	12,29	12,99		8,90	

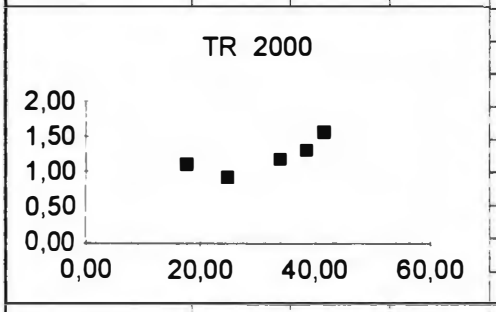


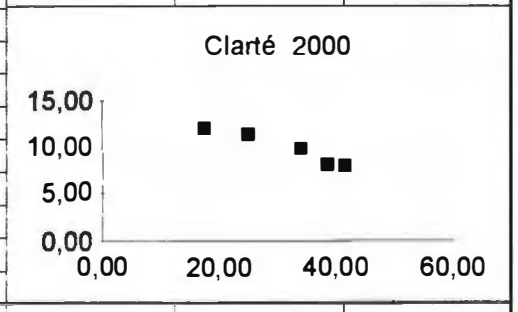


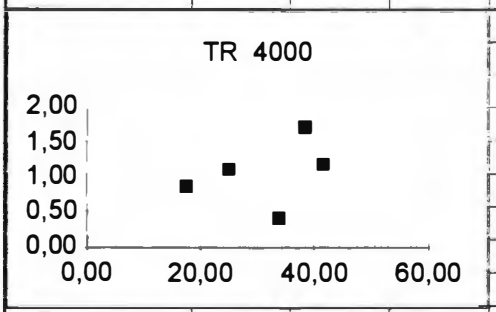


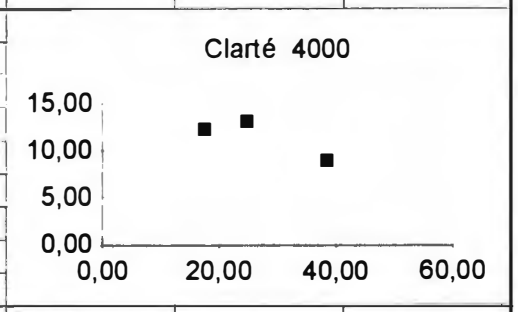




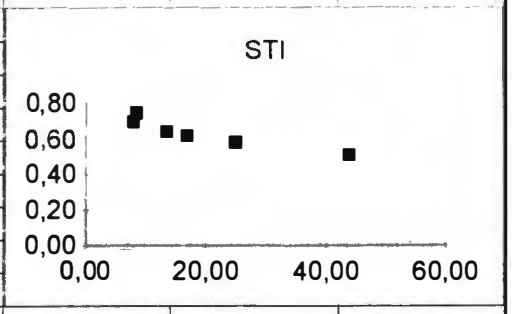


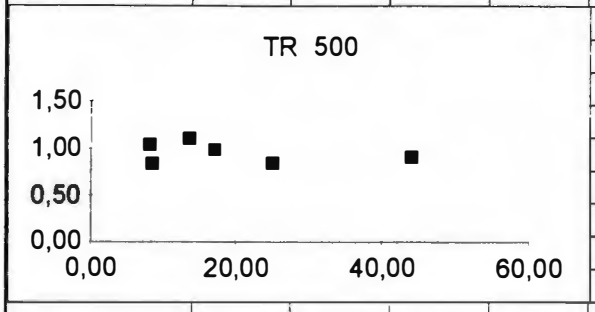


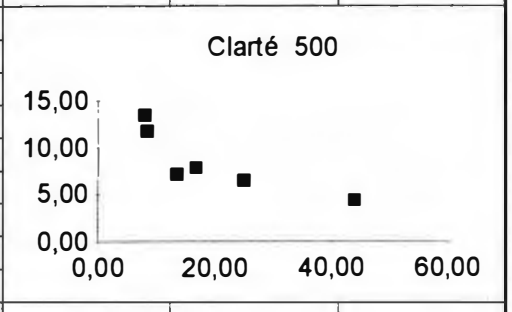


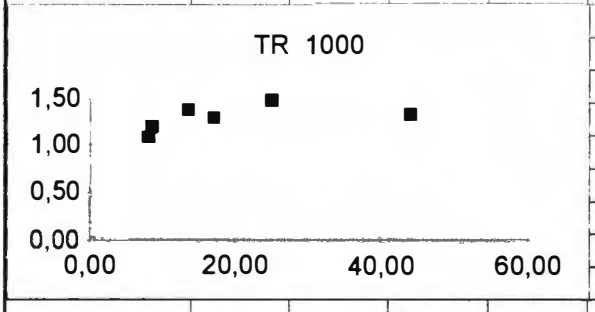


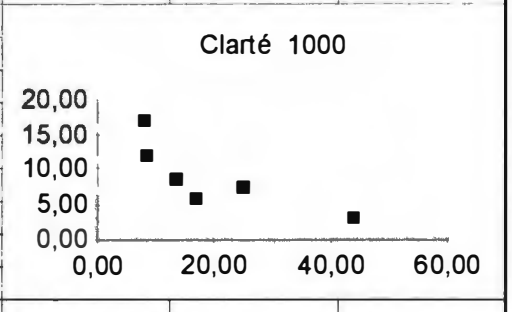
HP7	M1	M2	M3	M5	M6	M7
Distance HP	44,00	25,00	8,00	8,50	13,50	17,00
STI	0,51	0,58	0,70	0,75	0,64	0,62
TR 500	0,91	0,84	1,03	0,83	1,10	0,98
TR 1000	1,33	1,49	1,08	1,19	1,37	1,29
TR 2000	1,35	1,44	1,97	0,98	0,93	1,05
TR 4000	1,47	0,94	1,01	0,83	0,94	1,02
Clarté 500	4,37	6,57	13,48	11,74	7,10	7,95
Clarté 1000	2,91	7,30	16,81	11,73	8,45	5,65
Clarté 2000	7,75	11,58	16,29	13,86	10,13	9,37
Clarté 4000		9,01	12,54	15,83	12,53	11,85

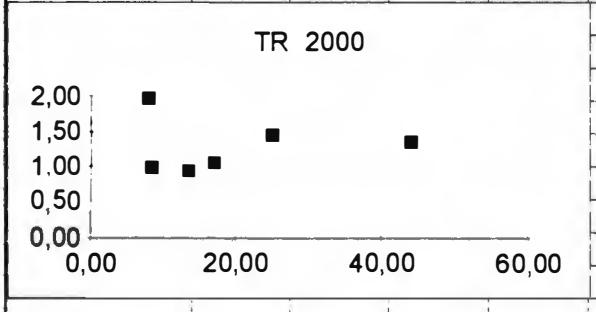


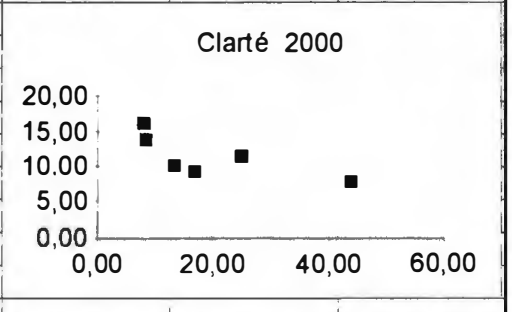


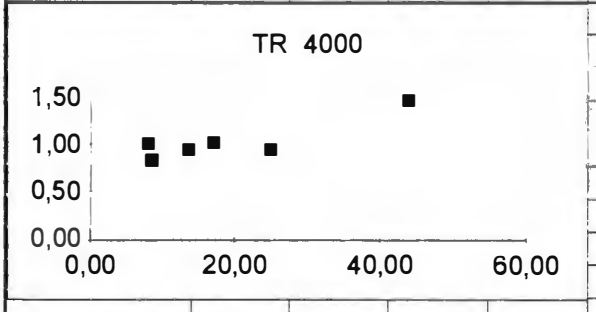


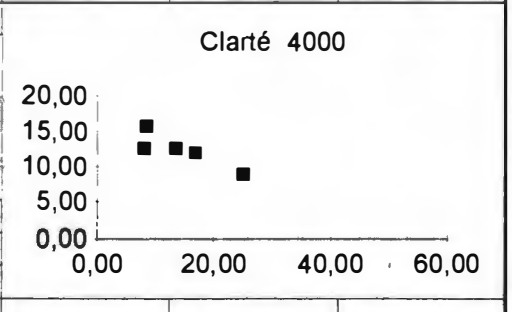




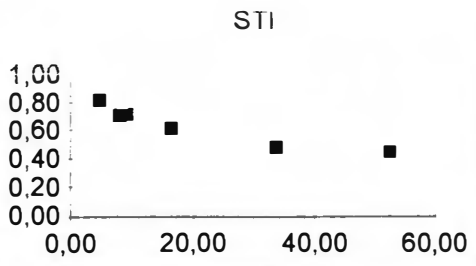


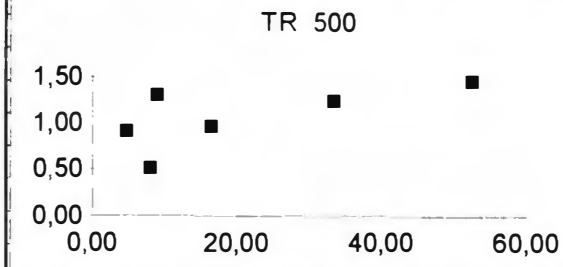


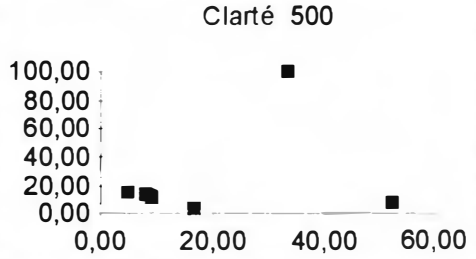


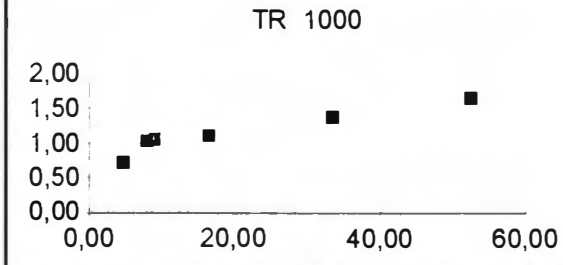


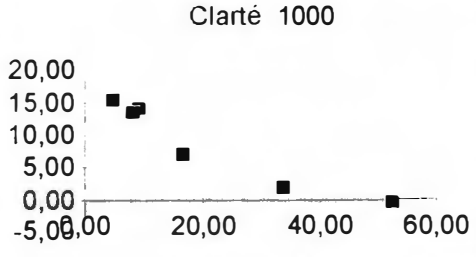
HP 8	M1	M2	M3	M4	M6	M7
Distance HP	52,50	33,50	16,50	9,00	4,75	8,00
STI	0,45	0,49	0,62	0,72	0,82	0,71
TR 500	1,44	1,23	0,95	1,30	0,91	0,51
TR 1000	1,65	1,36	1,10	1,05	0,71	1,03
TR 2000	1,64	1,64	1,40	1,01	0,88	0,55
TR 4000	1,41	1,32	0,97	1,02	0,59	0,54
Clarté 500	7,30	100,00	3,29	11,67	15,20	14,25
Clarté 1000	-0,49	1,65	6,86	14,05	15,45	13,42
Clarté 2000	2,83	10,77	11,42	12,28	17,91	15,30
Clarté 4000			11,50	14,69	18,60	17,16

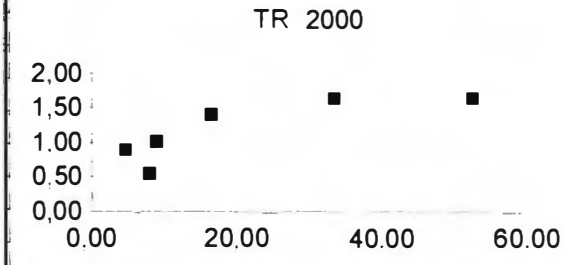


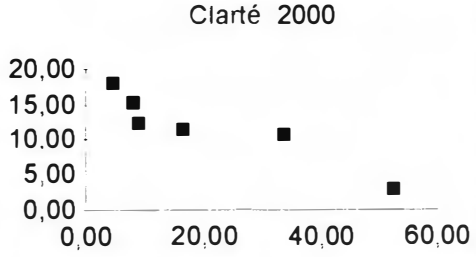


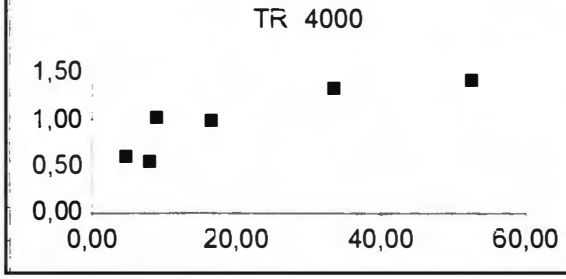


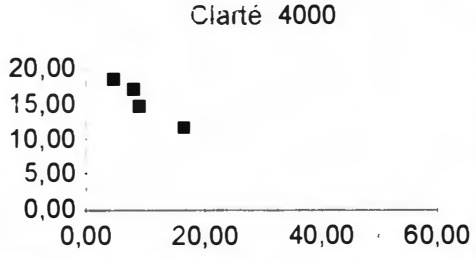








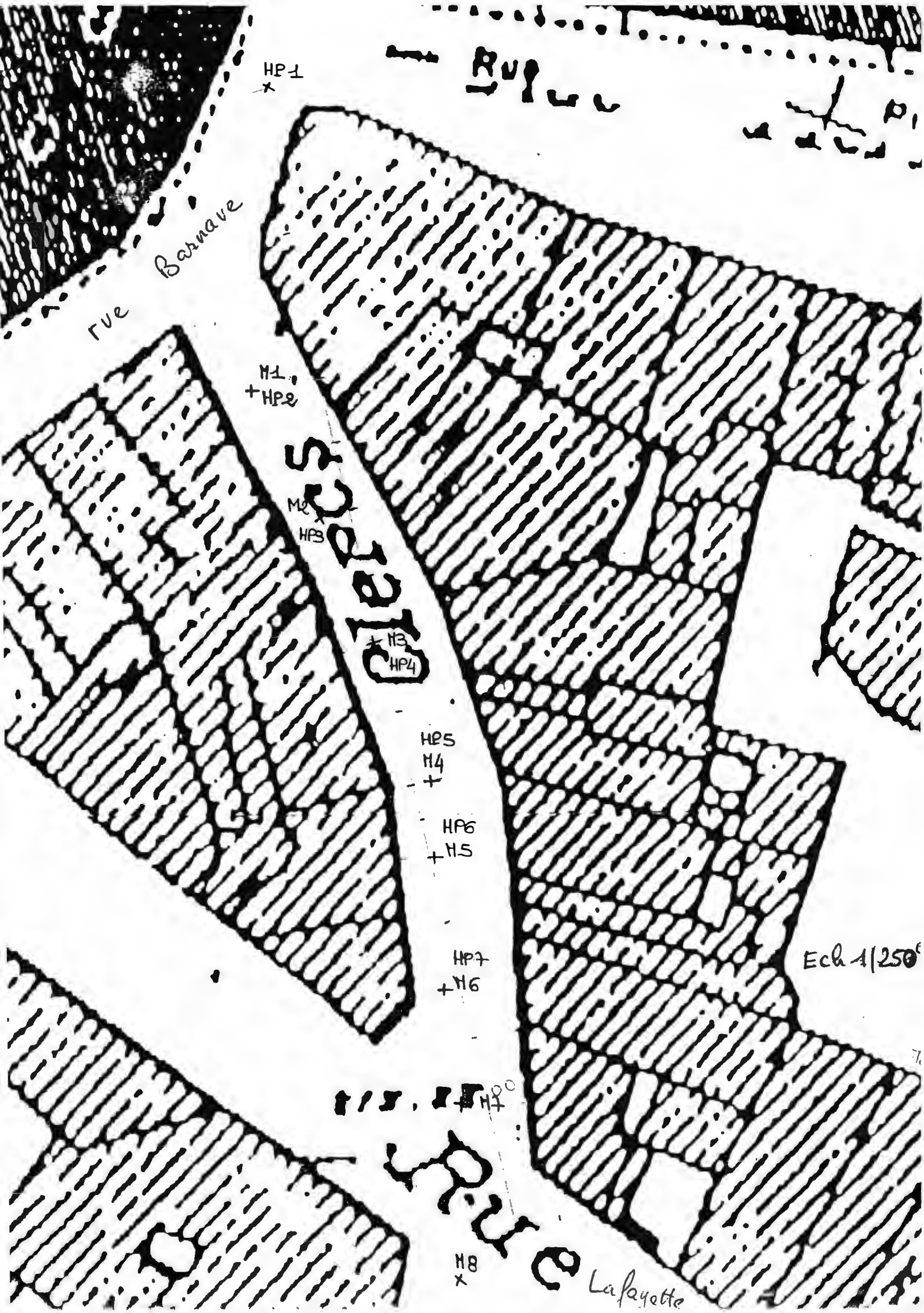




Annexe 3.2 Rue des Clercs

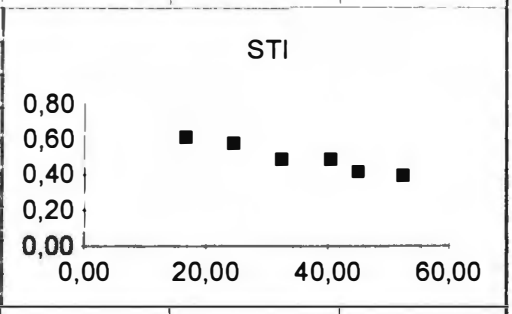
- PLAN

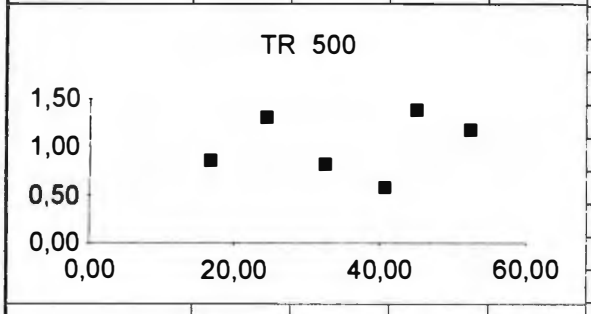
- MESURES

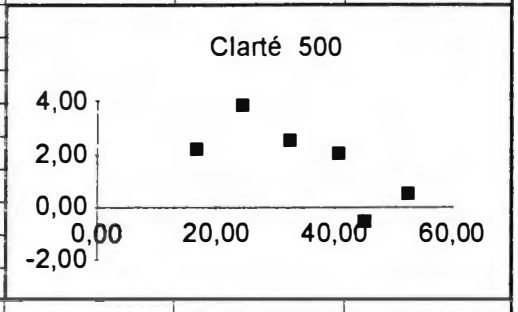

HP1
Rue
rue Barnave
M1
HP2
M2
HP3
Rue Gallais
M3
HP4
HP5
M4
HP6
M5
HP7
M6
M7
M8
Rue Lafayette
Ech 1/250e

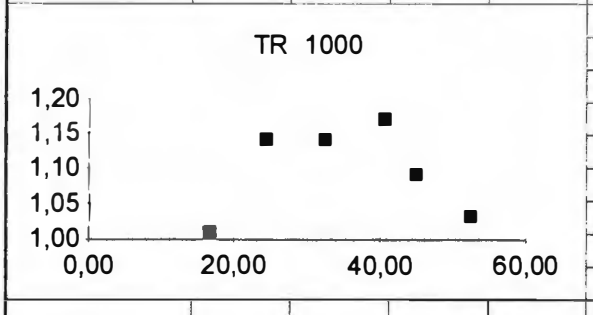
RUE_CLER.XLS

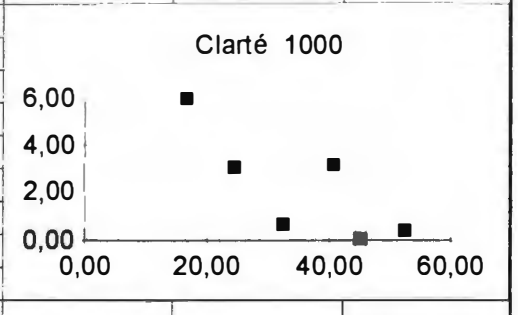
HP1	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Distance HP	16,70	24,40	32,40	40,60	45,00	52,40
STI	0,61	0,58	0,49	0,49	0,42	0,39
TR 500	0,86	1,31	0,82	0,59	1,39	1,19
TR 1000	1,01	1,14	1,14	1,17	1,09	1,03
TR 2000	1,04	1,10	1,07	1,13	1,15	1,21
TR 4000	0,97	0,93	1,07	1,33	1,27	1,19
Clarté 500	2,17	3,80	2,47	1,98	-0,57	0,47
Clarté 1000	5,99	3,05	0,63	3,13	0,04	0,34
Clarté 2000	6,74	5,25	4,18	2,49	3,04	2,53
Clarté 4000	7,03	5,21	1,09	3,07		

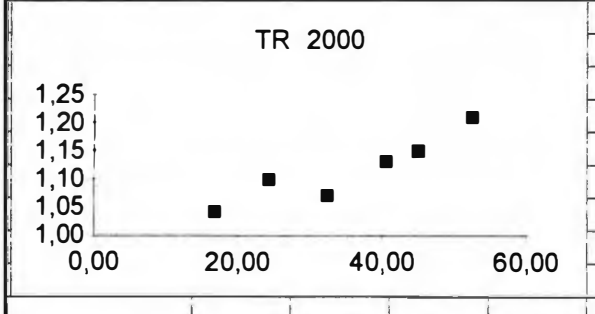


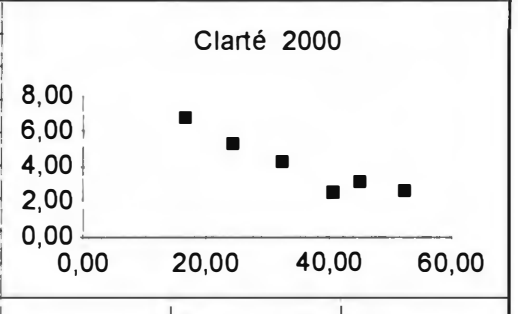


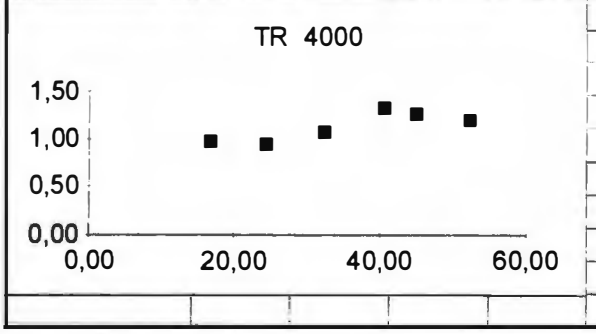


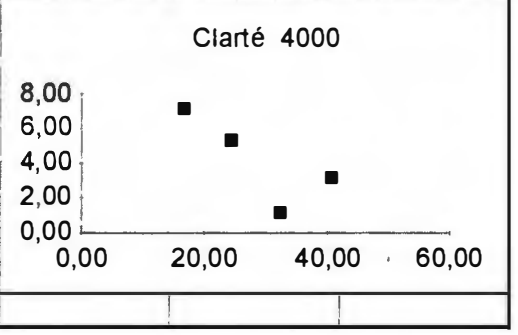




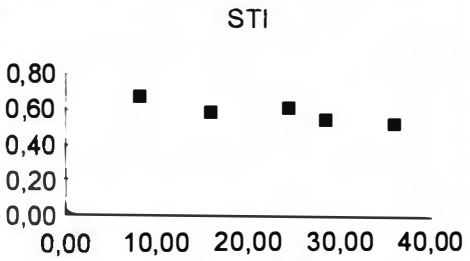


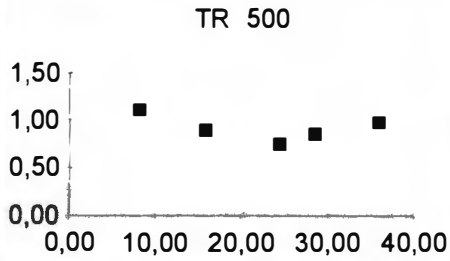


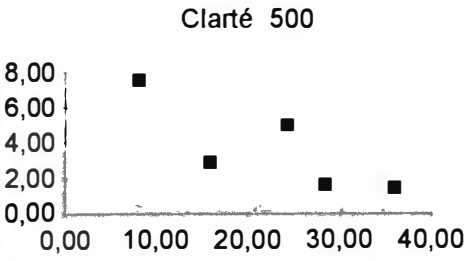


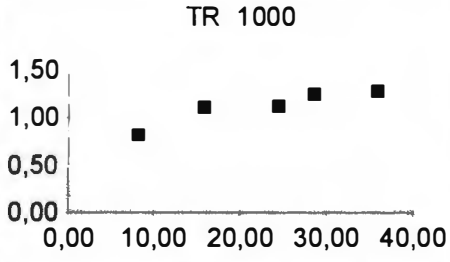


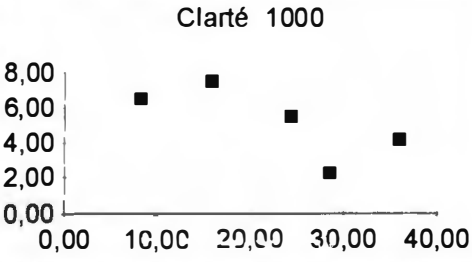
HP2	M2	M3	M4	M5	M6
Distance HP	8,20	15,90	24,40	28,50	36,00
STI	0,67	0,58	0,60	0,53	0,51
TR 500	1,11	0,90	0,75	0,85	0,98
TR 1000	0,81	1,11	1,12	1,25	1,28
TR 2000	0,95	1,01	0,99	1,01	1,09
TR 4000	0,86	0,83	0,98	0,90	1,04
Clarté 500	7,52	2,90	5,01	1,62	1,38
Clarté 1000	6,48	7,51	5,47	2,22	4,13
Clarté 2000	7,98	5,25	5,23	3,82	2,57
Clarté 4000	8,99	5,74	6,98	2,43	1,63

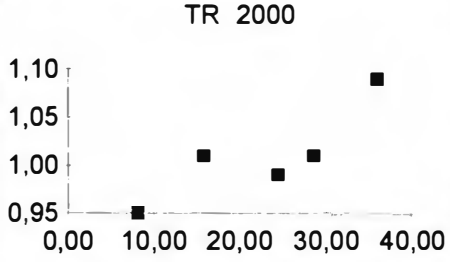


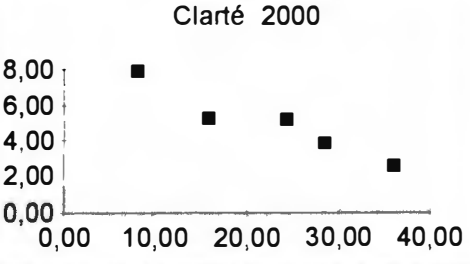


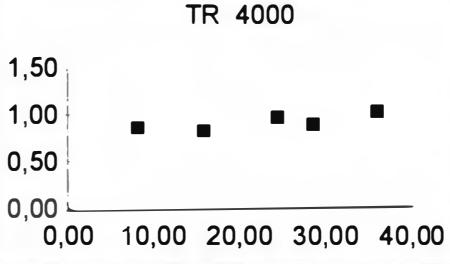


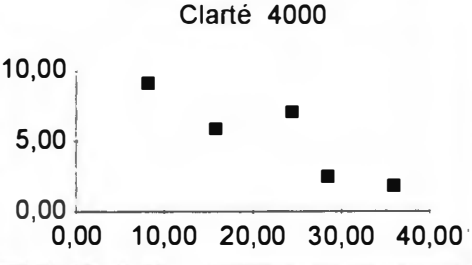




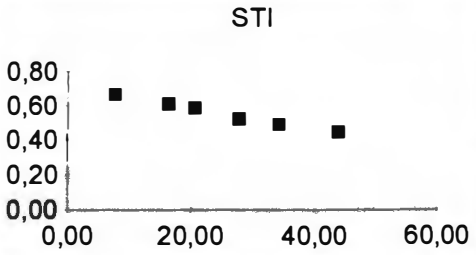


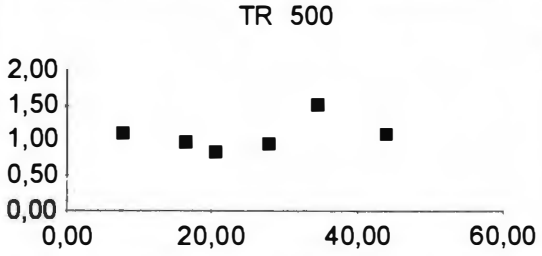


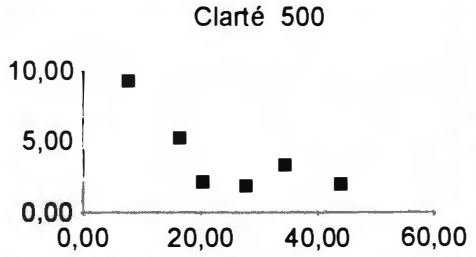


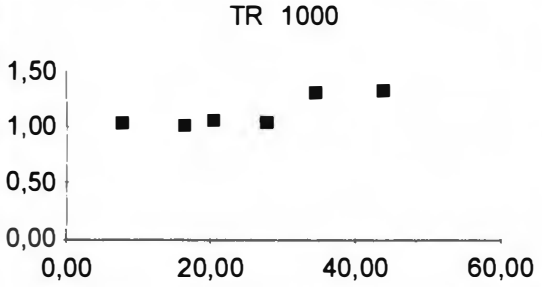


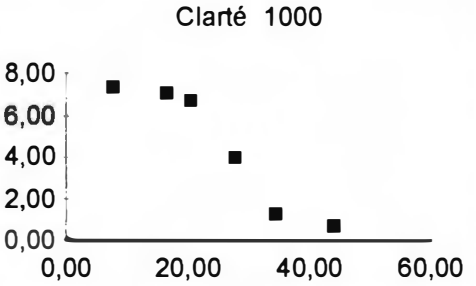
HP3	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Distance HP	7,70	16,45	20,50	27,75	34,40	43,90
STI	0,67	0,62	0,59	0,53	0,49	0,45
TR 500	1,08	0,96	0,82	0,94	1,51	1,07
TR 1000	1,03	1,00	1,05	1,05	1,31	1,32
TR 2000	0,99	1,03	1,53	1,05	1,10	1,33
TR 4000	1,04	1,02	1,26	0,96	0,80	1,40
Clarté 500	9,35	5,13	2,02	1,85	3,26	1,91
Clarté 1000	7,32	7,05	6,69	3,91	1,24	0,68
Clarté 2000	6,56	6,07	4,48	4,43	4,62	3,96
Clarté 4000	7,92	5,32	5,07	4,16	6,10	4,06

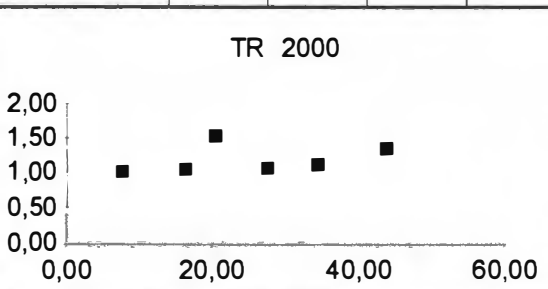


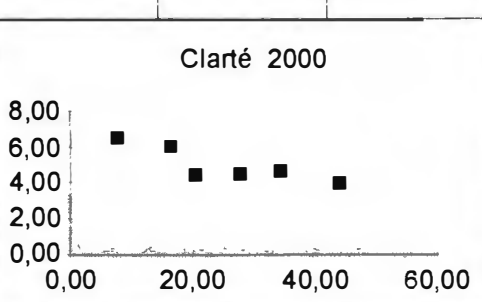


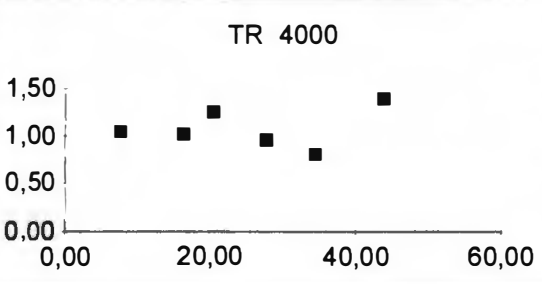


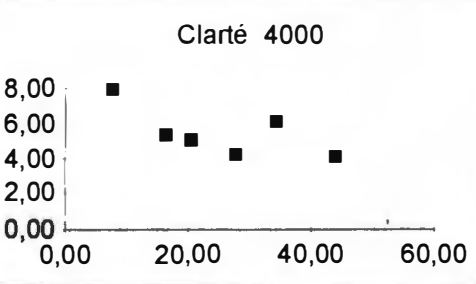




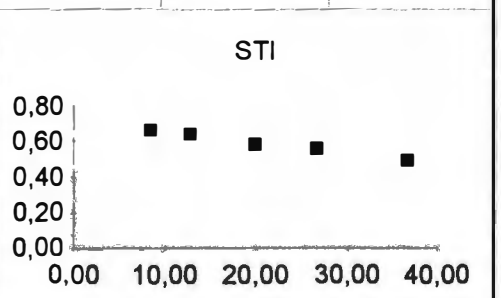


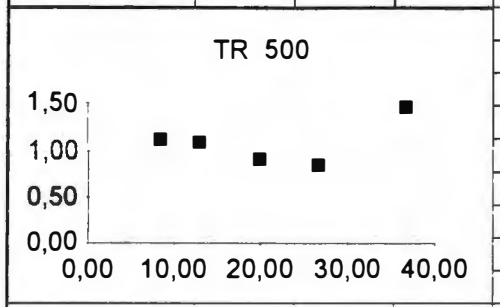


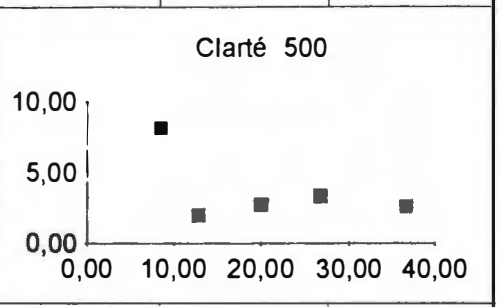


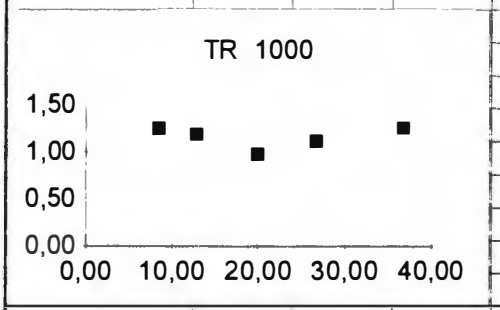


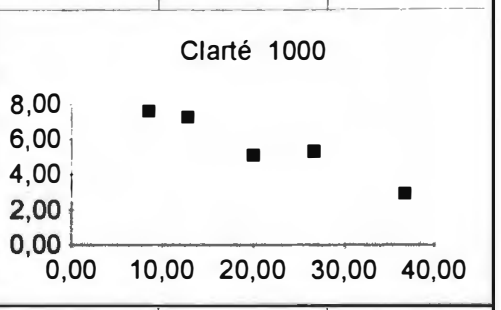
HP4	M4	M5	M6	M7	M8
Distance HP	8,50	12,85	20,00	26,70	36,75
STI	0,66	0,64	0,58	0,56	0,49
TR 500	1,11	1,07	0,91	0,84	1,45
TR 1000	1,24	1,18	0,97	1,11	1,25
TR 2000	1,02	1,07	1,09	1,19	1,28
TR 4000	1,00	0,99	1,02	1,30	1,14
Clarté 500	8,09	2,02	2,75	3,35	2,62
Clarté 1000	7,62	7,26	5,10	5,34	2,83
Clarté 2000	6,42	7,68	4,79	6,51	6,36
Clarté 4000	8,28	6,52	4,26	6,18	6,20

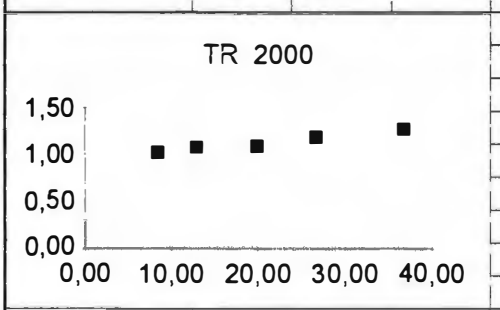


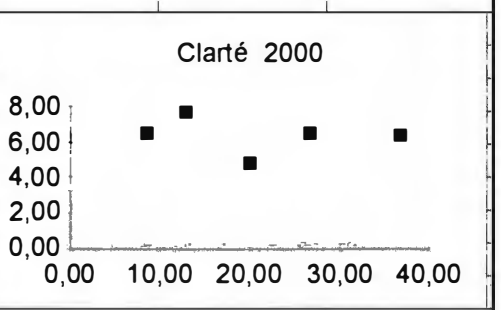


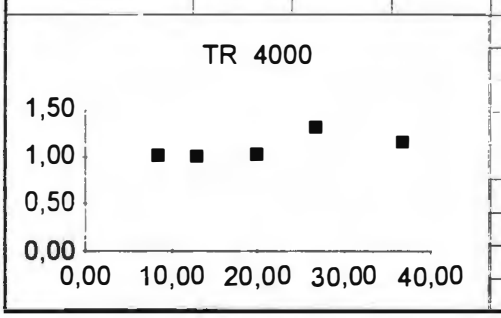


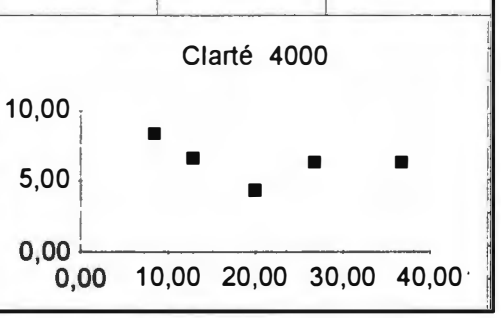






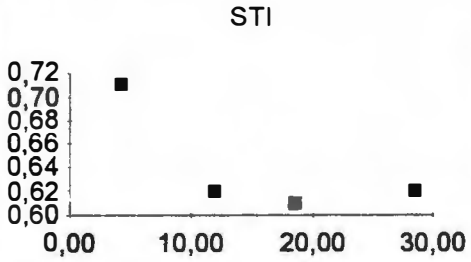


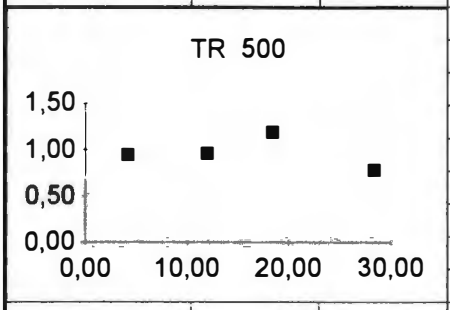


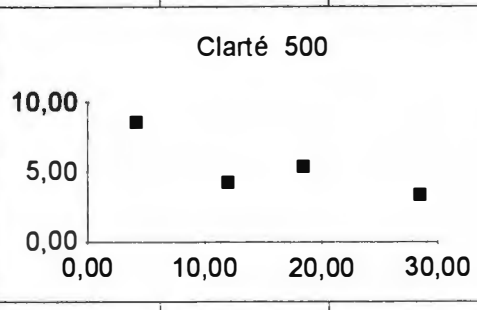


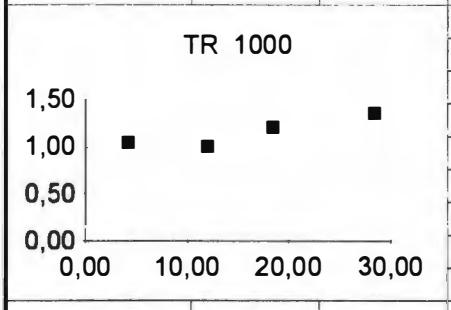
RUE_CLER.XLS

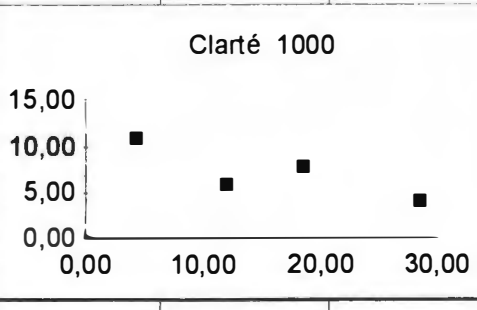
HP5	M5	M6	M7	M8
Distance HP	4,30	12,00	18,50	28,50
STI	0,71	0,62	0,61	0,62
TR 500	0,94	0,95	1,18	0,77
TR 1000	1,04	1,00	1,20	1,35
TR 2000	0,96	0,99	1,07	1,31
TR 4000	1,00	1,04	0,95	1,31
Clarté 500	8,48	4,19	5,33	3,27
Clarté 1000	10,78	5,81	7,65	3,94
Clarté 2000	11,58	3,42	7,73	5,26
Clarté 4000	9,25	4,82	7,08	8,53

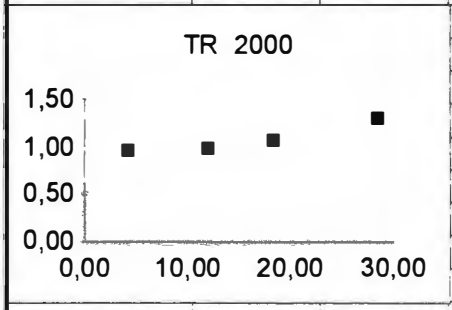


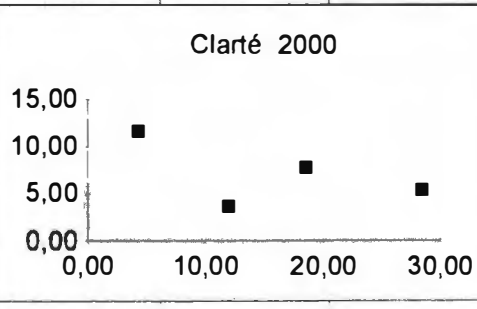


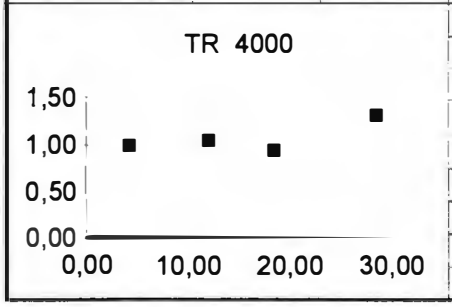


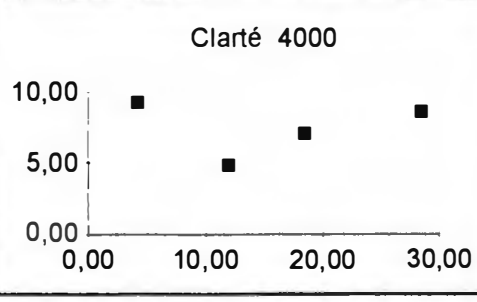




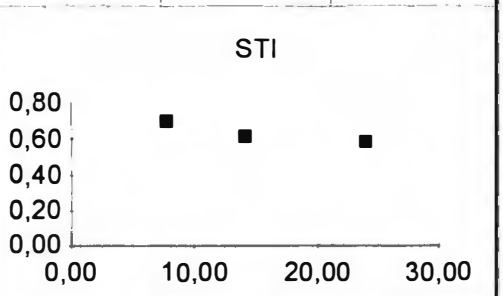


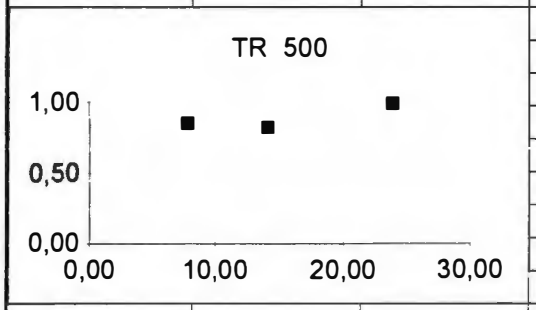


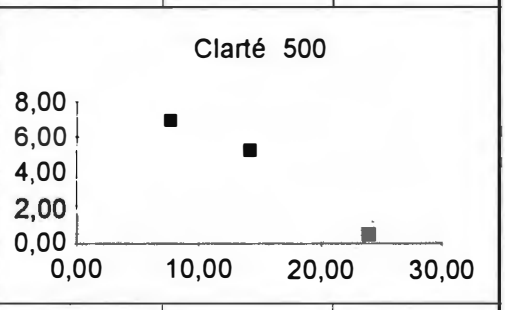


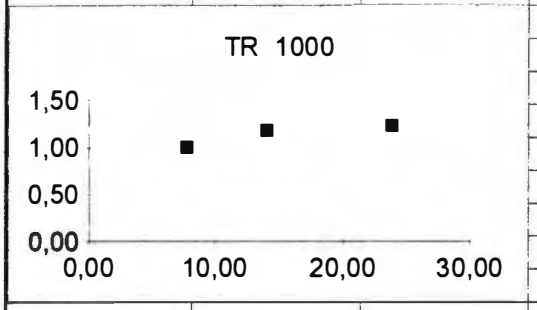


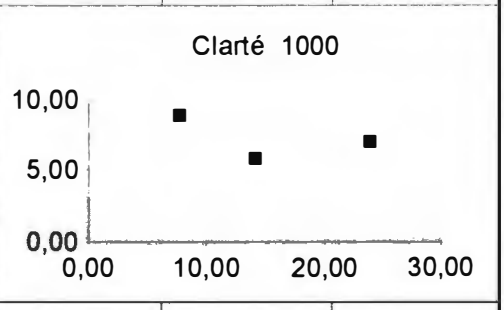
HP6	M6	M7	M8
Distance HP	7,71	14,10	23,90
STI	0,70	0,61	0,58
TR 500	0,85	0,82	0,99
TR 1000	0,99	1,18	1,23
TR 2000	1,00	1,09	1,22
TR 4000	0,94	0,95	1,18
Clarté 500	6,99	5,21	0,49
Clarté 1000	8,90	5,85	7,04
Clarté 2000	8,33	7,92	5,61
Clarté 4000	8,91	7,36	6,64

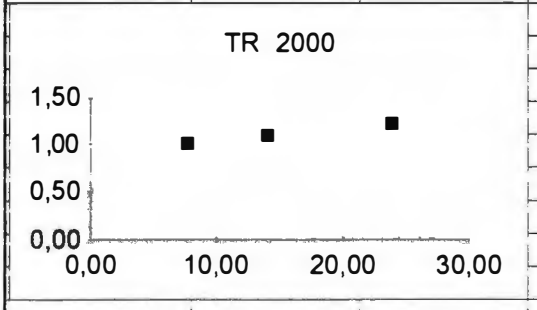


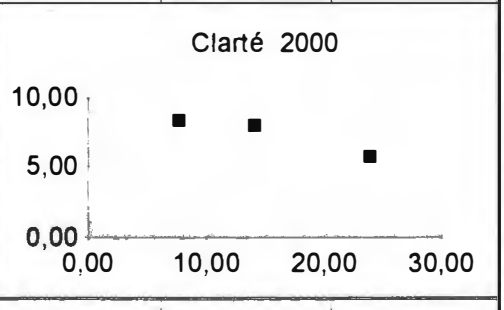


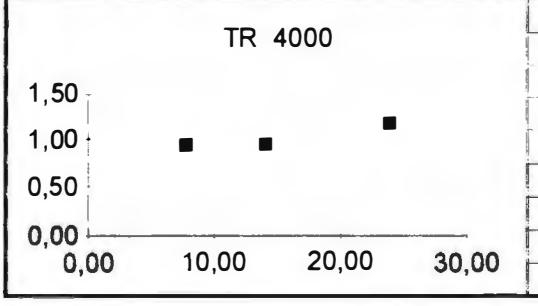


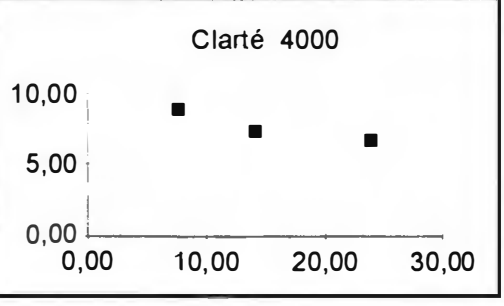






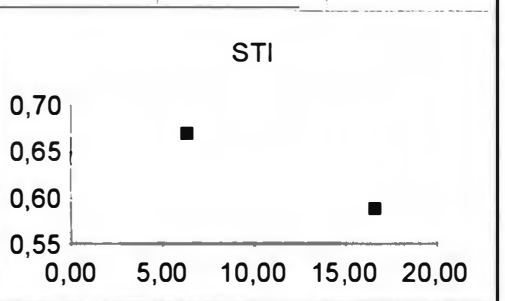


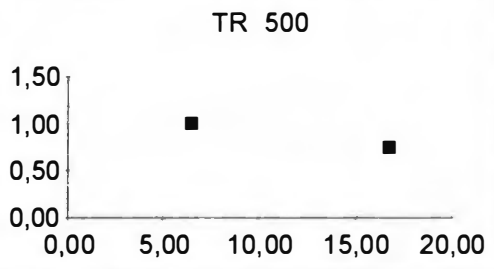


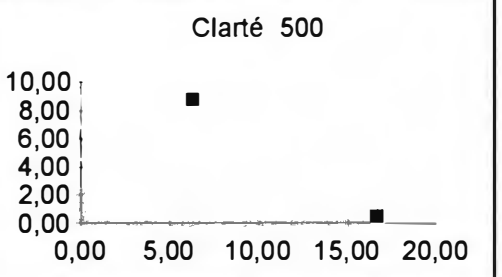


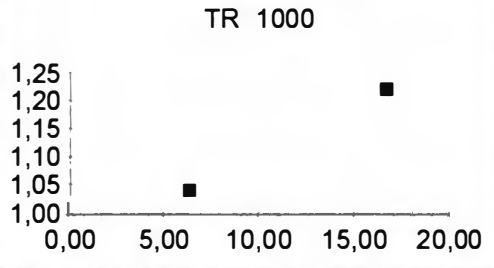
RUE_CLER.XLS

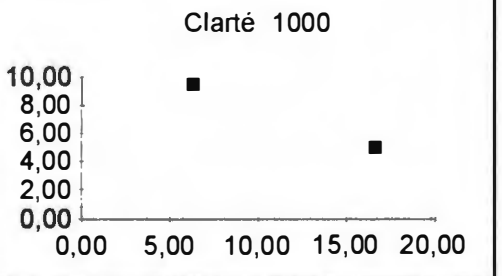
HP7	M7	M8
Distance HP	6,40	16,70
STI	0,67	0,59
TR 500	1,01	0,75
TR 1000	1,04	1,22
TR 2000	1,23	1,20
TR 4000	0,99	1,06
Clarté 500	8,76	0,52
Clarté 1000	9,46	4,99
Clarté 2000	9,31	6,87
Clarté 4000	9,95	7,83

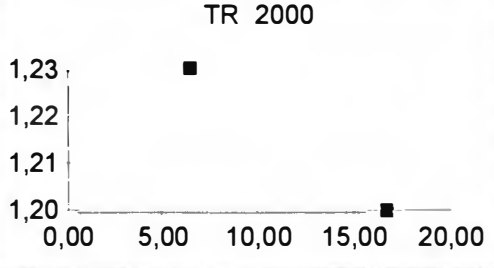


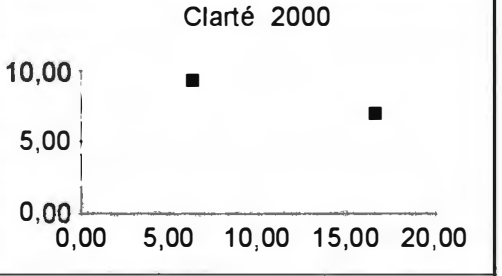


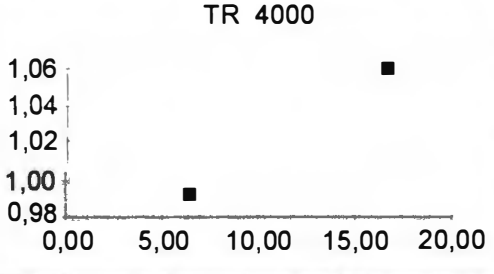


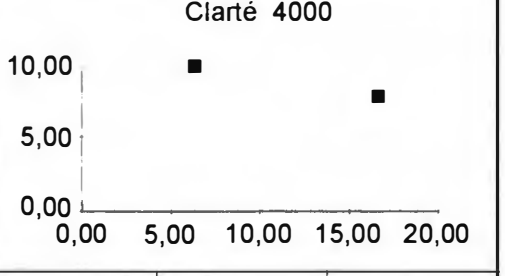








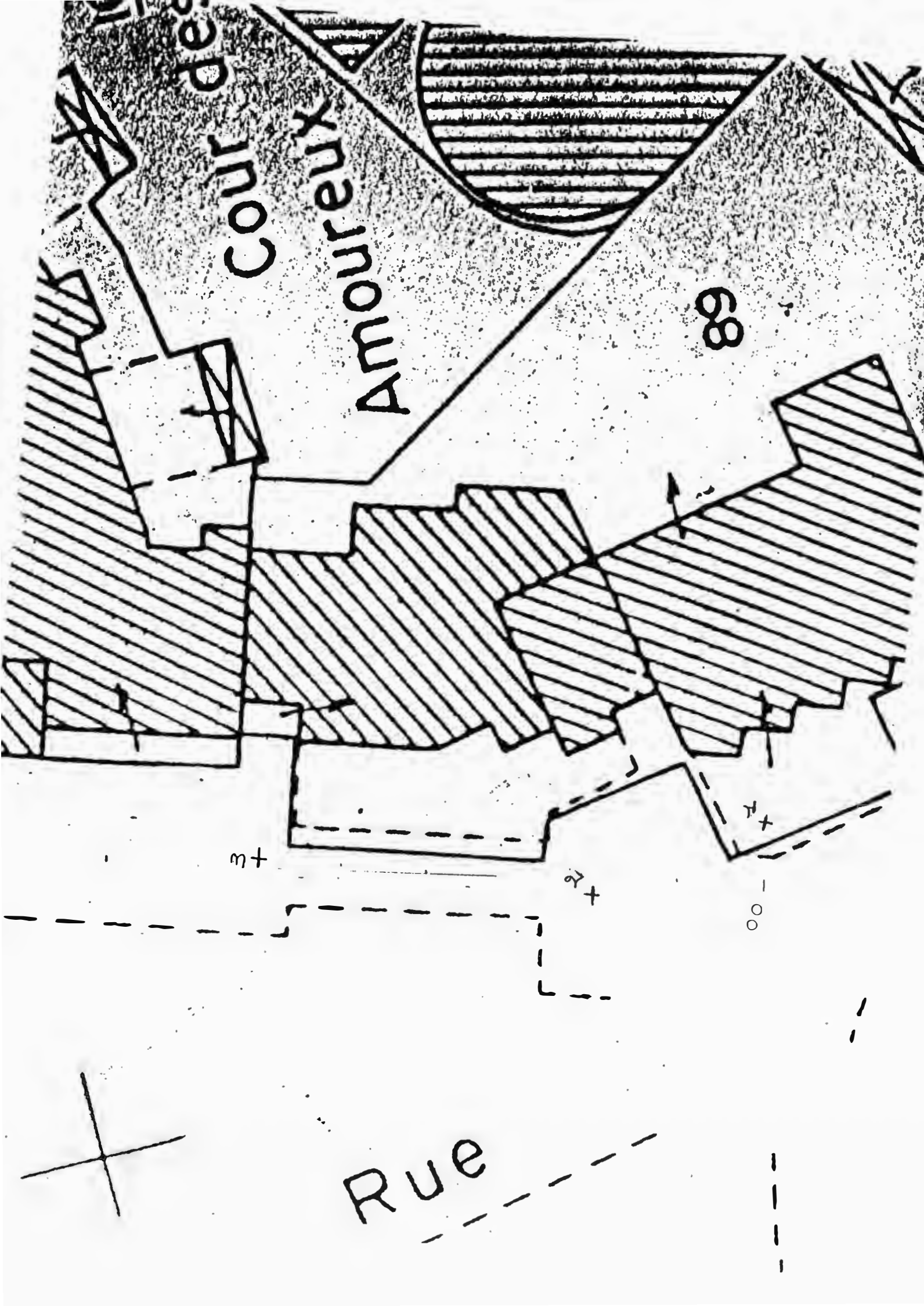




Annexe3.3 Jardin Hoche

- PLAN

- MESURES

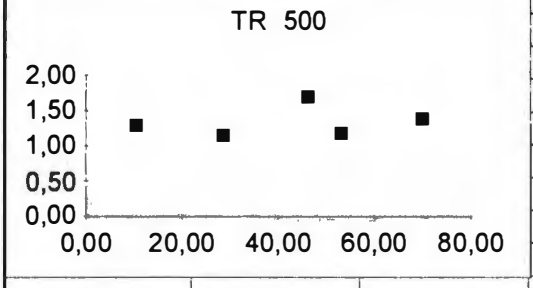

Cour des Amoureux
89
Rue

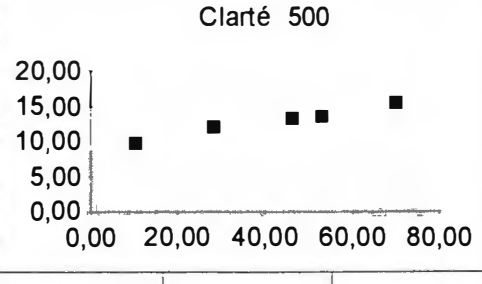
Hoche
21
15
9
5
4
7

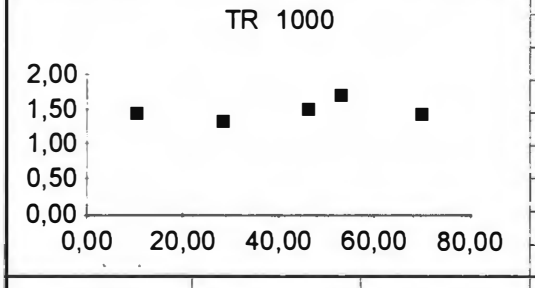
13

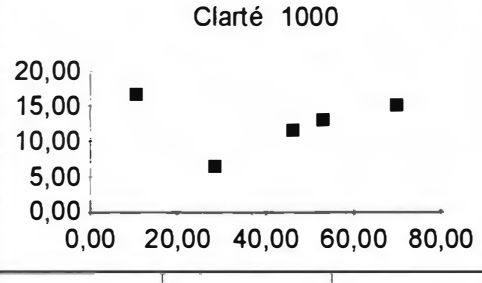
10
8
7
6
15

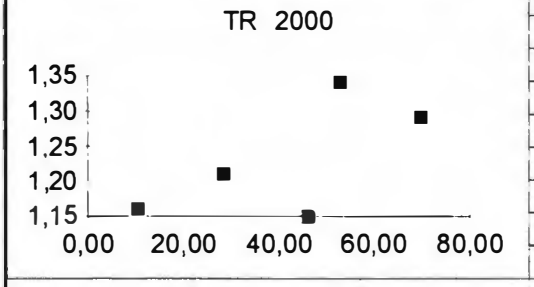
HP1	M2	M3	M4	M5	M6
Distance HP	10,50	28,50	46,25	53,00	70,00
STI					
TR 500	1,30	1,14	1,69	1,17	1,38
TR 1000	1,42	1,31	1,48	1,69	1,41
TR 2000	1,16	1,21	1,15	1,34	1,29
TR 4000	1,00	0,86	0,99	1,26	0,98
Clarté 500	9,68	11,99	13,12	13,49	15,41
Clarté 1000	16,46	6,37	11,46	13,00	15,11
Clarté 2000	9,26	10,30	7,67	7,83	12,47
Clarté 4000	8,71				

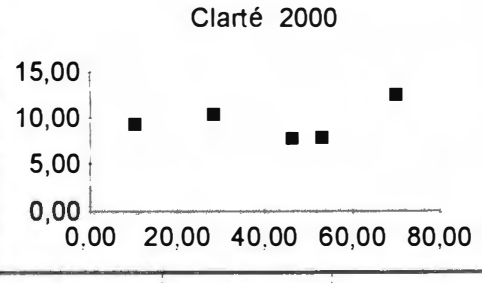


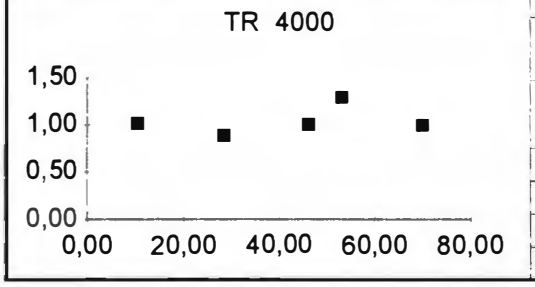




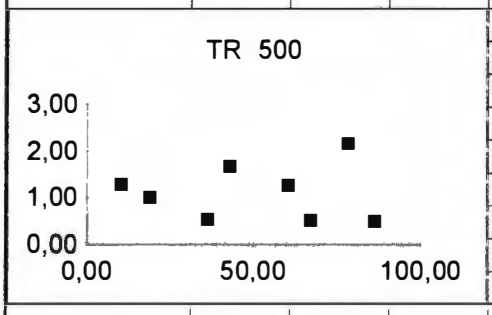


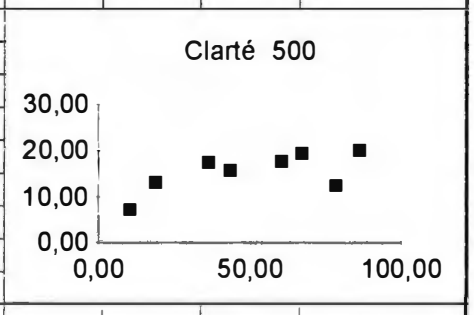


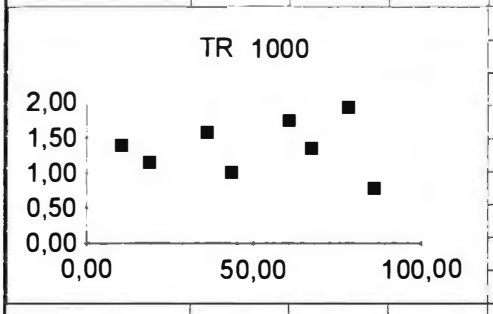


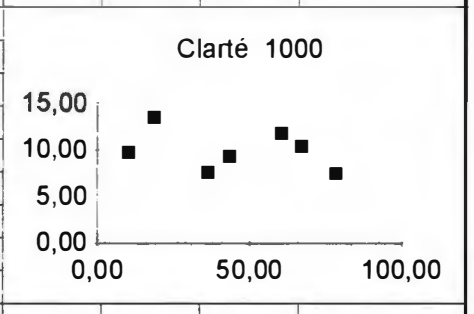


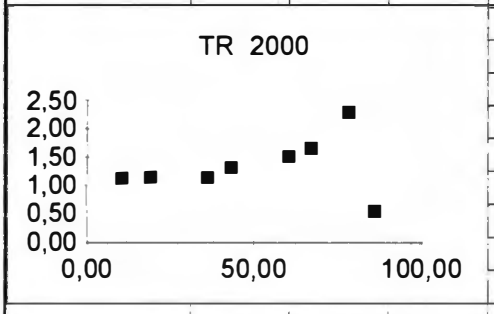
HP2	M1	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Distance HP	10,50	19,00	36,50	43,50	60,50	67,25	78,50	86,25
STI								
TR 500	1,26	0,99	0,51	1,66	1,25	0,50	2,15	0,48
TR 1000	1,39	1,15	1,57	1,00	1,73	1,34	1,92	0,78
TR 2000	1,11	1,12	1,12	1,29	1,51	1,65	2,27	0,54
TR 4000	1,17	1,34	0,84	0,61	0,73	0,52	0,54	1,04
Clarté 500	6,85	13,04	17,35	15,62	17,52	19,44	12,31	20,01
Clarté 1000	9,57	13,39	7,50	9,23	11,82	10,31	7,42	
Clarté 2000	10,41	13,95	14,89	15,22	10,31	9,15	8,36	
Clarté 4000	8,60	13,11	11,48					

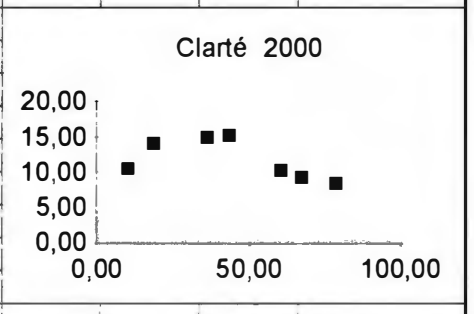


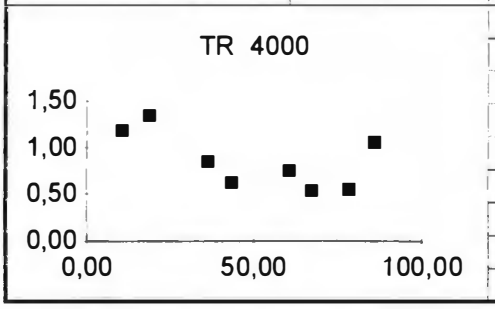


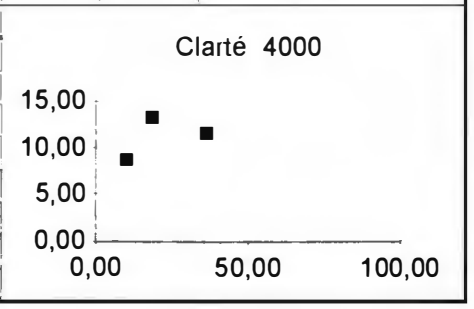




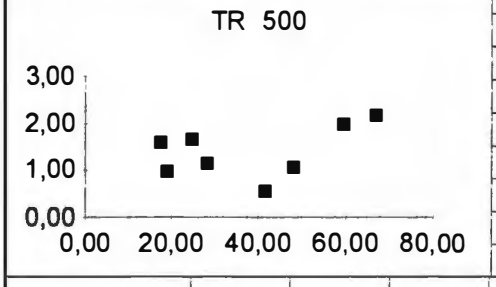


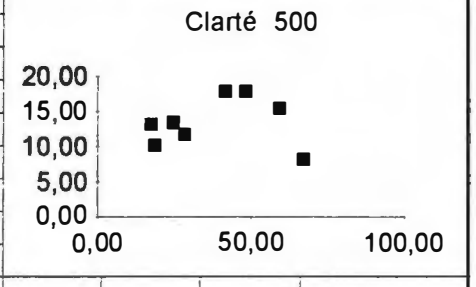


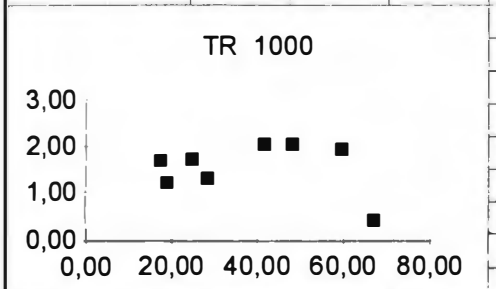


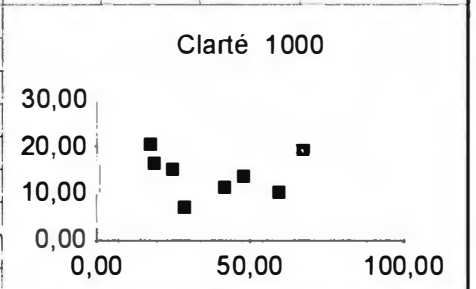


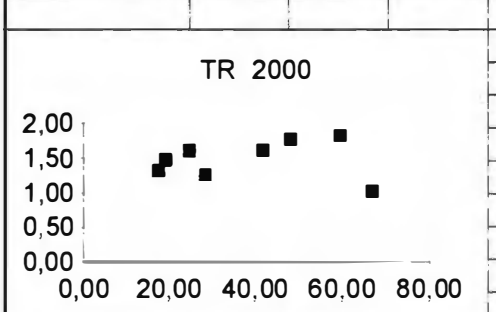
HP3	M1	M2	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Distance HP	28,50	19,00	17,50	24,75	41,75	48,25	59,50	67,00
STI								
TR 500	1,11	0,95	1,59	1,62	0,54	1,05	1,98	2,15
TR 1000	1,30	1,21	1,70	1,72	2,04	2,08	1,95	0,41
TR 2000	1,26	1,47	1,31	1,62	1,62	1,77	1,82	1,02
TR 4000	0,85	0,94	0,55	0,60	1,54	1,51	0,69	0,71
Clarté 500	11,60	10,10	13,05	13,27	17,75	17,91	15,26	8,16
Clarté 1000	6,73	16,27	20,20	14,91	11,12	13,34	10,07	19,05
Clar é 2000	14,63	13,75	16,06	16,75	17,43	14,60	10,12	11,22
Clarté 4000	11,92	14,00	15,16	18,26	18,92	18,39		

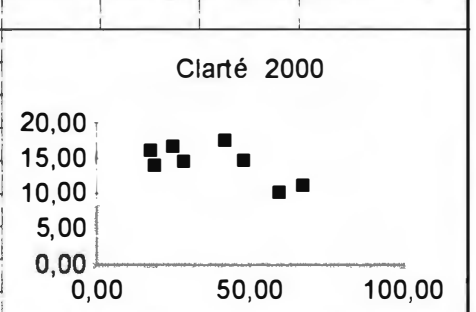


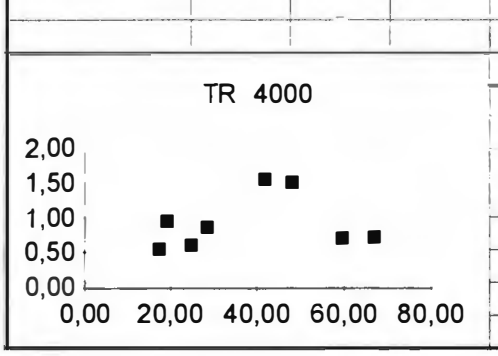


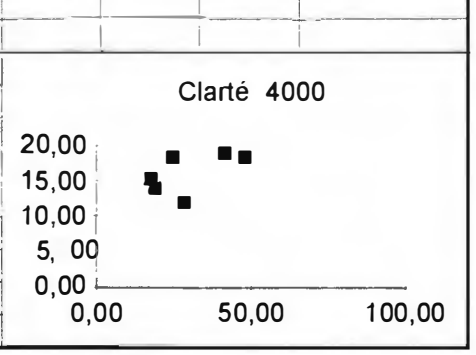




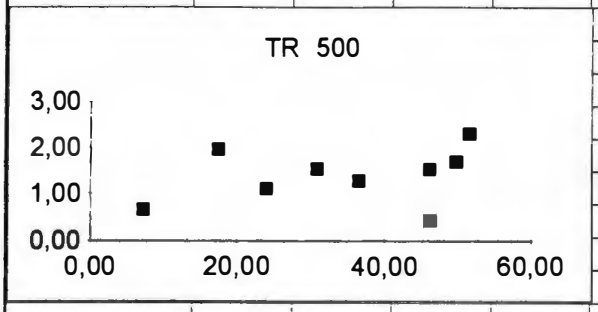


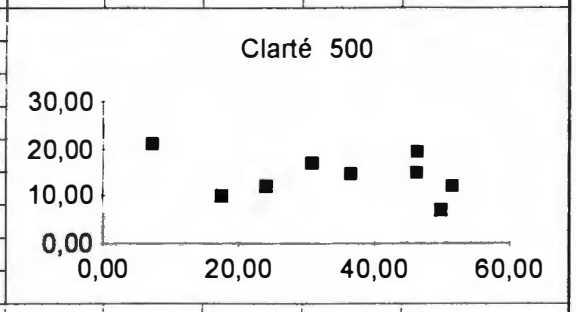


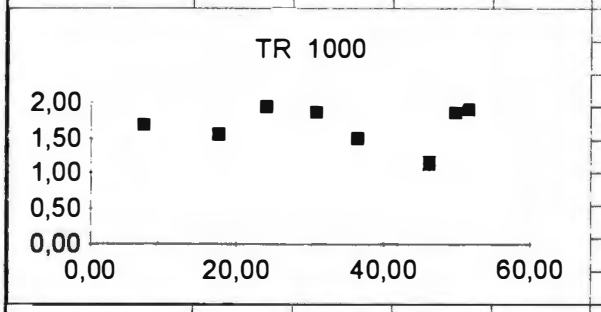


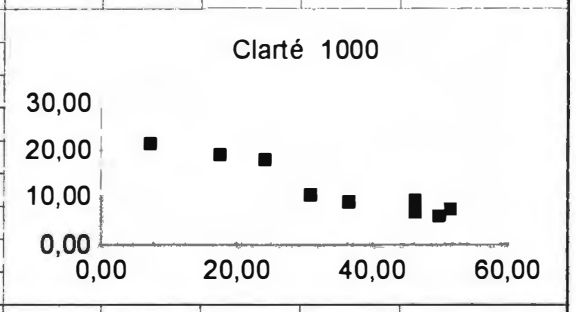


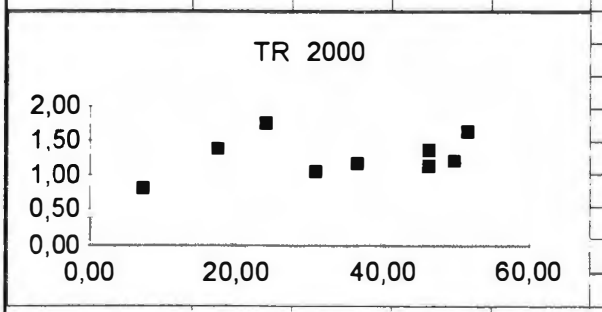
HP4	M1	M1B	M2	M3	M5	M6	M7	M9	M10
Distance HP	46,25	46,25	36,50	17,50	7,25	24,00	30,80	49,75	51,50
STI									
TR 500	1,52	0,42	1,28	1,95	0,66	1,11	1,54	1,71	2,32
TR 1000	1,16	1,12	1,49	1,56	1,68	1,95	1,87	1,87	1,91
TR 2000	1,13	1,36	1,17	1,38	0,81	1,75	1,04	1,20	1,64
TR 4000	0,92	0,82	0,79	1,31	0,57	0,78	0,85	0,93	1,01
Clarté 500	15,02	19,36	14,70	10,13	21,15	12,22	16,94	6,82	12,05
Clarté 1000	9,37	6,78	8,87	19,05	21,48	18,11	10,50	5,82	7,34
Clarté 2000	11,82	8,26	15,54	16,24	24,08	20,42	18,92	13,60	12,79
Clarté 4000	14,41	14,82	12,83	16,08	23,89	22,47			

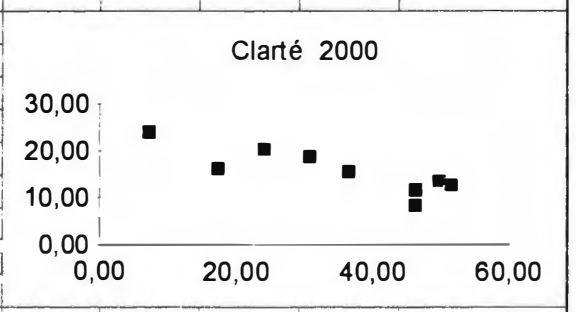


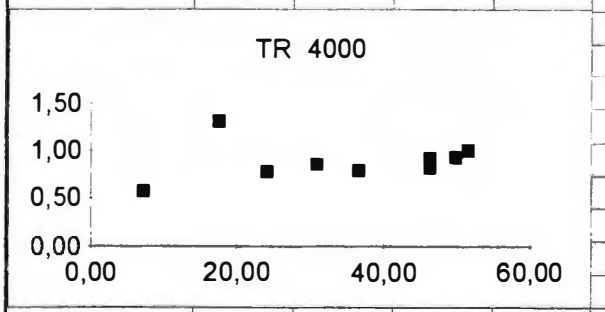


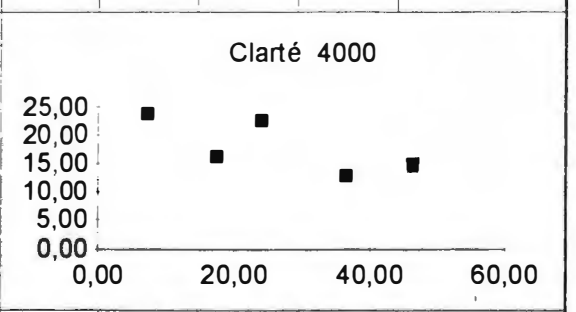




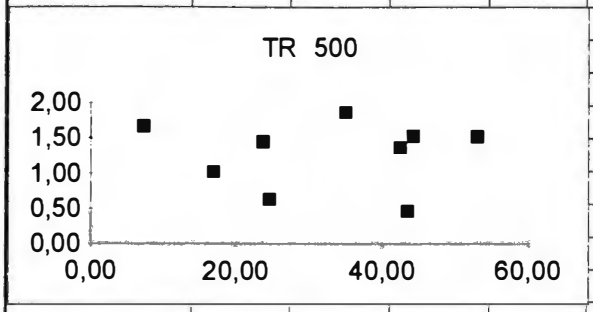


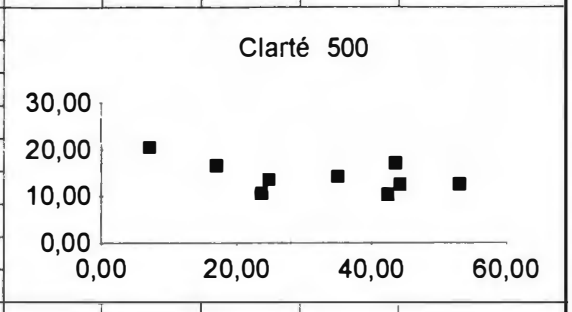


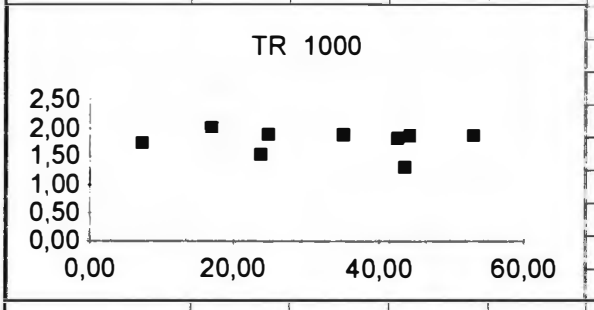


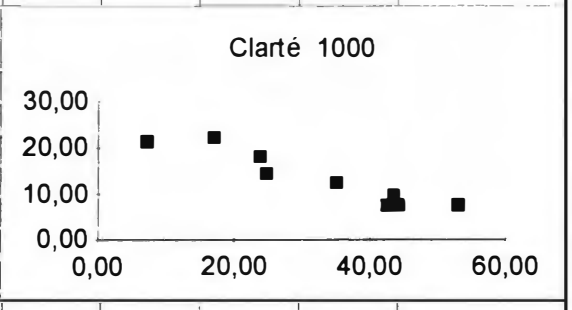


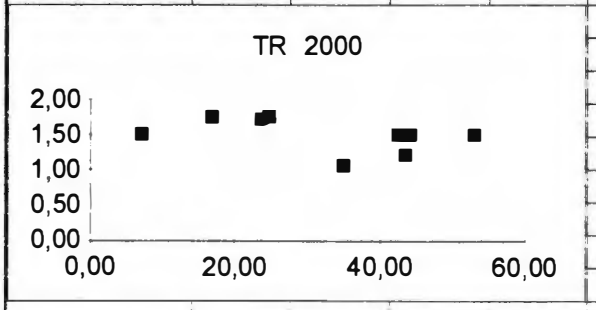
HP5	M1	M2	M3	M4	M6	M7	M8	M9	M10
Distance HP	53,00	43,50	24,75	7,25	17,00	23,75	35,00	42,50	44,25
STI									
TR 500	1,53	0,46	0,63	1,66	1,01	1,44	1,86	1,36	1,53
TR 1000	1,86	1,29	1,89	1,72	2,01	1,53	1,88	1,83	1,86
TR 2000	1,51	1,22	1,76	1,51	1,76	1,73	1,07	1,51	1,51
TR 4000	1,01	1,11	0,57	0,61	1,21	0,78	0,52	0,84	1,01
Clarté 500	12,41	16,95	13,30	20,35	16,49	10,42	14,06	10,05	12,41
Clarté 1000	7,43	9,54	14,29	21,10	22,20	17,94	12,11	7,22	7,43
Clarté 2000	12,35	15,31	15,84	23,37	21,04	17,36	19,31	15,13	12,35
Clarté 4000		16,30	17,06	20,54	18,54	18,96			

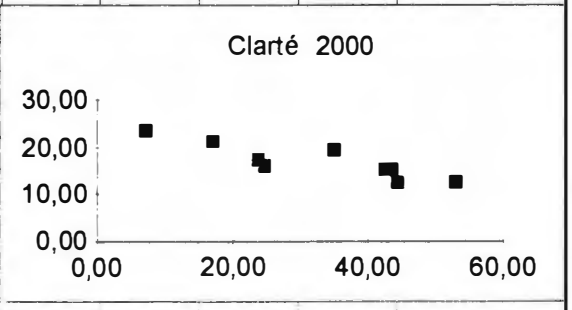


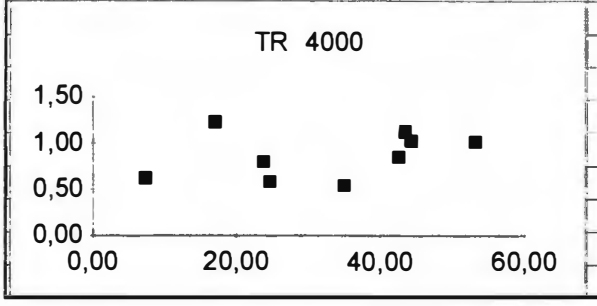


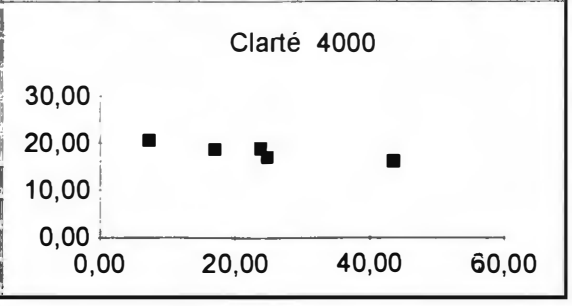




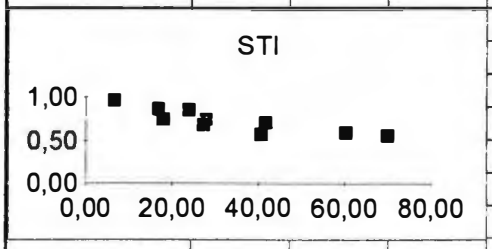


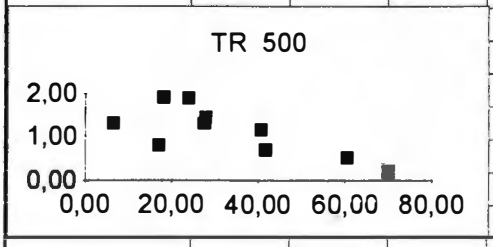


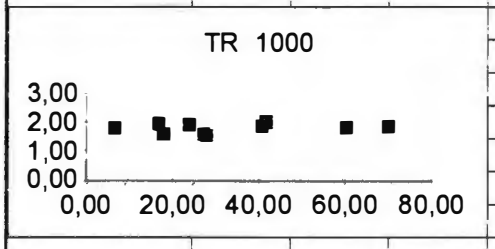


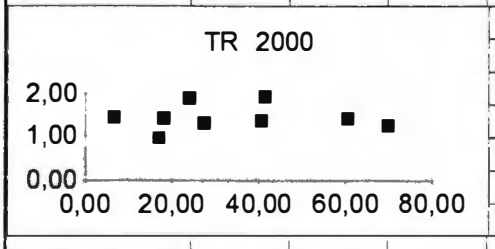


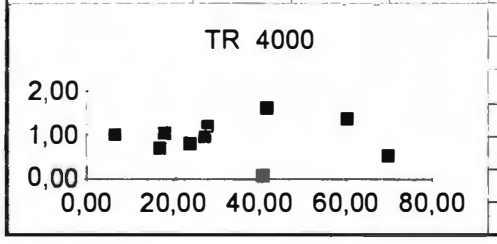
HP6	M1	M2	M3	M4	M5	M7	M8	M9	M10	M11
Distance HP	70,00	60,50	41,75	24,00	17,00	6,75	18,00	28,00	27,50	40,75
STI	0,55	0,58	0,70	0,85	0,87	0,96	0,75	0,74	0,68	0,56
TR 500	0,21	0,50	0,68	1,88	0,79	1,32	1,91	1,43	1,29	1,15
TR 1000	1,85	1,82	2,02	1,91	1,93	1,79	1,58	1,53	1,60	1,87
TR 2000	1,25	1,43	1,92	1,85	0,94	1,43	1,40	1,32	1,32	1,38
TR 4000	0,52	1,38	1,61	0,79	0,68	0,99	1,04	1,19	0,96	0,09
Clarté 500	100,00	19,79	16,11	12,57	16,19	26,77	13,39	14,11	12,54	9,06
Clarté 1000	12,48	13,18	11,36	15,49	21,46	26,95	20,92	13,65	11,36	5,93
Clarté 2000	10,11	13,07	14,47	18,68	21,02	27,20	15,48	15,87	13,04	13,94
Clarté 4000		16,36	13,49	20,14	19,13	26,47	16,54	12,84		

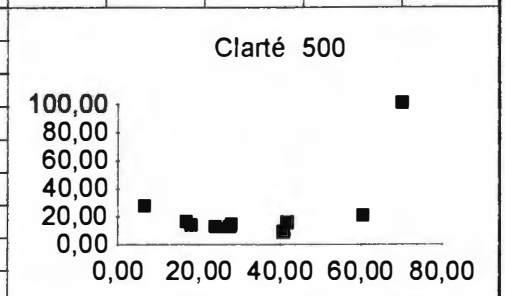


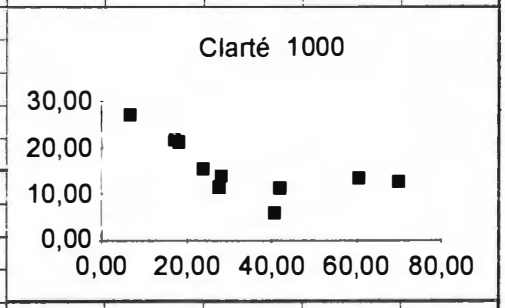


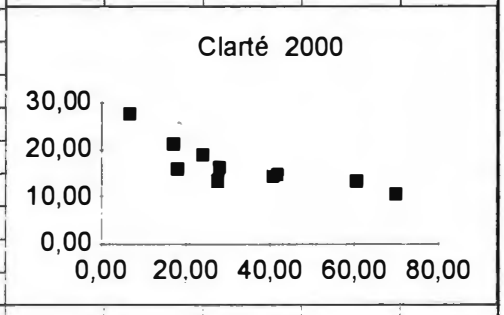


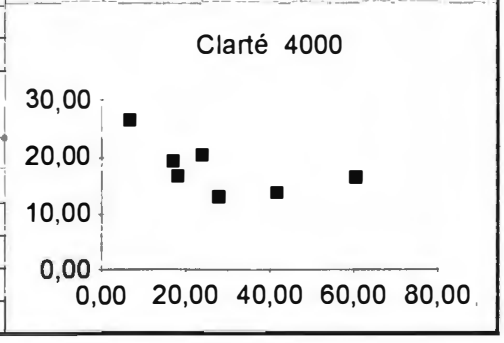




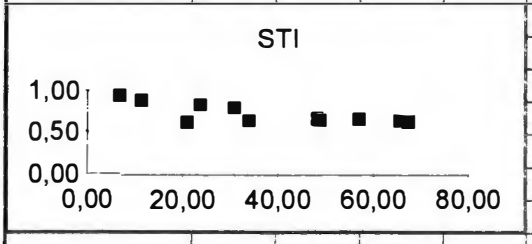


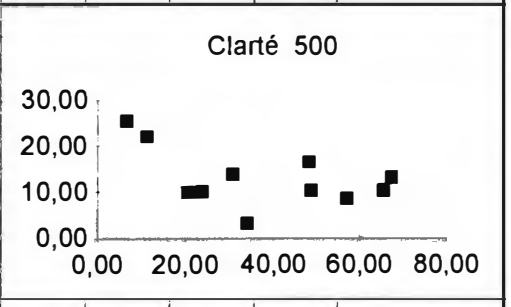


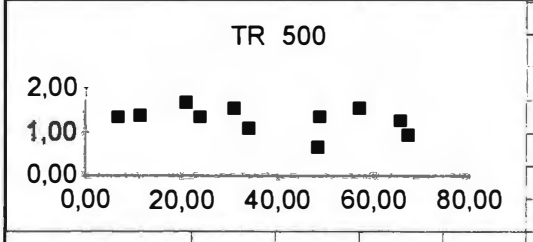


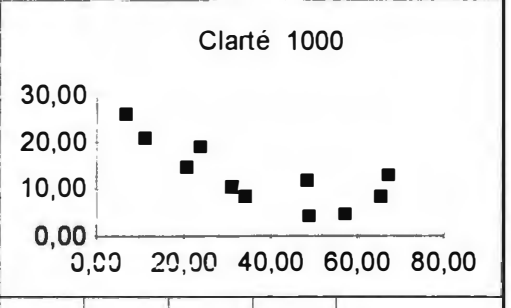


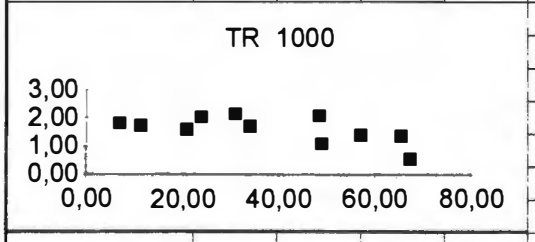
HP7	M2	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M11	M12	M13	M14
Distance HP	67,25	48,25	30,80	23,75	6,75	11,25	20,75	34,00	48,75	57,00	65,50
STI	0,62	0,66	0,79	0,82	0,94	0,88	0,61	0,63	0,64	0,65	0,63
TR 500	0,90	0,64	1,52	1,31	1,31	1,35	1,64	1,05	1,33	1,53	1,24
TR 1000	0,55	2,07	2,12	2,01	1,81	1,72	1,57	1,66	1,06	1,39	1,36
TR 2000	1,52	1,75	1,64	1,80	1,92	1,51	1,41	1,52	1,41	1,21	1,13
TR 4000	0,65	1,41	1,41	0,93	0,85	0,89	1,18	1,04	1,14	1,36	1,35
Clarté 500	13,01	16,33	13,80	10,06	25,33	21,98	9,93	3,19	10,28	8,44	10,21
Clarté 1000	12,67	11,69	10,24	18,94	25,88	20,82	14,39	8,10	3,82	4,37	8,23
Clarté 2000	6,70	11,92	18,26	17,37	26,55	13,28	12,25	16,88	10,24	10,69	7,37
Clarté 4000		15,10	16,56	17,27	23,62	18,36		11,04			

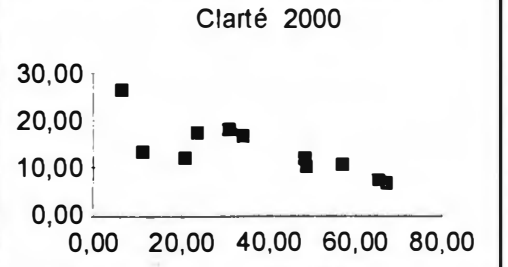


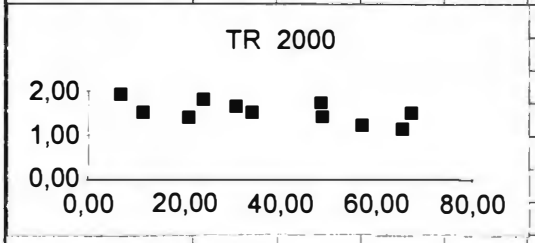


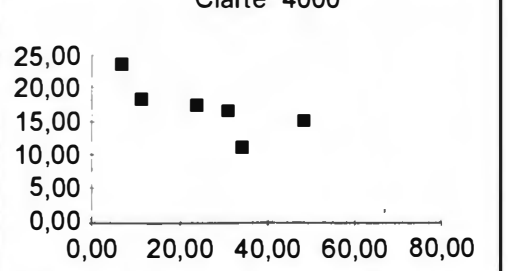


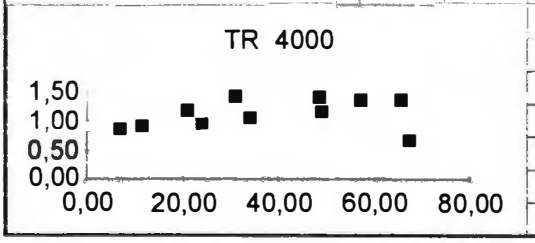




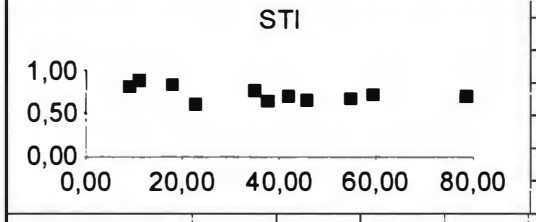


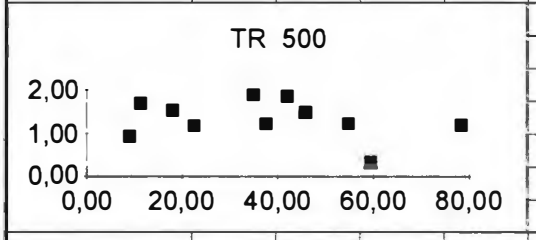


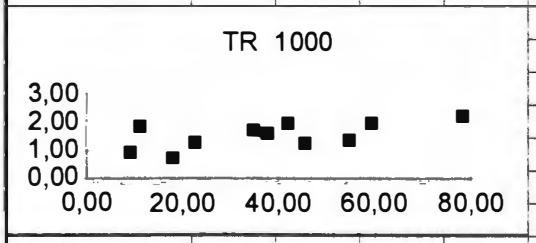


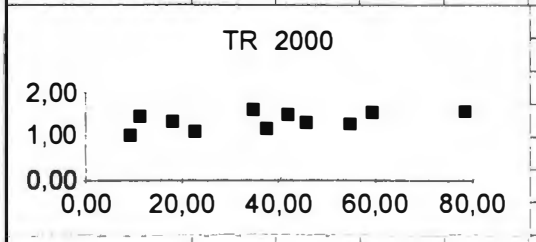


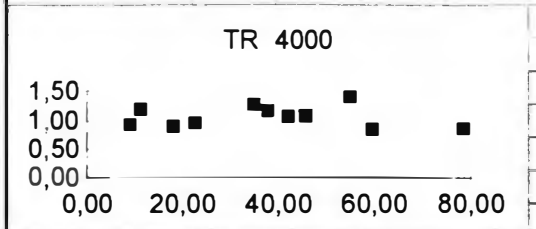
HP8	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M10	M11	M12	M13	M14
Distance HP	78,50	59,50	42,00	35,00	18,00	11,25	9,25	22,75	37,75	45,75	54,75
STI	0,70	0,72	0,70	0,77	0,83	0,88	0,81	0,60	0,65	0,66	0,68
TR 500	1,18	0,33	1,85	1,89	1,52	1,68	0,90	1,13	1,19	1,48	1,20
TR 1000	2,17	1,92	1,90	1,68	0,71	1,79	0,88	1,26	1,57	1,23	1,33
TR 2000	1,57	1,54	1,49	1,60	1,33	1,44	1,00	1,09	1,14	1,31	1,26
TR 4000	0,86	0,84	1,05	1,27	0,89	1,19	0,92	0,96	1,15	1,06	1,41
Clarté 500	14,49	23,71	13,92	14,75	16,58	23,38	13,77	8,84	11,18	11,25	11,12
Clarté 1000	9,63	9,71	10,96	16,54	25,64	22,16	17,23	10,62	8,50	9,74	6,09
Clarté 2000	9,66	11,10	18,24	18,38	21,36	20,21	17,39	9,99	10,09	11,27	12,71
Clarté 4000				19,60	18,01	15,37	15,81				

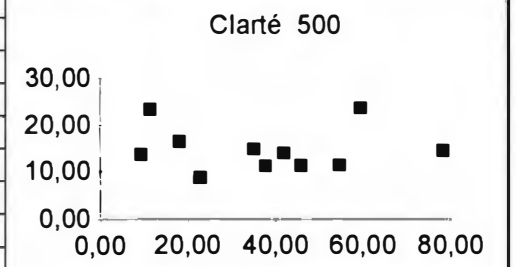


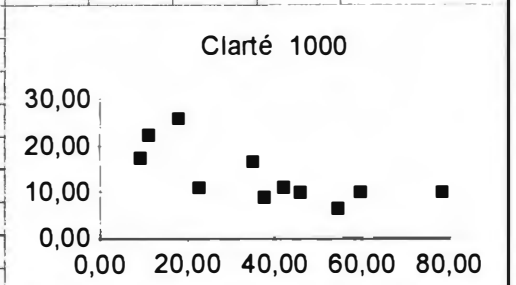


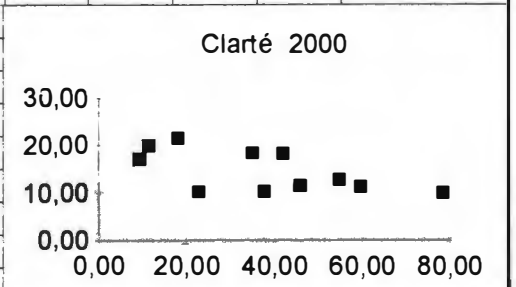


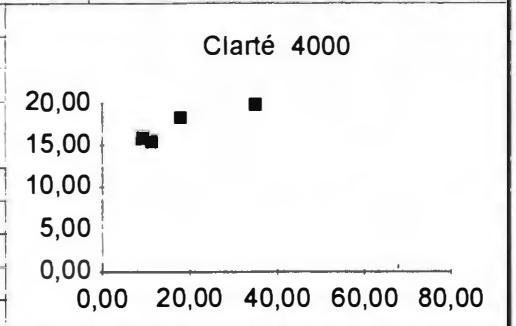




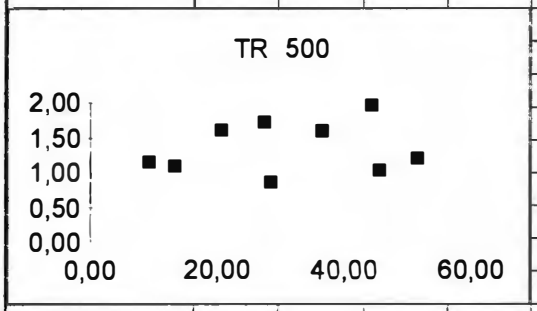


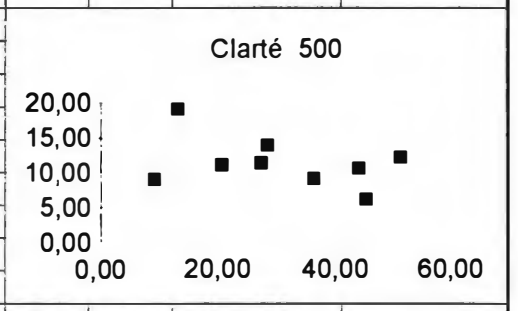


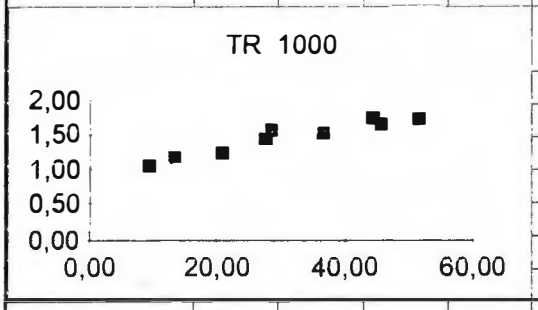


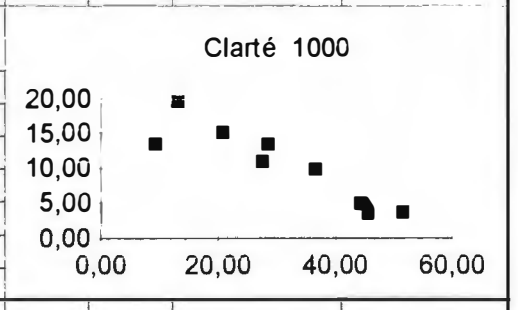


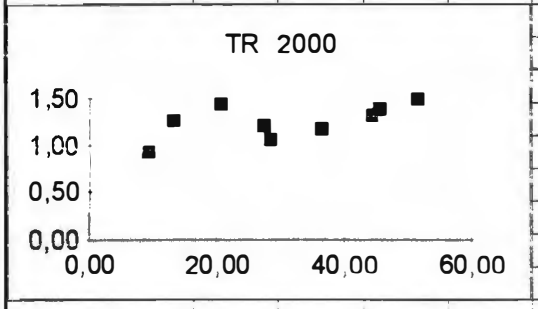
HP10	M4	M5	M6	M7	M8	M11	M12	M13	M14
Distance HP	51,50	44,25	27,50	20,75	9,25	13,25	28,50	36,50	45,50
STI									
TR 500	1,21	1,97	1,73	1,62	1,17	1,09	0,87	1,61	1,04
TR 1000	1,72	1,74	1,43	1,23	1,04	1,16	1,56	1,52	1,64
TR 2000	1,49	1,32	1,21	1,44	0,92	1,26	1,06	1,18	1,38
TR 4000	1,01	1,08	1,10	1,20	1,03	0,55	0,97	0,98	1,22
Clarté 500	12,09	10,58	11,40	11,04	9,02	19,07	13,85	9,03	6,18
Clarté 1000	3,54	4,73	11,00	15,18	13,51	19,54	13,52	9,82	3,28
Clarté 2000	13,41	13,71	14,75	15,37	15,13	13,04	12,33	7,64	10,41
Clarté 4000			10,91	11,61	14,54	17,89	17,90	13,10	

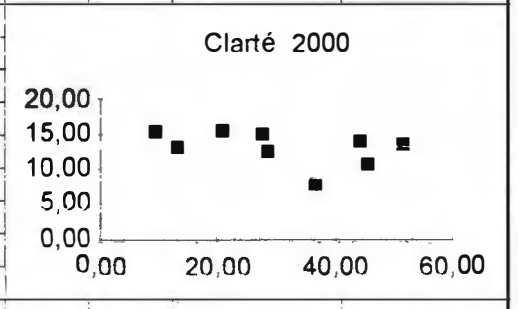


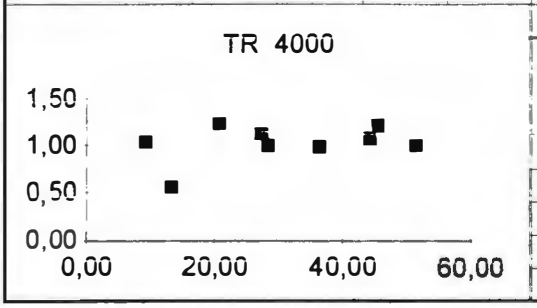


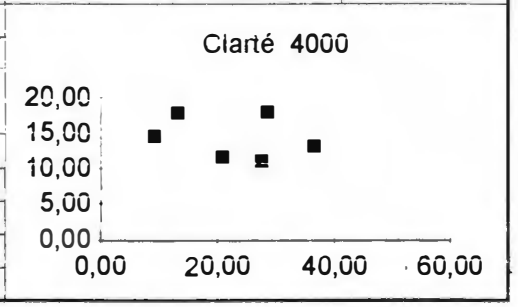












Annexe 4

ENQUETES SOCIOLOGIQUES

Annexe 4.1

PREMIER QUESTIONNAIRE

?

PRE-ENQUETE AUPRES DES USAGERS ET RIVERAINS DU CENTRE DE GRENOBLE
(PLACE VICTOR HUGO PVH - PLACE FELIX POULAT PFP)

QUESTIONNAIRE AUPRES D'USAGERS PASSANT OU SEJOURNANT ENTRE PVH ET PFP
PASSATION DES ENTRETIENS ENTRE 16H30 ET 18H30

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on repère différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • O oui O non
• où _____

1.2.1. Passez-vous par ici • O fréquemment O parfois O exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s) _____
• O seul(e) O accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements O séjour sur la place O travail O promenade
O achats O autres _____

2.1. Y-a-t'il entre pVH et pFP O une seule ambiance sonore (PASSER DIRECT À 2.3.)
O plusieurs ambiances O une multitude d'ambiances sonores

2.2. SI PLUSIEURS OU MULTITUDE : • Combien en dénombrez-vous _____

• Où _____
• Décrivez les différentes ambiances
- la première
- la seconde
- la troisième
- la quatrième
- la cinquième

ENTRETIEN N°

• Qu'est-ce qui distingue ces ambiances les unes des autres

• Percevez-vous le passage d'une ambiance à l'autre comme

O un glissement de l'une à l'autre

O le franchissement d'un seuil

O quelque chose d'inexprimable

2.3. SI UNE SEULE AMBIANCE :

• Décrivez-la.

• Est-elle vraiment parfaitement homogène quand vous vous déplacez, ne se transforme-t-elle pas du tout au fur et à mesure de votre déplacement O Oui O Non O NSP

(Si NON, retour à 2.2.)

2.4. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP O toujours O parfois O jamais

3.0. INDUCTION : JE VAIS MAINTENANT VOUS QUESTIONNER SUR QUELQUES AMBIANCES QU'IL Y A OU QU'IL N'Y A PAS ENTRE pVH ET pFP

(3.1. REVERBERATION)

3.1.1. Quand vous vous déplacez sur le tronçon pVH-pFP, remarquez-vous des lieux qui ont de l'écho (évent. : qui résonnent, qui sont réverbérants) O Oui O Non O NSP

3.1.2. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.1.3. A cet endroit (à ces endroits), l'écho est-il O fort O moyen O faible

ENTRETIEN N°

3.1.4. Remarquez-vous des lieux qui sont au contraire sourds, absorbants, mats
O Oui O Non O NSP

3.1.5. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.1.6. A cet endroit (à ces endroits), la matité du son est-elle O forte O moyenne O faible

3.1.7. Y-a-t'il une limite tranchée entre la zone résonante et la zone mate O Oui O Non O NSP

3.1.8. SI OUI : Où

3.1.9. SI NON A 3.1.1 : Y-a-t-il à Grenoble des lieux qui ont de l'écho, ou qui n'en ont pas du tout O Oui O Non O NSP SI OUI : Où

(3.2. FILTRAGE)

3.2.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où les sons changent brusquement de consistance, se déforment O Oui O Non O NSP

3.2.2. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.2.3. A cet endroit (à ces endroits), ces changements sont-ils O forts O moyens O faibles

3.2.4. SI NON A 3.2.1. : Y-a-t-il à Grenoble des lieux où les sons se déforment, ou bien où ils ne se déforment pas du tout O Oui O Non O NSP SI OUI : Où

ENTRETIEN N°

(3.3. COUPURE)

3.3.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où les sons s'atténuent ou disparaissent brutalement ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.3.2. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.3.3. A cet endroit (à ces endroits), ces chutes sonores sont-elles ◯ fortes ◯ moyennes ◯ faibles

3.3.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons surgissent brutalement ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.3.5. SI OUI

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.3.6. A cet endroit (à ces endroits), ces brusques apparitions sonores sont-elles ◯ fortes ◯ moyennes ◯ faibles

3.3.7. Y-a-t'il une limite entre la zone où les sons apparaissent et disparaissent brutalement ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.3.8 SI OUI : Où

3.3.9. SI NON A 3.3.1. : Y-a-t-il à Grenoble des lieux où les sons apparaissent brusquement ou disparaissent brusquement ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP SI OUI : Où

(3.4. UBIQUITE)

3.4.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où on n'arrive pas à savoir d'où viennent les sons, comme dans un brouillard sonore ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.4.2. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

ENTRETIEN N°

3.4.3. A cet endroit (à ces endroits), ce brouillard sonore est-il ⓪ prononcé
⓪ moyen ⓪ faible

3.4.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons sont parfaitement repérables, on sait parfaitement d'où ils viennent ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

3.4.5. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.4.6. A cet endroit (à ces endroits), la provenance des sons est-elle ⓪ particulièrement facile ⓪ faisable sans plus ⓪ délicate

3.4.7. Y-a-t'il une limite entre la zone sonore brouillée et la zone sonore claire ⓪ Oui
⓪ Non ⓪ NSP

3.4.8. SI OUI : Où

3.4.9. SI NON A 3.4.1. : Y-a-t-il à Grenoble des lieux qui sont ainsi brouillés, ou au contraire où les sons sont clairs ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP SI OUI : Où

(3.5. MASQUE)

3.5.1. Sur le même tronçon, remarquez-vous des lieux où certains sons empêchent d'entendre d'autres sons, on a de la peine pour se parler ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

3.5.2. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.5.3. A cet endroit (à ces endroits), les sons se cachent-ils ⓪ fortement
⓪ moyennement ⓪ faiblement

ENTRETIEN N°

3.5.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons ne se masquent pas les uns les autres et où on entend bien, où on s'entend bien ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

3.5.5. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.5.6. A cet endroit (à ces endroits), les sons ne se gênent ⓪ pas du tout
⓪ moyennement ⓪ faiblement

3.5.7. Y-a-t-il une limite entre la zone où les sons se gênent et la zone où ils coexistent sans se gêner ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

3.5.8. SI OUI : Où

3.5.9. SI NON A 3.5.1. : Y-a-t-il à Grenoble des lieux où les sons se gênent, ou ne se gênent pas du tout ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP SI OUI : Où

(3.6. METABOLE)

3.6.1. Sur le même tronçon, remarquez-vous des lieux où tous les sons se mélangent comme dans un hall de gare ou un marché ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

3.6.2. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

3.6.3. A cet endroit (à ces endroits), cette confusion sonore est-elle ⓪ très forte
⓪ moyenne ⓪ faible

3.6.4. Remarquez-vous des lieux où les sons se détachent parfaitement les uns des autres
⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

3.6.5. SI OUI :

• Où _____

• Jusqu'où _____

ENTRETIEN N°

3.6.6. A cet endroit (à ces endroits), ces sons sont-ils ⓪ fortement détachés les uns des autres ⓪ moyennement détachés ⓪ faiblement détachés les uns des autres

3.6.7. Y-a-t'il une limite entre la zone où les sons se mélangent et la zone où ils sont détachés les uns des autres ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

3.6.8. SI OUI : Où

3.6.9. SI NON A 3.6.1. : Y-a-t-il à Grenoble des lieux où les sons sont très détachés, ou où ils sont au contraire très mélangés ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP SI OUI : Où

4.1. Est-ce que les ambiances sonores sont identiques ici

• tout au long de l'année ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

si oui : qu'est-ce qui change _____

• tout au long de la semaine ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

si oui : qu'est-ce qui change _____

• toute la journée, le jour et la nuit ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

si oui : qu'est-ce qui change _____

• selon le temps qu'il fait ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

si oui : qu'est-ce qui change _____

4.2. Qu'est-ce qui a changé par rapport aux sons d'autrefois, d'il y a une dizaine d'années

Relances : ⓪ fontaine ⓪ tram ⓪ piétonnisation ⓪ revêtements de sol ⓪ commerces ⓪ autres

ENTRETIEN N°

5.1. AGE ⬭ moins de 18 ans ⬭ 18-30 ans ⬭ 30-40 ans ⬭ 40-50 ans ⬭ 50-60 ans ⬭ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ⬭ M ⬭ F

5.3. PROFESSION _____

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN _____

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

_____

Annexe 4.2

NOUVEAUX QUESTIONNAIRES

ENTRETIEN N°

Questionnaire n°2. (Tous effets)

ENQUETE AUPRES DES RIVERAINS DU CENTRE DE GRENOBLE
(PLACE VICTOR HUGO pVH - PLACE FELIX POULAT pFP)

QUESTIONNAIRE AUPRES D'USAGERS PASSANT OU SEJOURNANT ENTRE pVH ET pFP
PASSATION DES ENTRETIENS ENTRE 16H30 ET 18H30

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on distingue différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • O oui O non
• où

1.2.1. Passez-vous par ici • O fréquemment O parfois O exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s)
• O seul(e) ou O accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements O séjour sur la place O travail O promenade
O achats O autres

2.1. Y a-t-il entre pVH et pFP O une seule ambiance sonore (PASSER DIRECT A 2.3.)
O plusieurs ambiances O une multitude d'ambiances sonores

2.2. SI PLUSIEURS OU MULTITUDE : • Combien en dénombrez-vous
• Où
• Décrivez les différentes ambiances sonores
- la première
- la seconde
- la troisième
- la quatrième
- la cinquième

• Qu'est-ce qui distingue ces ambiances les unes des autres

• Percevez-vous le passage d'une ambiance à l'autre comme

O un glissement de l'une à l'autre

O le franchissement d'un seuil

O quelque chose d'inexprimable

2.3. SI UNE SEULE AMBIANCE :

• Décrivez-la.

• Cette ambiance est-elle vraiment parfaitement homogène quand vous vous déplacez, ne se transforme-t-elle pas du tout au fur et à mesure de votre déplacement O Oui O Non O NSP

(Si NON, retour à 2.2.)

2.4. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP O toujours O parfois O jamais

3.0. INDUCTION : JE VAIS MAINTENANT VOUS QUESTIONNER SUR QUELQUES AMBIANCES SONORES QU'IL Y A OU QU'IL N'Y A PAS ENTRE pVH ET pFP

(3.1. REVERBERATION)

3.1.1. Quand vous vous déplacez sur le tronçon pVH-pFP, remarquez-vous des lieux qui ont de l'écho (évent. : qui résonnent, qui sont réverbérants) O Oui O Non O NSP

3.1.2. SI OUI : Où

3.1.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), l'écho est-il O fort O moyen O faible

3.1.4. Remarquez-vous des lieux qui sont au contraire sourds, absorbants, mats O Oui O Non O NSP

3.1.5. SI OUI : Où

3.1.6. A cet endroit-là (à ces endroits-là), la matité du son est-elle O forte O moyenne O faible

ENTRETIEN N°

3.1.7. Y a-t'il une limite tranchée entre la zone résonante et la zone mate ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.1.8. SI OUI : Où

3.1.9. SI NON A 3.1.1 : Y a-t-il à Grenoble des lieux qui ont beaucoup d'écho ○ Oui ○ Non ○ NSP SI OUI : Où

(3.2. FILTRAGE)

3.2.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où les sons changent brusquement de consistance, se déforment, se transforment brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.2.2. SI OUI : Où

3.2.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ces changements sont-ils ○ forts ○ moyens ○ faibles

3.2.4. SI NON A 3.2.1. : Y a-t-il à Grenoble des lieux où les sons se transforment brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP SI OUI : Où

(3.3. COUPURE)

3

3.3.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où les sons s'atténuent ou disparaissent brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.3.2. SI OUI : Où

3.3.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ces chutes sonores sont-elles ○ fortes ○ moyennes ○ faibles

3.3.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons surgissent brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.3.5. SI OUI :

3.3.6. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ces brusques apparitions sonores sont-elles ○ fortes ○ moyennes ○ faibles

3.3.7. Y a-t'il une limite entre la zone où les sons apparaissent et disparaissent brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.3.8 SI OUI : Où

3.3.9. SI NON A 3.3.1. : Y a-t-il à Grenoble des lieux où les sons apparaissent brusquement ○ Oui ○ Non ○ NSP SI OUI : Où

ENTRETIEN N°

(3.4. UBIQUITE)

3.4.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où on n'arrive pas à savoir d'où viennent les sons, on est comme dans un brouillard sonore ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.4.2. SI OUI : Où

3.4.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ce brouillard sonore est-il ○ prononcé ○ moyen ○ faible

3.4.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons sont parfaitement repérables, on sait parfaitement d'où ils viennent ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.4.5. SI OUI : où

3.4.6. A cet endroit-là (à ces endroits-là), l'origine des sons est-elle ○ particulièrement facile à repérer ○ faisable sans plus ○ difficile à repérer

3.4.7. Y a-t'il une limite entre la zone où les sons sont facilement localisables et la zone où ils sont difficiles à localiser ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.4.8. SI OUI : Où

3.4.9. SI NON A 3.4.1. : Y a-t-il à Grenoble des lieux où il est difficile de repérer l'origine des sons ○ Oui ○ Non ○ NSP SI OUI : Où

(3.5. MASQUE)

3.5.1. Sur le même tronçon, remarquez-vous des lieux où certains sons empêchent d'entendre d'autres sons, ce qui fait qu'on a de la peine pour se parler, par exemple ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.5.2. SI OUI : Où

3.5.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), les sons se cachent-ils ○ fortement ○ moyennement ○ faiblement

3.5.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons ne se masquent pas les uns les autres et où on entend bien, où on s'entend bien ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.5.5. SI OUI : Où

3.5.6. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ○ les sons ne se gênent pas du tout ○ se gênent moyennement ○ faiblement

3.5.7. Y a-t-il une limite entre la zone où les sons se gênent les uns les autres et la zone où ils ne gênent pas ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.5.8. SI OUI : Où

3.5.9. SI NON A 3.5.1. : Y a-t-il à Grenoble des lieux où les sons se gênent les uns les autres ○ Oui ○ Non ○ NSP SI OUI : Où

(3.6. METABOLE)

3.6.1. Sur le même tronçon, remarquez-vous des lieux où tous les sons se mélangent, se confondent comme dans un hall de gare ou un marché ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.6.2. SI OUI : Où

3.6.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), cette confusion sonore est-elle ○ très forte ○ moyenne ○ faible

3.6.4. SI NON A 3.6.1. : Y a-t-il à Grenoble des lieux où les sons se mélangent très fort ○ Oui ○ Non ○ NSP SI OUI : Où

4.1. Est-ce que les ambiances sonores sont identiques ici

- tout au long de l'année ○ Oui ○ Non ○ NSP

  si oui : qu'est-ce qui change
- tout au long de la semaine ○ Oui ○ Non ○ NSP

  si oui : qu'est-ce qui change
- toute la journée, le jour et la nuit ○ Oui ○ Non ○ NSP

  si oui : qu'est-ce qui change
- selon le temps qu'il fait ○ Oui ○ Non ○ NSP

  si oui : qu'est-ce qui change

4.2. Qu'est-ce qui a changé par rapport aux sons d'autrefois, d'il y a une dizaine d'années

Relances : ○ fontaine ○ tram ○ piétonnisation ○ revêtements de sol ○ commerces ○ autres

5.1. AGE ○ moins de 18 ans ○ 18-30 ans ○ 30-40 ans ○ 40-50 ans ○ 50-60 ans ○ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ○ M ○ F

5.3. PROFESSION

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

LABORATOIRE CRESSON-GUTERPLUS
URA CNRS 1268
ÉCOLE D'ARCHITECTURE
10, galerie des Baladins - 38100 GRENOBLE
Tél. 76.33.00.33

Questionnaire n° 3
Faux effet

ENTRETIEN N°

PRE-ENQUETE AUPRES DES USAGERS ET RIVERAINS DU CENTRE DE GRENOBLE
(PLACE VICTOR HUGO PVH - PLACE FELIX POULAT PFP)

QUESTIONNAIRE AUPRES D'USAGERS PASSANT OU SEJOURNANT ENTRE PVH ET PFP
PASSATION DES ENTRETIENS ENTRE 17 H ET 19 H

Enregistrer l'entretien avec micro-cravate
Cocher les cases retenues par l'enquêté lors de l'entretien
Prendre des notes complémentaires dans les zones prévues à cet effet
Intégrer les données enregistrées à ce document, après un rapide dépouillement
Définir brièvement en fin d'entretien l'enquêté et la relation enquêteur-enquêté

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on repère différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier O oui O non où

1.2.1. Passez-vous par ici O fréquemment O parfois
O exceptionnellement
O à quelle heure
O seul(e) O accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements O séjour sur la place O travail
O promenade O achats O autres

ENTRETIEN N°

2.1. Y-a-t'il entre pVH et pFP O une seule ambiance sonore O plusieurs ambiances sonores O une multitude d'ambiances sonores

2.2. SI PLUSIEURS : Découpez ce parcours en plusieurs tronçons. Décrivez-les.

Qu'est-ce qui distingue ces ambiances les unes des autres

2.3. Ces ambiances O se mélangent-elles ou O se succèdent-elles

2.4. Percevez-vous le passage d'une ambiance à l'autre comme O un glissement de l'une à l'autre O le franchissement d'un seuil O quelque chose d'inexprimable

2.3. SI UNE SEULE AMBIANCE : Décrivez-la.

Est-elle parfaitement homogène quand vous vous déplacez, ou se transforme-t-elle au fur et à mesure de votre déplacement

2.4. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas O toujours O parfois O jamais

3.0. INDUCTION : JE VAIS MAINTENANT VOUS QUESTIONNER SUR QUELQUES AMBIANCES QU'IL Y A OU QU'IL N'Y A PAS ENTRE pVH ET pFP

ENTRETIEN N°

(3.1. REVERBERATION)

3.1.1. Quand vous vous déplacez sur le tronçon pVH-pFP, remarquez-vous des lieux qui résonnent, sont réverbérants ou ont de l'écho ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.1.2. SI OUI : Où Jusqu'où

3.1.3. Où cette résonance est-elle forte, moyenne, faible

3.1.4. Remarquez-vous des lieux qui sont au contraire sourds, absorbants, mats ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.1.5. SI OUI : Où Jusqu'où

3.1.6. Où cette matité est-elle forte, moyenne, faible

3.1.7. Y-a-t'il une limite entre la zone résonante et la zone mate ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.1.8. SI OUI : Où

ENTRETIEN N°

(3.2. FILTRAGE)

3.2.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où les sons changent brusquement de consistance, se déforment ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.2.2. SI OUI : Où Jusqu'où

3.2.3. Où ces changements sont-ils forts, moyens, faibles

ENTRETIEN N°

(3.3. COUPURE)

3.3.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où les sons s'atténuent ou disparaissent brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.3.2. SI OUI : Où Jusqu'où

3.3.3. Où ces chutes sonores sont-elles fortes, moyennes, faibles

3.3.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons surgissent brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.3.5. SI OUI : Où Jusqu'où

3.3.6. Où ces brusques apparitions du son sont-elles fortes, moyennes, faibles

3.3.7. Y-a-t'il une limite entre la zone où les sons apparaissent et disparaissent brutalement ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.3.8 SI OUI : Où

ENTRETIEN N°

(3.4. UBIQUITE)

3.4.1. Sur le même parcours, remarquez-vous des lieux où on n'arrive pas à savoir d'où viennent les sons, comme dans un brouillard sonore ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.4.2. SI OUI : Où Jusqu'où

3.4.3. Où ce brouillard sonore qui empêche de savoir d'où proviennent les sons est-il fort, moyen, faible

3.4.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons sont parfaitement repérables, on sait parfaitement d'où ils viennent ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.4.5. SI OUI : Où Jusqu'où

3.4.6. Où la provenance des sons est-elle particulièrement facile, faisable, délicate

3.4.7. Y-a-t'il une limite entre la zone sonore brouillée et la zone sonore claire ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.4.8. SI OUI : Où

ENTRETIEN N°

(3.5. MASQUE)

3.5.1. Sur le même tronçon, remarquez-vous des lieux où certains sons empêchent d'entendre d'autres sons, on a de la peine pour se parler ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.5.2. SI OUI : Où Jusqu'où

3.5.3. Où ces sons se cachent-ils les uns les autres le plus fortement, moyennement, peu

3.5.4. Remarquez-vous des lieux où au contraire les sons ne se masquent pas les uns les autres et où on entend bien, où on s'entend bien ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.5.5. SI OUI : Où Jusqu'où

3.5.6. Où est-ce que les sons ne se gênent pas du tout, moyennement, faiblement

3.5.7. Y-a-t'il une limite entre la zone où les sons se gênent et la zone où ils coexistent sans se gêner ○ Oui ○ Non ○ NSP

3.5.8. SI OUI : Où

ENTRETIEN N°

(3.6. METABOLE)

3.6.1. Sur le même tronçon, remarquez-vous des lieux où tous les sons se mélangent comme dans une bouillie, comme dans un hall de gare ou un marché ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.6.2. SI OUI : Où Jusqu'où

3.6.3. Où cette bouillie sonore est-elle la plus forte, moyennement forte, faible

3.6.4. Remarquez-vous des lieux où les sons se détachent parfaitement les uns des autres ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.6.5. SI OUI : Où Jusqu'où

3.6.6. Où ces sons sont-ils fort, moyennement, faiblement détachés les uns des autres

3.6.7. Y-a-t'il une limite entre la zone où les sons se mélangent et la zone où ils sont détachés les uns des autres ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

3.6.8. SI OUI : Où

ENTRETIEN N°

4.1. Les ambiances sonores sont-elles identiques ici O Oui O Non O NSP

4.2. Qu'est-ce qui a changé par rapport aux sons d'autrefois, il y a une dizaine d'années

® O fontaine O tram O piétonnisation O revêtements de sol O commerces O autres

5.1. AGE O moins de 18 ans O 18-30 ans O 30-40 ans O 40-50 ans O 50-60 ans O 60 ans et au-delà

5.2. PROFESSION

5.3. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE

5.4. NOTES CONCERNANT LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

Questionnaires n° 4

1 par sujet

ENTRETIEN N°

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on distingue différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • ◯ oui ◯ non
• où

1.2.1. Passez-vous par ici • ◯ fréquemment ◯ parfois ◯ exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s)
• ◯ seul(e) ou ◯ accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements ◯ séjour sur la place ◯ travail ◯ promenade
◯ achats ◯ autres

1.3. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP
◯ toujours ◯ parfois ◯ jamais

2. INDUCTION AVANT LE PARCOURS : JE VAIS MAINTENANT VOUS DEMANDER DE VOUS RENDRE JUSQU'A FP/VH EN OUVRANT GRAND VOS OREILLES ET DE REPERER LES LIEUX OU VOUS ENTENDREZ DE L'ECHO (OU ÇA RESONNE, OU ÇA REVERBERE), ET A L'ARRIVEE SUR FP/VH, JE VOUS POSERAI QUELQUES QUESTIONS A CE SUJET .

LA REVERBERATION, L'ECHO, LA RESONANCE, VOUS SAVEZ, C'EST QUAND VOUS ENTENDEZ LES SONS QUI SE REPERCUTENT SUR LES MURS, LES SOLS ET LES PLAFONDS QUI VOUS ENTOURENT. IL Y A BEAUCOUP DE REVERBERATION PAR EXEMPLE DANS UNE EGLISE, OU DANS UN GYMNASE. IL Y EN A AUSSI DANS LA VILLE, DANS LES RUES.

(3 A REVERBERATION)

A.1.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux qui ont de l'écho (évent. : qui résonnent, qui sont réverbérants) ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

SI OUI : A.1.2. : Où

A.1.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), l'écho est-il ◯ fort ◯ moyen ◯ faible

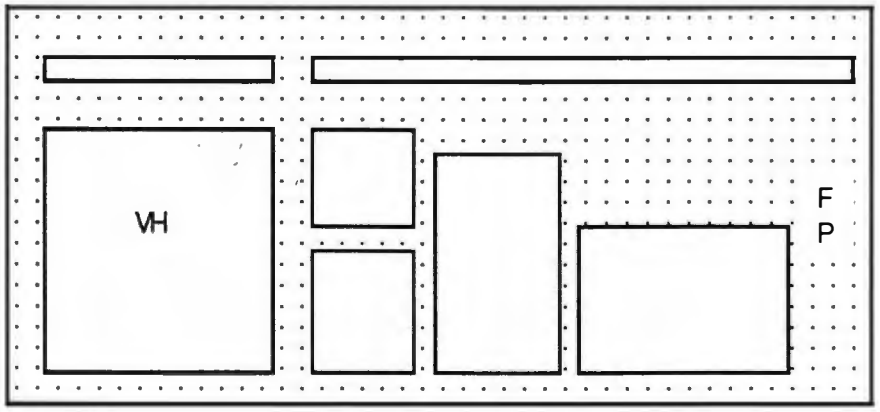
A.1.4. Jusqu'où entend-on cet écho

A.1.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone résonante comme

ENTRETIEN N°

O un glissement O le franchissement d'un seuil O quelque chose d'inexprimable

TOUS : A.1.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer qui serait très fortement résonant



A.2.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux qui sont au contraire sourds, absorbants, mats O Oui O Non O NSP

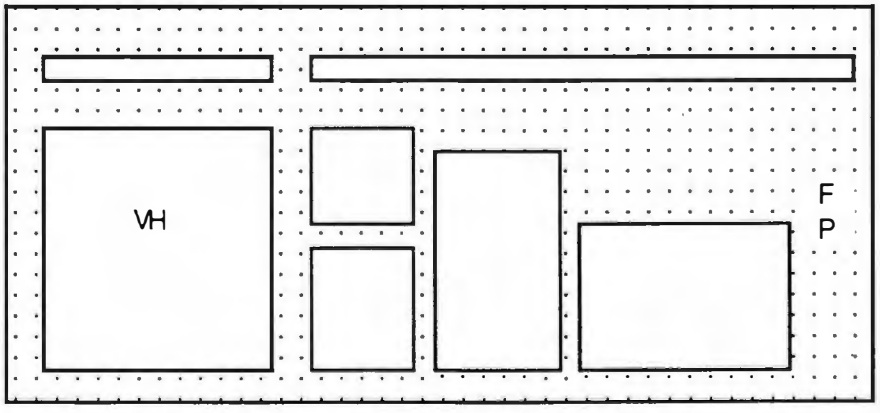
SI OUI : A.2.2. : Où

A.2.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), la matité du son est-elle
O forte O moyenne O faible

A.2.4. Jusqu'où entend-on cette matité du son

A.2.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone mate, absorbante, comme
O un glissement O le franchissement d'un seuil O quelque chose d'inexprimable

TOUS : A.2.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer qui serait très fortement mat, absorbant



ENTRETIEN N°

3.1. Est-ce que vous aviez déjà repéré de la réverbération dans le quartier, auparavant

3.3. Qu'est-ce que vous avez repéré aujourd'hui que vous n'aviez jamais remarqué avant de faire ce parcours et en tendant l'oreille

SI REVERBERATION REPEREE

4.1. Est-ce que la réverbération est identique ici

- tout au long de l'année ○ Oui ○ Non ○ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- tout au long de la semaine ○ Oui ○ Non ○ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- toute la journée, le jour et la nuit ○ Oui ○ Non ○ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- selon le temps qu'il fait ○ Oui ○ Non ○ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change

4.3. Est-ce qu'ici cette ambiance réverbérante est la même qu'autrefois

Relances : ○ fontaine ○ tram ○ piétonnisation ○ revêtements de sol
○ commerces ○ autres

5.1. AGE ○ moins de 18 ans ○ 18-30 ans ○ 30-40 ans ○ 40-50 ans
○ 50-60 ans ○ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ○ M ○ F

5.3. PROFESSION

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

ENTRETIEN N°

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on distingue différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • O oui O non
• où

1.2.1. Passez-vous par ici • O fréquemment O parfois O exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s)
• O seul(e) ou O accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements O séjour sur la place O travail O promenade
O achats O autres

1.3. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP
O toujours O parfois O jamais

2. INDUCTION AVANT LE PARCOURS : JE VAIS MAINTENANT VOUS DEMANDER DE VOUS RENDRE JUSQU'A FP/VH EN OUVRANT GRAND VOS OREILLES ET DE REPERER LES LIEUX OU IL Y A DES SONS QUI EMPECHENT D'ENTENDRE D'AUTRES SONS, QUI LES CACHENT, ET A L'ARRIVEE SUR FP/VH, JE VOUS POSERAI QUELQUES QUESTIONS A CE SUJET .

PARFOIS DES SONS EMPECHENT D'ENTENDRE D'AUTRES SONS, ILS LES MASQUENT, ET ALORS, PAR EXEMPLE, ON A DE LA PEINE A SE PARLER DANS LA RUE ; OU BIEN AU CONTRAIRE, CES SONS CACHENT DES SONS GENANTS.

ENTRETIEN N°

(3 B MASQUE)

B.1.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux où certains sons empêchent d'entendre d'autres sons, ce qui fait qu'on a de la peine pour se parler, par exemple ⬯ Oui ⬯ Non ⬯ NSP

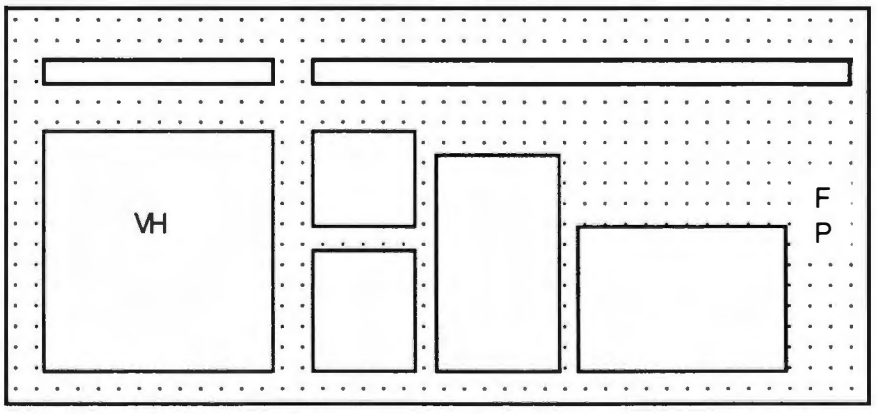
SI OUI : B.1.2. : Où

B.1.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), les sons se cachent-ils ⬯ fortement ⬯ moyennement ⬯ faiblement

B.1.4. Jusqu'où va cette zone où les sons se cachent ainsi

B.1.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone où les sons se cachent comme ⬯ un glissement ⬯ le franchissement d'un seuil ⬯ quelque chose d'inexprimable

TOUS : B.1.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer où les sons se cachent très fort les uns les autres



3.2. Est-ce que vous aviez déjà repéré des sons qui en cachaient d'autres sur ce parcours, auparavant

3.3. Qu'est-ce que vous avez repéré aujourd'hui que vous n'aviez jamais remarqué avant de faire ce parcours et en tendant l'oreille

SI MASQUE REPERE

4.2. Est-ce que ces sons qui en cachent d'autres sont identiques

- tout au long de l'année ⬯ Oui ⬯ Non ⬯ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

- tout au long de la semaine ⬯ Oui ⬯ Non ⬯ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

ENTRETIEN N°

• toute la journée, le jour et la nuit ⬯ Oui ⬯ Non ⬯ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

• selon le temps qu'il fait ⬯ Oui ⬯ Non ⬯ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

4.4. Est-ce qu'ici ces sons qui se masquent les uns les autres sont les mêmes qu'autrefois

Relances : ⬯ fontaine ⬯ tram ⬯ piétonnisation ⬯ revêtements de sol

⬯ commerces ⬯ autres

5.1. AGE ⬯ moins de 18 ans ⬯ 18-30 ans ⬯ 30-40 ans ⬯ 40-50 ans

⬯ 50-60 ans ⬯ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ⬯ M ⬯ F

5.3. PROFESSION

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

ENTRETIEN N°

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on distingue différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • O oui O non
• où

1.2.1. Passez-vous par ici • O fréquemment O parfois O exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s)
• O seul(e) ou O accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements O séjour sur la place O travail O promenade
O achats O autres

1.3. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP
O toujours O parfois O jamais

2. INDUCTION AVANT LE PARCOURS : JE VAIS MAINTENANT VOUS DEMANDER DE VOUS RENDRE D'ICI JUSQU'A FP/VH EN OUVRANT GRAND VOS OREILLES, ET DE REPÉRER LES LIEUX OU VOUS ENTENDREZ PLEIN DE SONS MELANGÉS, QUI FORMENT UNE GRANDE MASSE SONORE, MAIS FINALEMENT SI VOUS VOUS CONCENTREZ, VOUS POUVEZ LES DISTINGUER LES UNS DES AUTRES, IL Y A DONC MÉLANGE ET POSSIBILITÉ DE DISTINGUER LES SONS LES UNS DES AUTRES.

(3 C MÉTABOLE)

C.1.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux où tous les sons se mélangent, se confondent comme dans un hall de gare ou un marché, mais aussi peuvent être distingués les uns des autres si vous vous concentrez sur un son
O Oui O Non O NSP

SI OUI : C.1.2. Où

C.1.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), cette confusion sonore est-elle
O très forte O moyenne O faible

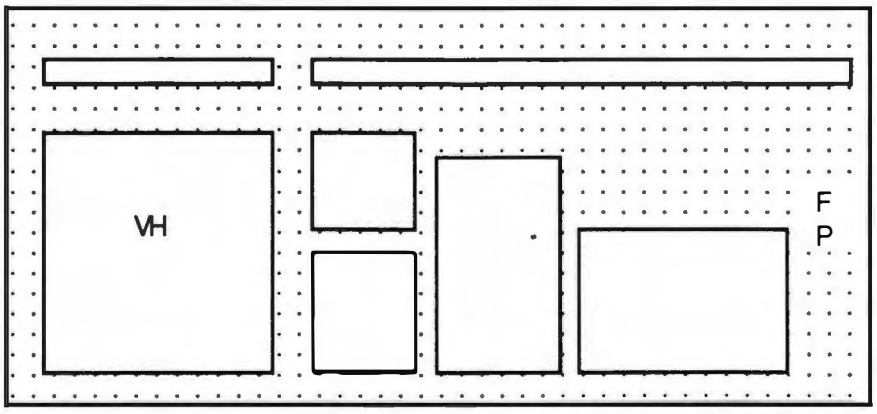
C.1.4. Jusqu'où va cette zone où les sons se mélangent ainsi

C.1.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone où tous les sons se mélangent comme O un glissement O le franchissement d'un seuil

ENTRETIEN N°

O quelque chose d'inexprimable

TOUS : C.1.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer où les sons se mélangent très fort les uns aux autres



3.1. Est-ce que vous aviez déjà repérésur ce parcours ce mélange sonore dans lequel on peut distinguer des éléments

3.3. Qu'est-ce que vous avez repéré aujourd'hui que vous n'aviez pas encore remarqué avant de faire ce parcours et en tendant l'oreille

SI METABOLE REPEREE

4.1. Est-ce que ce phénomène est identique ici

- tout au long de l'année O Oui O Non O NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- tout au long de la semaine O Oui O Non O NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- toute la journée, le jour et la nuit O Oui O Non O NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- selon le temps qu'il fait O Oui O Non O NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change

4.3. Est-ce que ce phénomène est le même qu'autrefois, ou bien a-t-il changé

Relances : O fontaine O tram O piétonnisation O revêtements de sol
O commerces O autres

ENTRETIEN N°

5.1. AGE ○ moins de 18 ans ○ 18-30 ans ○ 30-40 ans ○ 40-50 ans
○ 50-60 ans ○ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ○ M ○ F

5.3. PROFESSION

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

ENTRETIEN N°

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on distingue différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • ◯ oui ◯ non
• où

1.2.1. Passez-vous par ici • ◯ fréquemment ◯ parfois ◯ exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s)
• ◯ seul(e) ou ◯ accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements ◯ séjour sur la place ◯ travail ◯ promenade
◯ achats ◯ autres

1.3. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP
◯ toujours ◯ parfois ◯ jamais

2. INDUCTION AVANT LE PARCOURS : JE VAIS MAINTENANT VOUS DEMANDER DE VOUS RENDRE D'ICI JUSQU'A FP/VH EN OUVRANT GRAND VOS OREILLES, ET DE REPÉRER LES LIEUX OU VOUS ENTENDREZ DES BRUSQUES CHUTES DU NIVEAU SONORE, ET JE VOUS POSERAI QUELQUES QUESTIONS A CE SUJET A L'ARRIVÉE.

(3 D COUPURE)

D.1.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux où les sons s'atténuent ou disparaissent brutalement ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

SI OUI : D.1.2. Où

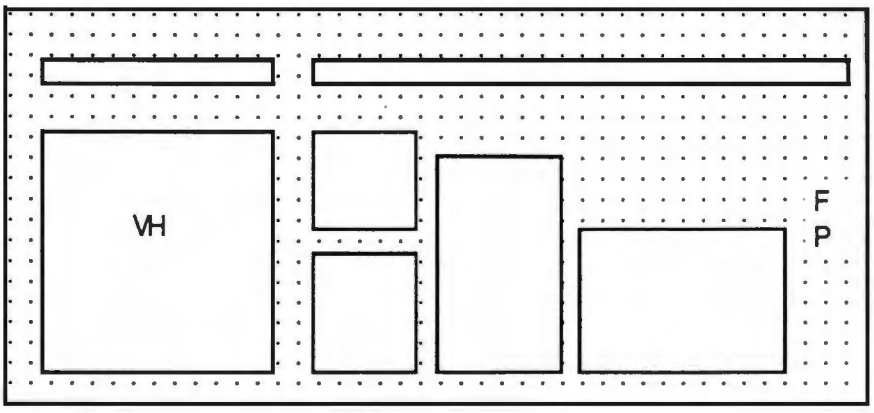
D.1.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ces chutes sonores sont-elles
◯ fortes ◯ moyennes ◯ faibles

D.1.4. Jusqu'où va cette zone où les sons disparaissent brutalement

D.1.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone où il y a ces chutes sonores comme ◯ un glissement ◯ le franchissement d'un seuil ◯ quelque chose d'inexprimable

TOUS : D.1.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer où les sons disparaissent brusquement

ENTRETIEN N°



D.2.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux où au contraire les sons apparaissent brutalement ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

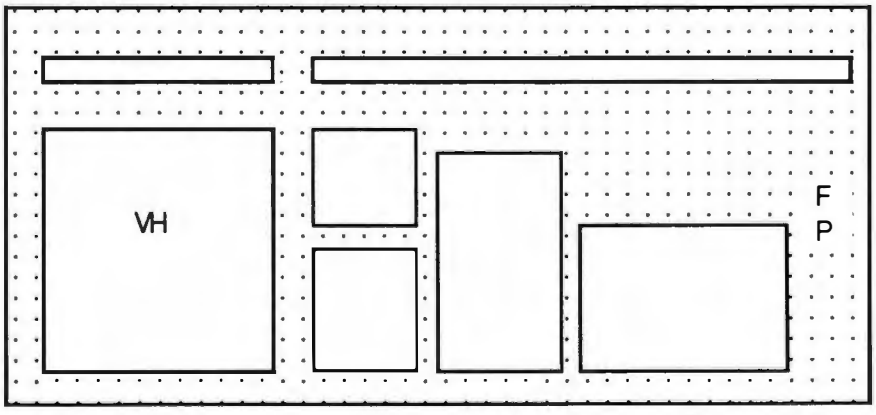
SI OUI : D.2.2. Où

D.2.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ces brusques apparitions sonores sont-elles ◯ fortes ◯ moyennes ◯ faibles

D.2.4. Jusqu'où va cette zone où les sons disparaissent brutalement

D.2.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone où il y a ces brusques apparitions sonores comme ◯ un glissement ◯ le franchissement d'un seuil ◯ quelque chose d'inexprimable

TOUS : D.2.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer où les sons apparaissent brusquement



3.2. Est-ce que vous aviez déjà remarqué ces brusques interruptions sonores dans le quartier, auparavant

3.3. Qu'est-ce que vous avez repéré aujourd'hui que vous n'aviez pas encore remarqué avant de faire ce parcours et en tendant l'oreille

ENTRETIEN N°

SI COUPURE REPEREE

4.2. Est-ce que ces brusques interruptions sonores sont les mêmes

• tout au long de l'année ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

• tout au long de la semaine ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

• toute la journée, le jour et la nuit ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

• selon le temps qu'il fait ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

SI NON: qu'est-ce qui change

4.3. Est-ce que ces brusques chutes sonores sont les mêmes qu'autrefois

Relances : ⓪ fontaine ⓪ tram ⓪ piétonnisation ⓪ revêtements de sol
⓪ commerces ⓪ autres

5.1. AGE ⓪ moins de 18 ans ⓪ 18-30 ans ⓪ 30-40 ans ⓪ 40-50 ans
⓪ 50-60 ans ⓪ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ⓪ M ⓪ F

5.3. PROFESSION

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

ENTRETIEN N°

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on distingue différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • ◯ oui ◯ non
• où

1.2.1. Passez-vous par ici • ◯ fréquemment ◯ parfois ◯ exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s)
• ◯ seul(e) ou ◯ accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements ◯ séjour sur la place ◯ travail ◯ promenade
◯ achats ◯ autres

1.3. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP
◯ toujours ◯ parfois ◯ jamais

2. INDUCTION AVANT LE PARCOURS : JE VAIS MAINTENANT VOUS DEMANDER DE VOUS RENDRE D'ICI JUSQU'A FP/VH EN OUVRANT GRAND VOS OREILLES ET EN ESSAYANT DE REPERER LES LIEUX OU LES SONS CHANGENT BRUSQUEMENT DE CONSISTANCE, SE DEFORMENT, SE TRANSFORMENT BRUTALEMENT, ET JE VOUS POSERAI QUELQUES QUESTIONS A CE SUJET A L'ARRIVEE.

(3 E FILTRAGE)

E.1.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux où les sons changent brusquement de consistance, se déforment, se transforment brutalement
◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

SI OUI : E.1.2. Où

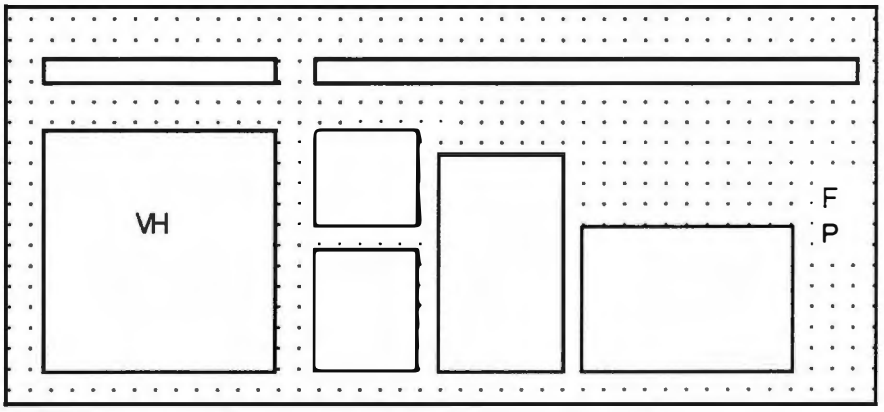
E.1.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), ces changements sont-ils
◯ forts ◯ moyens ◯ faibles

E.1.4. Jusqu'où va cette zone où les sons se transforment brutalement

E.1.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone où il y a ces chutes sonores comme ◯ un glissement ◯ le franchissement d'un seuil ◯ quelque chose d'inexprimable

ENTRETIEN N°

TOUS : E.1.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer où les sons se transforment brutalement



3.1. Est-ce que vous aviez déjà repéré ces brusques transformations du son sur ce parcours, auparavant

3.3. Qu'est-ce que vous avez repéré aujourd'hui que vous n'aviez pas encore remarqué avant de faire ce parcours et en tendant l'oreille

SI FILTRAGE REPERE

4.1. Est-ce que cettes brsuques transformations du son sont identiques ici

- tout au long de l'année ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- tout au long de la semaine ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- toute la journée, le jour et la nuit ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- selon le temps qu'il fait ◯ Oui ◯ Non ◯ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change

4.3. Est-ce que ces brusques changements de consistance sonore sont les mêmes qu'autrefois

Relances : ◯ fontaine ◯ tram ◯ piétonnisation ◯ revêtements de sol
◯ commerces ◯ autres

ENTRETIEN N°

5.1. AGE ⓪ moins de 18 ans ⓪ 18-30 ans ⓪ 30-40 ans ⓪ 40-50 ans
⓪ 50-60 ans ⓪ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ⓪ M ⓪ F

5.3. PROFESSION

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

ENTRETIEN N°

1.0. INDUCTION : Nous cherchons à savoir comment on distingue différentes ambiances sonores dans une même ville, dans un même quartier.
Nous allons parler du secteur place Victor Hugo vers place Félix Poulat, ou l'inverse.

1.1. Habitez-vous dans ce quartier • O oui O non
• où

1.2.1. Passez-vous par ici • O fréquemment O parfois O exceptionnellement
• vers quelle(s) heure(s)
• O seul(e) ou O accompagné(e)

1.2.2. Pour quels déplacements O séjour sur la place O travail O promenade
O achats O autres

1.3. POUR TOUS : Entendez-vous vos propres pas quand vous marchez entre pVH et pFP
O toujours O parfois O jamais

2. INDUCTION AVANT LE PARCOURS : JE VAIS MAINTENANT VOUS DEMANDER DE VOUS RENDRE JUSQU'A FP/VH EN OUVRANT GRAND VOS OREILLES ET DE REPERER LES LIEUX OU VOUS VOUS AVEZ DE LA DIFFICULTE A SAVOIR D'OU PROVIENNENT LES SONS, IL VOUS ARRIVE MEME DE VOUS RETOURNER POUR SAVOIR D'OU ILS PROVIENNENT, ET A L'ARRIVEE SUR FP/VH, JE VOUS POSERAI QUELQUES QUESTIONS A CE SUJET .

(3 F UBIQUITE)

F.1.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux où on n'arrive pas à savoir d'où viennent les sons, vous avez même envie de vous retourner pour savoir d'où ils viennent
O Oui O Non O NSP

SI OUI : F.1.2. Où

F.1.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), cette difficulté à savoir d'où viennent les sons est-elle O prononcée O moyenne O faible

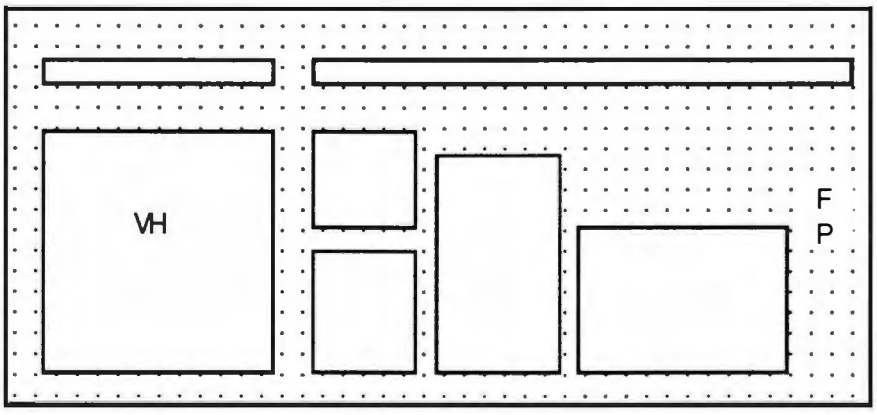
F.1.4. Jusqu'où va cette zone où on repère mal la provenance des sons

F.1.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone où les sons sont difficiles à localiser comme
O un glissement O le franchissement d'un seuil

ENTRETIEN N°

O quelque chose d'inexprimable

TOUS : F.1.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer où la provenance des sons est difficile à repérer



F.2.1. Avez-vous remarqué pendant votre parcours un lieu ou des lieux où au contraire les sons sont parfaitement repérables, on sait parfaitement d'où ils viennent

O Oui O Non O NSP

SI OUI : F.2.2. Où

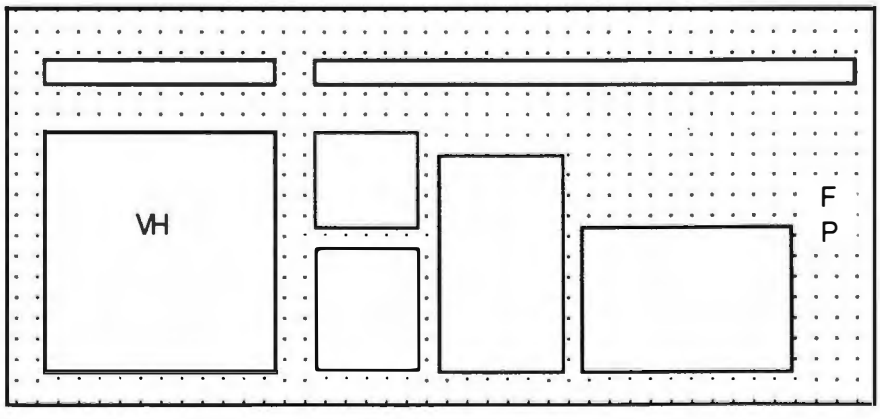
F.2.3. A cet endroit-là (à ces endroits-là), l'origine des sons est-elle

O particulièrement facile à repérer O faisable sans plus O difficile à repérer

F.2.4. Jusqu'où va cette zone où la provenance des sons est facile à faire

F.2.5. Avez-vous perçu l'entrée et la sortie de cette zone où il y a cette clarté sonore comme O un glissement O le franchissement d'un seuil O quelque chose d'inexprimable

TOUS : F.2.6. Quel (autre) lieu grenoblois pourriez-vous me citer où la provenance des sons est facile à faire



ENTRETIEN N°

3.2. Est-ce que vous aviez déjà repéré cette difficulté à connaître la provenance des sons sur ce parcours, auparavant

3.3. Qu'est-ce que vous avez repéré aujourd'hui que vous n'aviez pas encore remarqué avant de faire ce parcours et en tendant l'oreille

SI UBIQUITE REPEREE

4.2. Est-ce que cete difficulté à repérer la provenance des sons est identique

- tout au long de l'année ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- tout au long de la semaine ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- toute la journée, le jour et la nuit ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change
- selon le temps qu'il fait ⓪ Oui ⓪ Non ⓪ NSP

  SI NON: qu'est-ce qui change

4.3. Est-ce que cette difiiculté à connaître la provenance des sons est la même qu'autrefois

Relances : ⓪ fontaine ⓪ tram ⓪ piétonnisation ⓪ revêtements de sol
⓪ commerces ⓪ autres

5.1. AGE ⓪ moins de 18 ans ⓪ 18-30 ans ⓪ 30-40 ans ⓪ 40-50 ans
⓪ 50-60 ans ⓪ 60 ans et au-delà

5.2. SEXE ⓪ M ⓪ F

5.3. PROFESSION

5.4. Avez-vous une audition normale

5.5. LIEU PRECIS DE L'ENTRETIEN

5.6. NOTES CONCERNANT L'ENQUETE ET LA RELATION ENQUETEUR-ENQUETE

Annexe 5

APPROCHE ARCHITECTURALE

RÉCAPITULATION DES FACTEURS ÉNONCÉS DANS LE CHAPITRE 3

Tissu urbain

Densité construite
plein/vide en surface
Implantation des édifices (trame, distances moyennes, accessibilité)
Echappée horizontale
Ouvertures sonores
Volumétries et gabarits dominants
Topographie altimétrique

Sources sonores (relatives aux fonctions urbaines)

Multiplicité des sources
fonctions d'un lieu
Continuité des sons /sources impulsives (rythmicité)
proportion de sons continus par rapport aux sons continus
Mobilité des sources
Directionnalité des sources
certaines sources ont une directionnalité privilégiée
Spectre fréquentiel dominant
marquage d'un lieu par une fonction ou un usage
Modes de transmissions
(bruits d'impact et vibrations), des transmissions solidiennes "aggravent" le son du lieu

Dispositifs

(définition du champ sonore d'écoute immédiat)

Formes particulières
concavité, inflexions, courbes, angles, plans de réflexion
Articulation (angles, conduits)
repérage des formes qui articulent différents unités spatiales
Parois (distance, hauteur)
Objets et mobilier urbains
(abri bus, panneaux, murets)
Volumétrie de propagation locale
Echappée verticale

Relations dispositifs/usages

échelles (rapport volume/densité public)
métabole
proportion flux piéton ou motorisé
masque, métabole

plurifonctionalité/monofonctionalité
activités liées directement à la rue
distance de cheminement par rapport aux façades
filtrage
modes d'usage de déplacement
vitesse, orientation perceptive selon finalité
modes d'usage de séjour
types d'appropriation de l'espace public

Relations source / auditeur

distance d'écoute
repérage du champ d'audibilité (sources sonores proches et lointaines)
altimétrie
repérage des relations topologiques : hauteur du point d'écoute par rapport au sol ou hauteur des sources
visibilité des sources
repérage de l'angle d'écoute
mobilité de l'auditeur / fixité

Relations entre sources sonores

rapport signal/bruit (figure/fond)
connaître le niveau du bruit de fond et évaluer l'émergence de sons
rapport dynamique
concerne les dynamiques d'intensité dans le temps
rapport son réfléchi / son direct
proportion relative des deux composantes
réverbération, filtrage, ubiquité, métabole
dominance fréquentielle dans l'environnement
certaines sources marquent le lieu par leur spectre
ubiquité, filtrage

Surfaces (relatives aux dispositifs)

Matériaux des parois délimitantes
degré de porosité sonore
Matériaux au sol
réflexion et impact des pas
Épaisseur des limites
agit à la fois sur la diffusions sonore et les sources potentielles (balcons)
Modénature des façades
corniches, reliefs, textures
Profil en long des façades
éléments séparant sol et étages supérieurs

liste non exhaustive...

UN ESSAI DE CONCEPTION SONORE

G. Chelkoff

Nous avons testé un mode de conception qui instrumente le sonore à l'occasion du concours d'architecture organisé par Europan en 1993[1]. Le thème général défini était résumé en un titre suggestif : "le chez soi en ville", il posait la question de l'habitat en site urbain en fonction de l'évolution des pratiques et des qualités de cet habitat. Ces questions nous paraissaient particulièrement abordables à travers la dimension sonore : habiter en ville sollicite tous nos sens et particulièrement notre perception auditive. Nous avons donc abordé ce projet à partir de critères sonores. Peut-on modeler les formes architecturales et urbaines en fonction des *effets* sonores qu'elles favorisent ? Quel ordre hiérarchique accorder aux critères sonores dans l'ensemble des données alimentant un projet d'architecture ? Quelles sont les conséquences dans le processus et les critères de conception ? Telle a été la façon de positionner l'enjeu sonore.

Approche d'un site et des ambiances sonores

La visite du site fut l'occasion de relever de cheminements sonores sur cassette, de quelques indications des niveaux acoustiques, ainsi que de prises de vues. Remarquons que le site destiné à être construit est au départ occupé par des entrepots où quelques activités résident encore, le paysage sonore "interne" au site est donc particulier, il faut donc projeter les transformations et les changements fonctionnels en les raccordant au contexte immédiat. Deux visites de trois heures, l'une en fin d'après midi et l'autre en fin de matinée du lendemain permirent d'explorere et de repérer les principaux effets remarquables. Précisons ici que la notion d'effet sonore nous donne un critère de caractérisation et de qualification pour se rendre compte de lieux, pour en extraire le principe actif.
Les parcours des visites dépassent largement les limites du site délimité par le concours. Elles visaient à dégager comme dans toute visite préalable, les traits caractérisant la situation et le contexte. Notons que dans ce cas précis, l'existence d'un tissu urbain et social, donnait un matière sur laquelle il est possible de s'appuyer, ce qui n'est pas le cas de tous les sites à construire.
Ces parcours expriment la nécessité de prendre connaissance du site mais aussi d'être sensible à un contexte dont les ambiances paysagères et sociales s'articulent et s'expriment à travers des sons.
Dès lors, ces parcours de visite étaient *orientées* par l'observation sonore, et bien que ces observations ne furent pas systématiques, elles permirent en quelque sorte de prendre le son, de repérer les qualités et territoires existants. Insistons sur le fait qu'il ne s'agit pas de faire de l'environnement sonore une donnée ou une contrainte supplémentaire de projet, nous voulions prendre la dimension sonore en tant que telle, comme modalité sensible dessinant l'espace (en cela c'est véritablement une *dimension*) voire comme système symbolique à part entière. Evidemment cette déviance n'est pas aisée à mettre en oeuvre, et les résultats ne sont pas à la hauteur de nos ambitions.

Mémoire et imaginaire sonores

Toute approche sonore nécessite un système technique de représentation. Dans le domaine du son nous sommes entièrement analogiques : l'enregistrement est le seul moyen de "retenir" du son à un instant donné. Les enregistrements sonores des parcours ou des paysages permettent de *réactiver*

---

[1]Parmi les 50 sites proposés, le site de Reims fut choisi, sur la base des clichés et du texte fournis par la documentation. Surfaces construites prévues demandées :
Emprise au sol : environ 6000 m2, Rez de chaussée destinés à des activités (bureaux, services, commerces, annexes travail de logements) Surface totale : 3000 m2
Nombre de logements : 180 à 200, un équipement public (médiathèque, centre de ressources) environ 800 m2

la mémoire du site dès lors qu'on n'y a plus d'accès immédiat (projet situé à une distance qui rend impossible le contact fréquent). Cette *réactivation* du site par les enregistrements n'est pas sans intérêt au cours du travail de conception en ce qu'elle matérialise la mémoire vécue des lieux. L'imaginaire sonore du projet trouve par ce biais une échelle de rappel qu'il faut toutefois savoir écouter (en l'occurrrence, la notion d'effet aide grandement cette écoute). La mémoire sonore des lieux d'un visiteur "étranger" à un quartier, tel que l'est le plus souvent un architecte, n'est aucunement comparable à la mémoire de l'habitant qui est en quelque sorte stratifiée dans le temps. Le premier "découvre" alors que le second "retrouve". Quoique l'enregistrement sonore brut ne soit qu'un instantané qui ne représente qu'un moment particulier, à la réécoute la mémoire se stratifie aussi en retenant un aspect chaque fois particulier (effet de l'écoute répétée).
Nous n'avons toutefois pas utiliser les bandes sons comme moyen de composition.
La ré-écoute permet de fixer sur des fiches récapitulatives les caractères essentiels qui ont été relevés et les *modifications* possibles ou souhaitées.

L'élaboration du projet s'est faite en développant les principes suivants.

Une ville de sons

La hiérarchisation des objectifs peuvent brièvement être résumés ainsi :
-créer de la profondeur et des "réserves" plus calmes en acceptant des lieux livrés à la production bruyante
-*relier* au tissu environnant mais éviter un axe circulant important donc diffuser la circulation plutôt que de la concentrer
La gestion des articulations entre différentes ambiances et lieux d'actions vise à hiérarchiser trois types de lieu : des espaces publics (réverbération et métabole), des lieux communs où l'habiter domine (filtrage et coupure), et des lieux de réserve, voire de silence (matité, absorption, ubiquité). L'habitant aurait ainsi accès à des ambiances caractérisées par des effets spécifiques créés par les dispositifs et les modes d'usage envisagés.
Trois échelles d'approche sont concernées par ce parti d'analyse : celle de la ville et de l'urbain, celle des interactions privé/public et celle de l'espace du logement.
Nous évoquerons ici brièvement les deux premières qui touchent à l'environnement urbain proprement dit (bien que notre réflexion se prolongeait à l'intérieur des logements, car il est nécessaire d'estimer les relations entre intérieur et extérieur dès lors qu'on considère les échanges réciproques du dedans et du dehors au plan sonore).

Essai de description d'un projet établi en intégrant les effets sonores .

Une appréhension en strates

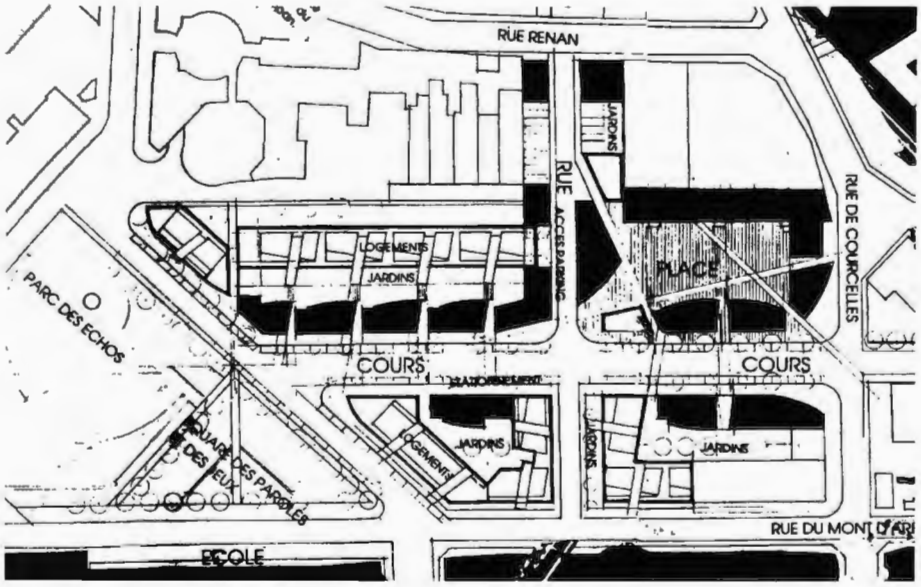
Pour décrire les principes de conception adoptés, nous utilisons la notion de stratification sonore, modèle de structuration qui guide les formes et dispositifs adoptées. L'organisation en strates est exploitée que ce soit dans le plan horizontal ou vertical, l'idée de ***strates sonores*** séparées ou reliées permet de penser les différents volumes sonores.
Cette notion permet de "voir" l'espace et les volumes sonores à la fois, comme des couches superposées. Ainsi la notion de strate permet de concevoir les plans d'écoute dont les caractéristiques topographiques et géométriques, les destinations d'usage et les rythmes temporels sont distincts. Ce sont alors à la fois des milieux d'action et des paysages sonores spécifiques qui doivent être renforcés, permettant de diversifier les situations phonurgiques et d'offrir des contextes d'écoute et de production sonores qualifiés.

Plutôt qu'une cartographie plate, il faut donc imaginer et se représenter un découpage volumique constitué de couches plus ou moins indépendantes.[2] Les modes d'articulations entre les strates relèvent de certains effets sonores particulièrement aptes à décrire ces articulations : coupure, filtrage, fondu, limitation (canalisation).
Les représentations de l'espace sonore peuvent donc se concrétiser à travers certains modèles, celui-ci en est un.

Le descriptif suivant montre quelques intentions et esquisse des pistes de travail pour la conception architecturale sonore, on voit ici tout l'intérêt de constituer des références spatiales pour s'assurer de la maîtrise, notamment au plan physique, des effets sonores recherchés.

PRINCIPE GÉNÉRAL D'ORGANISATION : L'ESPACE EN PROFONDEUR.
(Concours EUROPAN 1993 - SITE DE REIMS)[3]

Entre deux corps de bâtiment se développe un espace de coupure que traversent les cheminements vers le chez soi. Cette structure cherche à accentuer la profondeur dans la perception sensible de la ville. Ainsi, derrière les premières parois se tient un autre monde qu'on devine seulement, qu'on peut apercevoir ou entendre à peine lorsqu'on est sur le cour principal en passant près des "conduites d'accès" (filtrage).



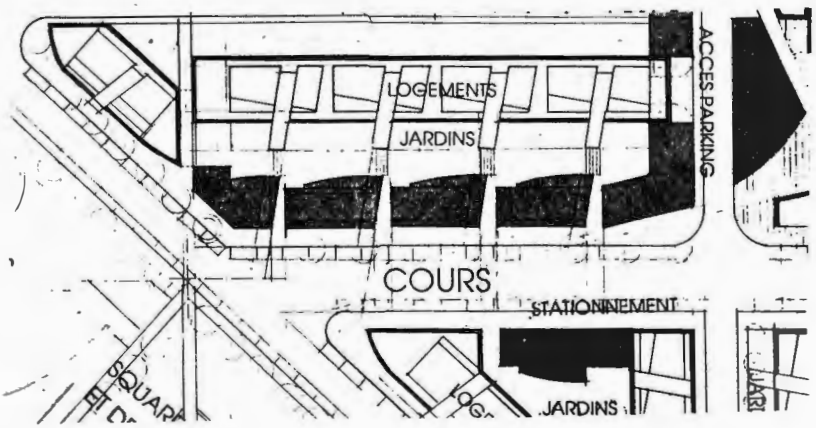
FAÇADE PUBLIQUE : LES BLOCS ACTIFS CONSTITUENT UNE BANDE FILTRANTE

La rue est constituée et encadrée par une première tranche de bâtiments regroupant les activités (commerces, bureaux, services) en rez de chaussée, et quelques logements en partie supérieure. De hauteur limitée cette première ligne d'édifices protègent la seconde tranche de bâtiments destinés à l'habitat : la relation des logements à la rue est **différée, filtrée**, dans la mesure où les sons produits sur le cours (transports ou autres) sont atténués.

---

[2] Nous développons ce mode de visualisation sonore par ailleurs.
[3] Esquisse déposée par G. Chelkoff et P. Kopff, texte de G. Chelkoff.

Les blocs actifs délimitent en même temps clairement visuellement les accès aux bâtiment d'habitation.[4] Ainsi les conduites d'accès aux circulations verticales desservant les habitations traversent la première ligne de blocs et sont doivent être conçus de manière à favoriser un **effet de coupure**. Le travail d'un tel passage doit être vu dans le détail, afin d'assurer cet effet de coupure il est possible de fabriquer une **chicane** ou un **entonnoir** tel que le passant ait un sentiment de chute d'intensité d'au moins 5 dB(A).



Extrait du principe d'organisation en bandes ou strates horizontales

UN *MI - LIEU* SEMI PRIVÉ PAR LEQUEL PASSE L'HABITANT

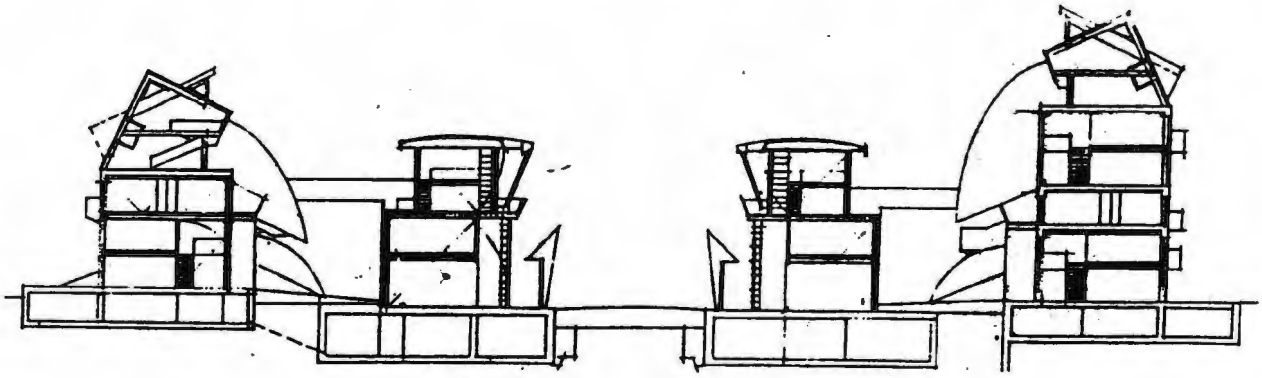
effet d'anticipation
Ce *mi-lieu* marque une séparation et une transition, un monde à part une ambiance plus végétale dans laquelle les sons provenant des logements peuvent être présents et anticipent le chez soi. Sortant du parking ou venant de la rue on traverse cet entre deux et découvre une ambiance où l'on est déjà un peu chez soi .

effet de rétrécissement sonore
Ce mi-lieu est en partie privé (devant les logements des rez de chaussée qui sont surélevés) et seules les parties permettant d'accéder au cours sont publiques : elle sont conçues comme des **canaux** visuels et auditifs. Les deux parois latérales doivent être assez proches du marcheur et assez hautes afin de **réfléchir** les sons de ses pas (auto-perception), empêcher de voir les habitations en rez de chaussée et **filtrer** les sons de ces mêmes habitations (trajet du son indirect).

---

[4]Les unités de blocs construits indépendamment étant de 20 mètres et la forme urbaine constituée d'unités, la réalisation peut se faire progressivement. La trame principale est de 4 m 95 (entre axe), une trame centrale étroite accueille les escaliers, gaines et ascenseurs. Les logements sur les toits, sont réalisés en matériaux légers (métal, bois).

Coupe de principe



habitat *mi-lieu* bande activités **cours** bande activités *mi-lieu* habitat

STRATIFICATION DES COUCHES ET PROFONDEUR DANS LA DIMENSION VERTICALE :

LES STRATES SONORES DE LA VILLE

La stratification de la ville est mise à profit dans ce projet en offrant des situations d'écoute et de production sonore à travers des dispositifs qui exploitent la topographie et les positions altimétriques. Pour que ces distinctions en *strates sonores* soient effectives, il faudrait accentuer certains effets et agir sur les découplages ou les couplages phoniques.

LA VILLE D'EN HAUT

Les toitures sont habitées : l'image de ce quartier joue essentiellement sur l'utilisation des parties hautes des édifices en habitations sur les toits disposant de terrasses. Outre que ce parti détermine fortement la *silhouette* visuelle urbaine (disons au passage que le traitement architectural marque cette silhouette de la "ville d'en haut").
Habiter à cette hauteur modérée (niveaux 4 à 6) confère au chez soi des qualités de luminosité, de vue et de sons intéressantes et appréciables.

LA VILLE EN SURFACE

Le "cour central" (voie d'accè générale) est l'artère qui fait communiquer toutes les parties, il fait 22 mètres de largeur, on peut s'entendre d'un bord à l'autre. Les articulations spatiales entre les espaces publics et les transitions au logement sont mis en forme de façon à créer des effets sonores de coupure et de filtrage caractérisant ces passages importants des cheminements quotidiens. De même, les articulations entre les différents espaces publics, ou le tissu existant sont étudiées pour marquer les passages. Les accès à la place sont ainsi ménagés de façon à créer un effet de coupure sonore et organisent une frontière favorisant une ambiance mesurée ou tempérée permettant le séjour.

Les relations entre les édifices et l'espace extérieur, les relations sonores et visuelles de l'espace public au logement (et vice versa), les cheminements, participent ensemble à la facture des lieux et de leurs ambiances. Les cheminements et accès vers les logements sont *canalisés* vers l'espace public, ils sont visibles et audibles à l'extérieur, ils participent ainsi à l'ambiance diurne et nocturne des espaces publics. Les rez de chaussée sur rue quand ils sont destinés à de l'habitat

(couplé à un espace de travail ou un bureau) sont surélevés d'un demi niveau et sont généralement disposés en duplex. Le lien à l'espace public étant direct (que ce soit par le canal visuel, sonore ou par l'accessibilité même), des micros aménagements visent à différer ce contact (jardins, canalisation visuelle et auditive des cheminements publics).

LA VILLE DU MILIEU

Les cheminements verticaux marquent et relient les deux couches et structurent le niveau intermédiaire ou ville du milieu. Surélevé par rapport au sol urbain, ce niveau donne des points d'écoute plus "panoramique" jouant sur l'effet d'ubiquité. Escaliers et passerelles ressortent et jaillissent régulièrement de l'intérieur des édifices telles des carcasses résonnantes par leurs structures métalliques.

LA VILLE DU BAS : LE SOUS SOL FAIT PARTIE DE LA VILLE

Les parkings disposés en sous sol ne sont pas coupés du sol de la ville. Afin d'en diminuer l'isolement sonore et visuel : le sous-sol est ouvert et visible par endroit sur le cours. Les accès et sorties piétons du parking sont disposés dans les trames du cheminement vers l'habitat, entre les blocs actifs : le passage du dessous au dessus doit être adouci. Des sons de l'espace public du dessus sont captés et dirigés par des objets urbains servant à la fois à l'éclairage public des espaces publics (les "capteurs de Kircher") favorisant une relative ubiquité.
Les espaces publics créés :
D'ambiance plus urbaine et plus minérale, le vide d'une place favorise l'installation d'établissements recevant du public, la place "contient" le public au point de vue sonore comme elle l'écarte des rues circulées avoisinantes.
L'axe transversal est plus confidentiel, il permet aux piétons et à quelques véhicules de service de rentrer dans le périmètre de l'îlot, il relie la rue avoisinante à un équipement public (médiathèque et centre de ressources).

BIBLIOGRAPHIE

AMPHOUX P. *Aux écoutes de la ville - La qualité sonore des espaces publics européens- Méthode d'analyse comparative- Enquête sur trois villes suisses.* IREC, Dépt. d'Architecture, EPF Lausanne, 1991

AUGOYARD J.F & al. *Environnement sonore et communication interpersonnelle*, Cresson, Grenoble,1985 AUGOYARD J.F & al. *La production de l'environnement sonore urbain. Conditions sociologiques et sémantiques.* Recherche pour le Secrétariat d'Etat à l'Environnement 1985.

AUGOYARD, J.-F. et alii *Sonorité, sociabilité, urbanité.* Grenoble, CRESSON-EAG/Plan Construction. 1982

BALAŸ O. *Discours et savoir-faire sur l'aménagement de l'environnement sonore urbain au XIXème siècle. Recherches sur la sensibilité à l'environnement sonore, les représentations sur le bruit et les dispositifs spatiaux.* Thèse de doctorat, Université Pierre Mendès-France Grenoble II, Institut d'Urbanisme de Grenoble, 1992.

BALAŸ O., ODION, J.P., NOËL D. *La conception sonore des espaces habités*, cresson Plan construction, 1994

BAR P. & LOYE B. *Bruit et formes urbaines*, CETUR, 1981

BARDYN J.L. *L'appel du port..* Paris, Ministère de l'Equipement - Plan Construction, 1993, Annexes, Disque compact. (73'15)

BARKER, R. Theory of Behavior Settings. *Habitats, Environments and Human Behavior* , Roger G. Barker and associates (Ed.), Jossey-Bass Publishers, San Francisco, 1978, pp. 213-228

BERANEK, L.L. *Acoustics, Music, Architecture*, New York, 1962.

CASTEX J.M. & PANERAI P. *Formes urbaines, de l'îlot à la barre*, Dunod, 1981

CETE sud ouest *Ambiance acoustique des rues piétonnes* , Toulouse, 1981

CETUR, *Guide du bruit*, 1981.

CSTB *Etude de la gêne due au traffic automobile routier*, 1971.

CHELKOFF G. & BALAŸ O. *Conception et usage de l'habitat. Proxémies sonores comparées.* Cresson/Plan Construction et Usage de l'Habitat.1987

CHELKOFF G. & BALAŸ O. *La dimension sonore d'un quartier. La cité Mistral à Grenoble.* Commission Nationale pour le Développement Social des Quartiers 1985. 7O p. texte et ill.

CHELKOFF G. Ambiances en banlieue, expérience et et imaginaire sonores. *Les Cahiers de la recherche architecturale*, 1995.

CHELKOFF G. *Entendre les espaces publics.* Cresson/Plan Urbain, Mai 1988. 158 p. texte et ill.+cassette audio.

CHELKOFF G. et al. *Bien être sonore à domicile. Architectures du logement et potentiel de confort sonore.* Paris, Ministère de l'Equipement - Plan Construction, CRESSON, 1991

CHELKOFF G. La fabrication des ambiances souterraines : Présence du public et configurations sensibles. In Actes de la VIème Conférence internationale *Espace et Urbanisme souterrains*, EUS 95. Paris, 26-29 septembre 1995.

CHELKOFF G., *L'urbanité des sens - Recherches sur les perceptions et conceptions des espaces publics urbains*, thèse de doctorat, 1996.

COLAO, P. "Noise control and acoustic confort in two shopping malls." *La qualité sonore des espaces habités.* Colloque international. Grenoble, CRESSON, 1991.

CONAN M. *Concevoir un projet d'architecture*, L'Harmattan, Paris, 1990

CRESSON (J.F. AUGOYARD, dir.) *A l'écoute de l'environnement. Repertoire des effets sonores.* Parenthèses, Marseille, 1995

EGAN M. DAVID, *Architectural acoustics* , Mc Graw-Hill Book Company, USA, 1988

FORSYTH, M.*Architecture et musique. L'architecte, le musicien et l'auditeur du 17 ème à nos jours.* (Traduit de l'anglais : MIT press , USA , 1985.) Ed. Française : Mardaga, Bruxelles, 1987.
HILLMAN, J. Walking. *The City as Dwelling : Walking, Sitting, Shaping* Irving (Texas), The Center for Civic Leadership, The University of Dallas, 1980, pp. 1-7
KUTTRUFF, H. "A mathematical model for noise propagation between buildings" in *Journal of sound and vibration.* 85(1), 115-128 (1982).
LEIPP, E. La Machine à écouter, Masson, 1977.
LEOBON A. Identité sonore et qualité de vie en centre-ville (le quartier Graslin, Nantes). Rapport de recherche. Ministère de l'Environnement. D.R.A.E.I. 1994.
LEROUX M. *Cartographies sonores,* ME, 1995
LEROUX M. *Evaluation du degré de sensibilisation des acteurs professionnels de la construction ou de la réhabilitation sur les questions acoustiques. Etude comparative France-Allemagne.* Paris, Ministère de l'Environnement/SRETIE, 1992
MATHYS, J. Les normes garantissent-elles le confort acoustique ? *La qualité sonore des espaces habités.* Colloque international. Grenoble, CRESSON. 1991, p.68.
MAURIN, M. Qu'est ce qu'une pression acoustique instantanée, et comment se garder d'une notion erronée. *Journal d'acoustique,* 1992, n°5, p.639-648.
NINIO, J. *L'empreinte des sens,* Odile Jacob, Paris, 1989.
OLDHAM D.J. & RADWAN M.M. "Sound propagation in city streets", *Building Acoustics,* vol 1, n° 1, 1994, Brentwood, Essex, UK
PICAUT, J. *Propagation du son en milieu urbain.* Rapport d'avancement de thèse. Laboratoire d'acoustique de l'université du Maine. 1995.
PROST R *Conception architecturale, une investigation méthodologique,* Paris, L'Harmattan, 1992.
RAPIN, J.-M. ACOUSTIQUE. REEF, Volume II. CSTB. 1984. Chap. III, Les bruits extérieurs p.90-129.
ROSAZ, A. Le bruit des villes - Essai sur la production de normes acoustiques urbaines. Thèse. Université de Saint-Etienne. UER de sciences économiques 1980.
SCHAEFFER, P. *Traité des objets musicaux,* Seuil, Paris, 1966.
SCHAFFER, M. *Le paysage sonore,* J. C. Lattès, 1979.
SIEKMAN W. "Outdoor acoustical treatment : grass and trees", Journal of Acoustical Society of America, oct. 1969.
TRUAX, B. *Acoustic Communication* . Norwood (New Jersey), Ablex Publishing Company, 1984, 244 p.

TABLE

Page

3 Introduction

10 I - CRITERES METROLOGIQUES

1 - Préambule
12 2 - L'effet sonore : Nouvel outil descriptif des espaces publics
13 3 - Métrologie
15 4 - représentation des effets sonores
4.1 - Les caractéristiques physiques de l'effet sonore
4.11 - La durée
16 4.12 - La fréquence
20 4.13 - L'intensité
4.2 - Types de représentation
29 4.3 - Les variables environnementales de l'effet sonore
4.31 - La vitesse de déplacement de l'auditeur
30 4.32 - L'écoute stéréophonique
4.33 - Cheminement
31 4.34 - Plan ou sphère d'écoute
4.35 - L'heure
32 4.36 - L'absorption des lieux
4.37 - Hygrométrie
33 4.38 - Température - gradient de température
4.39 - Le vent
4.310 - La pluie - le vent fort
34 4.4 - Conclusion
5 - Enregistrement sonore des cheminements dans les espaces publics
35 6 - Mesurages acoustiques des espaces publics
6.1 - Lieux des enregistrements et des repérages
6.11 - L'articulation place Victor Hugo - rue Félix Poulat

37 6.12 - La rue des clercs
38 6.13 - Le jardin Hoche
39 6.2 - Objectifs des mesures
6.3 - Critères acoustiques
40 6.4 - Méthodologie de mesurage
6.5 - Résultats des mesures
6.51 - Première analyse : Evolution des critères en fonction de la distance entre la source et l'auditeur
43 6.52 - Deuxième analyse : Evolution des critères acoustiques le long des cheminements
52 6.53 - Conclusion sur les mesures et sur la méthodologie de mesurage
6.6 - Critiques des résultats et de l'appareillage
54 6.7 - Notes sur les contraintes administratives des mesurages
7 - Critères
56 8 - Conclusion

57 II - APPROCHE SOCIOLOGIQUE

0 - Introduction
58 1 - Elaboration et premier test de l'enquête sociologique
1.1 - Elaboration de la première enquête
59 1.2 - Test de l'enquête
1.3 - Première analyse méthodologique
1.31 - Critique de l'enquête testée
60 1.32 - Principes pour la seconde enquête
61 2 - Enquête extensive sur l'ensemble des terrains testés
2.1 - Organisation de l'enquête
62 2.2 - Les résultats remarquables
2.21 - Les déterminations spatiales.
Le paradigme de "Hoche"

63 2.22 - La prise de parole.
Paradigme : Les réactions des étudiants sur Hoche
64 2.23 - La ville comme "identité sonore" :
(Victor Hugo, Hoche, Quartier des clercs)
2.24 - L(objectivation (V. Hugo)
65 2.25 - L'effet sonore comme métaphore :
(Victor Hugo, Hoche, Quartier des clercs)
66 2.26 - Sur l'effet de métabole
(paradigme de la place V. Hugo)
2.27 - Sur l'effet d'ubiquité : La phase interrogative :
(Victor Hugo, Hoche, Quartier des clercs)
67 Conclusion
68 3 - Discussion méthodologique
3.1 - critique des procédures de l'enquête sociologique

Technologie Archi

3.11 - Un questionnaire pour 6 effets
3.12 - L'ambiance sonore
69 3.2 - Critique de la méthode quantitative
3.21 - Le questionnaire sur un seul effet
3.22 - Présupposées
71 3.23 - Contre une définition "substantialiste"
72 3.24 - Sur quelques problèmes rencontrés qui concernent essentiellement le poids des représentations sociales chez les enquêtés.
73 4- Conclusion à l'approche sociologique
4.1 - Ecarts par rapport aux attendus
4.2 - L'effet sonore : un objet expert

77 III - APPROCHE ARCHITECTURALE

79 1 - Concevoir l'espace avec le son
86 2 - Exploration des déterminants
87 2.1 - Les terrains
97 2.2 - Echelle des tissus urbains
2.21 Morphologie urbaine
101 2.22 - Tissus construits et fonctions urbaines
104 2.3 - Echelle des dispositifs
109 2.4 - Echelle des matériaux et surfaces
112 3 - Repérage par effet
3.1 - Réverbération : Enveloppe
116 3.2 - Ubiquité : Directions et distances
119 3.3 - Coupure
123 3.4 - Filtrage
125 3.5 - Métabole
127 3.6 - Masque
131 Conclusions

135 CONCLUSION GENERALE

141 ANNEXES

Maquette & mise en page Julien McOisans + Nicolas Remy