

7 - CARACTÉRISATION PERCEPTIVE DES SONS

1. Identification des sources et qualification des sons.

1.1. Qu'est-ce que le timbre? expériences préliminaires.

Nous disposons maintenant d'outils puissants et bien maîtrisés pour acquérir, analyser, transformer, synthétiser les sons. Mais malgré les très nombreuses recherches développées depuis une trentaine d'années pour faire correspondre les paramètres du signal physique avec l'évaluation des qualités sonores perçues par l'auditeur, les résultats restent très décevants. L'étude du timbre est absente des traités de psychoacoustique parus entre 1970 et 1990. Cette notion, si importante en musique, a résisté aux tentatives d'analyse des sons, qu'il s'agisse de l'expérience pionnière de J. Grey³⁰ (1977) ou des innombrables recherches s'efforçant d'analyser la qualité acoustique des instruments de musique en comparant les courbes de réponses.

Préalablement au choix de telle ou telle méthode d'analyse des sons il y a lieu de s'interroger sur les modalités de la perception sonore humaine.

Après avoir réalisé une série d'expériences sur des sons enregistrés³¹, suppression du transitoire d'attaque, inversion temporelle, filtrage, nous avons posé, dès 1987, que la notion de timbre devait être abordée sous deux aspects.

O 5. - CASTELLENGO M., Les sources acoustiques., (1987), in "Le livre des techniques du son", ouvrage collectif sous la direction de D. Mercier, Ed. Fréquences, Paris, p. 45-70.

En effet, ces manipulations peuvent produire, soit la perte d'identité du son - l'enregistrement d'une guitare inversée est méconnaissable - ou affecter seulement la "couleur" spectrale. L'emploi d'un substantif unique "timbre" est donc trompeur car il se rapporte à deux modalités perceptives différentes qui sont, d'une part la reconnaissance de la forme acoustique temporo-spectrale d'une source donnée ("le" piano, "la" voix, "la" flûte) et d'autre part l'analyse

30. Partant du principe que le timbre est ce qui différencie des sons de même intensité, même fréquence et même durés, les 16 sons instrumentaux utilisés dans l'expérience ont été normalisés selon ces trois paramètres.

31. Ces expériences ont été réalisées pour la documentation sonore du cours d'acoustique musicale écrit pour Centre National d'Enseignement par Correspondance (CNEC- 1971 et 1975)

comparée des qualités sonores des différents sons produits par cette source. Nous avons alors proposé l'emploi de deux termes différents : le timbre causal et la sonorité. Cette réflexion, développée dans le cadre de l'enseignement donné au CNSM a été présentée, sous forme condensée, dans une contribution à ouvrage.

O 4. - CASTELLENGO M., (1994), La perception auditive des sons musicaux, in *Psychologie de la Musique*, édité par A. Zenatti, P.U.F., pp.55-87, Paris.

Pour cette publication nous avons passé en revue les écrits récents sur le timbre et sur la psychoacoustique, sans trouver à cette époque de concordance avec notre approche. L'idée que la perception de ce qu'il est convenu d'appeler «le timbre» impliquait deux modalités perceptives a été développée dans le cadre de la thèse de F. Guyot. Au cours de cette thèse nous avons rencontré Danièle Dubois, psycholinguiste, avec qui une collaboration étroite et fructueuse s'est engagée, en particulier sur le concept de catégorisation perceptive.

1.2. Perception des sons musicaux et des bruits : la catégorisation prototypique.

Le concept de catégorisation, établi par E. Rosch en 1975, repose sur deux principes fondamentaux qui sont d'une part, l'économie cognitive impliquant une organisation des catégories en différents niveaux hiérarchiques, et d'autre part, la non équiprobabilité des événements du monde perçu, qui engendre à l'intérieur de chaque catégorie l'existence d'objets prototypiques et la notion de degré de typicalité.

L'étude de la perception des bruits s'est révélée importante à plusieurs égards.

Tout d'abord, en mettant l'accent sur la notion d'identification des sources, la recherche a confirmé l'importance primordiale de cette étape qui est le premier aspect du "timbre". En effet, l'écoute des bruits de l'environnement est prioritairement événementielle, c'est un problème de reconnaissance des formes sonores.

O 3. - CASTELLENGO M., (1994), Les formes sonores, in *Les sciences de la forme aujourd'hui*, E. Noël éd, "Point Science", Ed du Seuil, p.126-139.

Par ailleurs, à la notion de gêne due au bruit, classiquement résolue par une mesure de niveau sonore en dB, s'est substituée peu à peu celle d'une caractérisation de l'agrément des bruits, à rechercher dans l'étude du spectre et de l'évolution temporelle des signaux. Les industriels de l'automobile (qualité des lignes d'échappement), les fabricants d'appareils ménagers, le Ministère de l'Environnement, le CNRS (COST³² acoustique; clubs CRIN) ont progressivement soutenu le développement des études sur l'appréciation de "la qualité acoustique des bruits", en proposant des financements sur contrats.

32. Réunions régulières du COST acoustique du CNRS de 1993 à 1996.

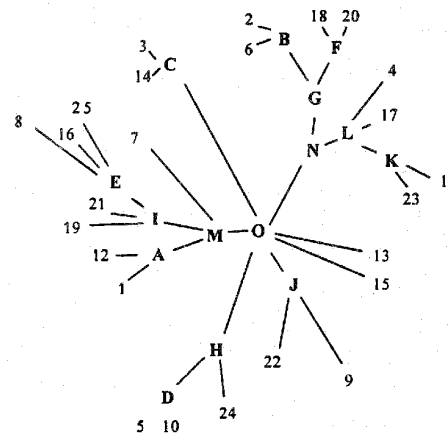
De 1992 à 1996 s'est déroulé le travail de recherche de la thèse de F. Guyot dont le titre est explicite : "Etude de la perception sonore en termes de reconnaissance et d'appréciation qualitative : une approche par la catégorisation". Les deux traitements perceptifs, reconnaissance et qualification, ont été étudiés d'une part, lors d'une expérience de catégorisation de bruits domestiques, d'autre part, au cours d'une étude de l'appréciation qualitative d'un ensemble de sons d'aspirateurs. Une méthode générale de recherche a été progressivement élaborée, qui s'est affinée au cours des recherches ultérieures.

1.3. Catégorisation et identification : étude d'un corpus de bruits domestiques

Groupe de travail : F. Guyot (thèse), J.S. Lienard;

Nous avons essayé de montrer quels pouvaient être, pour un corpus de bruits domestiques, les différents niveaux d'organisation des catégories. Nous avons ainsi constaté que la nature de la source était un facteur prédominant dans la formation des catégories.

Dans la plupart des situations, lorsque la source est reconnue, on ne cherche pas à qualifier le son. C'est pourquoi, les sons ne sont pas forcément catégorisés sur la base de similarités perceptives, mais de similarités de sources. Par contre, si la source n'est pas reconnue, ou qu'un doute subsiste sur sa nature, alors les catégories seront formées sur l'image perçue du mouvement ou du geste à l'origine du son (frottement, grattement etc...). Exemple *Son 60*.



Analyse arborescente des résultats de la tâche 1 (classement libre)

CATEGORIES	CARACTERISATIONS VERBALES
Bruits de moteurs	C 3 : Sèche cheveux en régime stable
Bruits sans rythmes réguliers	14 : Aspirateur en régime stable
Bruits musicaux, sonneries	H 5 : Sonnerie de réveil
Bruits avec hauteur et rythme	10 : Sonnerie de téléphone modulée
	24 : Sonnerie de ligne occupée du téléphone
Pas de qualification systématique	J 22 : Tic-tac d'un réveil électronique
	9 : Cliquetis de clefs
Bruits de portes	A 1 : Grincement d'une porte de placard
	12 : Ouverture d'une porte à poignée
Bruits de cavités ou de vaisselle	M 8 : Fermeture d'un bocal à vis
	I 16 : Emboîtement de verres
	19 : Fermeture d'une fenêtre
	21 : Ouverture de bouteille à vis
	25 : Empilement d'assiettes
Crissements, froissements, déchirements, frottement craquements etc...	N 2 : Taille d'un crayon
	G 6 : Brossage de dents
	18 : Arrachage de papier d'aluminium
	L 20 : Pression sur une bombe aérosol
	11 : Froissement d'aluminium
	4 : Arrachage d'une feuille de cahier à spirales
	17 : Découpe de pain au couteau
	23 : arrachage d'une fermeture velcro

Liste des catégories formées

Figure 7.1 - Catégorisation libre d'un corpus de bruits domestiques. Arbre des réponses des sujets (gauche) et libellé des principales classes de regroupement. (thèse F. Guyot) Ex *Son 60*

Son 60

Catégorisation de bruits domestiques. 12 bruits (du groupe de 25); cf figure. F.Guyot, 1993.

La comparaison des catégories formées à partir des descripteurs de mouvement avec les catégories perceptives obtenues à partir du même corpus de sons, a montré que les catégories de descripteurs n'étaient pas, tout comme les catégories de sources, fondées sur les seules similarités perceptives. Ainsi, le grincement est décrit par (au moins) deux types de signaux formés soit d'impulsions rapides, soit d'une structure harmonique qui n'ont pas de similarités perceptives évidentes et le frottement est un descripteur trop générique pour avoir une unité perceptive. Cette expérience a donc montré que les catégories de bruits sont formées sur la base de processus complexes mêlant à la fois des similarités perceptives corrélables à des paramètres acoustiques, et des "similarités culturelles" acquises par apprentissage.

1.4. Catégorisation et qualité sonore

C'est de loin l'aspect qualitatif de la perception des sons que nous avons le plus développé et dont les résultats s'avèrent très encourageants. Le traitement des problèmes de bruit (au sens nuisance), se résume pratiquement à une mesure du niveau sonore en dB (ou en dBA) et à une réduction de celui-ci jusqu'au niveau réglementaire acceptable. La "qualité" sonore est donc ainsi directement associée au niveau sonore. A chaque type de bruit correspond une norme de mesure et de niveau maximal autorisé. Cependant, la difficulté de trouver d'autres paramètres de caractérisation qualitative des bruits devient vite insurmontable lorsqu'on constate qu'il n'y a pas de critère acoustique universel de la qualité.

En effet, les paramètres de qualité sonore sont fortement dépendant du type de bruits, mais aussi de la situation dans laquelle l'individu se trouve lorsqu'il perçoit ces bruits. Par situation il faut entendre le contexte et l'activité de l'individu dans ce contexte. Considérons par exemple le son d'un aspirateur ; intégré dans une oeuvre musicale comme l'a fait Hoffnung, le bruit fait rire et nous le recevons avec plaisir; mais le même bruit devient pénible quand on doit utiliser l'aspirateur pour le ménage, et devient même complètement insupportable lorsqu'on en subit la production par quelqu'un d'autre. Trois situations différentes peuvent donc entraîner trois appréciations différentes de la qualité d'un même bruit. Enfin la finalité même du bruit intervient. Les signaux d'alarme, par exemple, peuvent provoquer des réactions opposées selon que nous estimons être concernés ou non..

Une étude de la qualité sonore n'est donc pertinente que si on définit clairement : le type de bruit (nature de la source); la finalité de sa production (musique, machine); la situation ou contexte d'activité du sujet en écoute.

2. Méthode expérimentale de la catégorisation sonore.

2.1. Organigramme

La méthode de recherche a été validée sur un cas d'école : des signaux continus à spectres larges, en l'occurrence 23 aspirateurs du commerce

Elle comprend les étapes suivantes :

- Etape 1 - Choix et enregistrement soignés du corpus de sons
- Etape 2 - Tâche perceptive sous la forme de catégorisation libre. La consigne de test spécifie, ce que les sujets vont entendre, dans quelle situation d'écoute (ou intention) ils doivent être, et l'argument de catégorisation. Les sujets construisent autant de catégories qu'ils le souhaitent, et il leur est demandé ensuite de caractériser verbalement leurs catégories.
- Etape 3 - Analyse statistique des catégories (sous forme d'arbres valués) et des verbalisations.
- Etape 4 - Analyse des paramètres acoustiques corrélés aux catégories et aux verbalisations.
- Etape 5 – Transformation par traitement de signal, de quelques stimuli témoins.
- Etape 6 - Validation de la pertinence de ces paramètres : Tâche perceptive identique à la première sur un corpus intégrant des sons transformés par synthèse.

La sixième étape est essentielle pour la pertinence de l'étude.

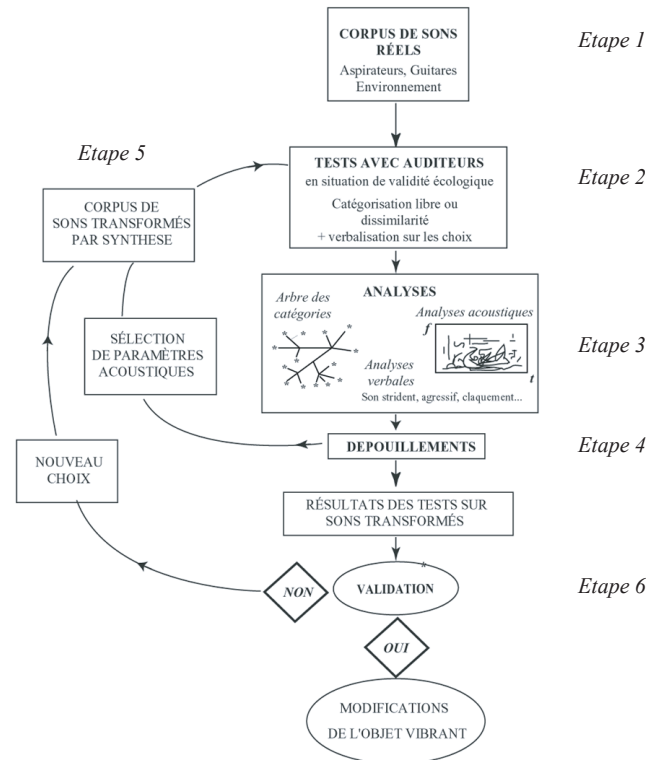


Figure 7.2 - Organigramme d'une étude de qualité perceptive.

Lors de cette première étude de la perception de la qualité acoustique des sons d'aspirateurs, nous avons formulé l'hypothèse qu'un des critères de gêne pouvait être la présence d'une ou plusieurs composantes saillantes du spectre donnant une "note" gênante au bruit. Quelques sons ont été transformés par analyse-synthèse et, lors d'un nouveau test de catégorisation, les sons transformés ont été regroupés avec les sons acceptables. Les résultats ont été présentés lors d'une conférence invitée au forum EAA (1996) : Castellengo M., Guyot F., Viollon S., (1996), Perceptive characterisation of the acoustical quality of real complex sounds - Validation with synthesis. Conférence invitée au Forum acusticum (Anvers), *Acustica/Acta Acustica* 82 Suppl.1, S78, et publiés la même année.

Au: 4. - GUYOT F., CASTELLENGO M., VOGEL C., MAFFIOLO V., (1996), Une méthode d'étude de la qualité acoustique des sons réels complexes. *Acoustique et Techniques*, 7, p 23-26.

2.2. Le concept de validité écologique

Le terme "écologique" doit être compris ici dans un sens évoquant la réalité ou plutôt une situation d'écoute la plus proche possible de l'écoute réelle. La mise en place de tests d'écoute pour notre recherche impose d'enregistrer les sons et de les donner à entendre en laboratoire, où nous recueillons les réactions des sujets. Il importe que ceux-ci acceptent de s'imaginer être "en situation" afin de ressentir de la façon la plus vraisemblable les phénomènes sonores auxquels nous leur demandons de réagir. La plus grande attention doit donc être portée à la qualité de l'enregistrement, à sa reproduction et au niveau d'écoute de restitution.

3. Etudes de qualité sonore

Groupe de travail : D. Dubois; J.D. Polack

Thèses : G. Guyot; V. Maffiolo; C. Vogel; P. Gaillard. - DEA : F. Guyot; S. Viollon; N. Dumoulin; B. St Loubry; C. Villain;

Entre 1993 et 2001, la méthode a été appliquée à des corpus de sons très divers. Citons : les signaux sonores sous-marins, les bruits domestiques, les aspirateurs, la guitare classique, le clavecin, les archets de violon, et plus récemment l'environnement sonore urbain. Plus que la nature des stimuli – bruits ou sons musicaux – c'est le degré de complexité de la source étudiée qui engendre des difficultés lors de la mise en place des tests.

La conception générale de notre méthode d'étude a été présentée dans le cadre d'une conférence invitée au Forum Acusticum de Berlin.

CASTELLENGO M., BESNAINOU C., DUBOIS D., (1999), Acoustical quality of musical instruments and categorization; Joint Meeting: ASA and Forum Acusticum, 4aMU8; Berlin.

3.1. Stimuli "simples" : aspirateurs; sons musicaux isolés

L'étude de la qualité sonore du bruit des aspirateurs fut un cas d'école remarquable³³. Chaque machine pouvant être caractérisée dans une durée de 8 secondes, la mise en œuvre des tests de catégorisation et de la verbalisation associée s'est réalisée aisément. Ce type de corpus permet également la mise en œuvre de tests psychoacoustique classiques (tests par paires), qui, en complétant les résultats obtenus par dépouillement des arbres, offrait la possibilité de "dimensionner" certains critères bien définis comme la brillance. cf Ex. *Son 61*.

O 1. - GUYOT, F., CASTELLENGO M., (1997), Etude de la catégorisation d'un corpus de bruits, in *Catégorisation, Représentation et Systèmes Symboliques* édité par D.Dubois, Kimé Ed., Paris, p 41-58.

Dans le cadre d'une expertise commandée par le Ministère de la Culture (Direction du Patrimoine) pour évaluer la qualité des jeux d'anche de l'orgue de Dijon nouvellement restauré, nous avons pu mettre en évidence le caractère de "nasalité" des sons de cromorne de cet instrument, par comparaison à ceux des trois autres instruments, par un test de dissemblances. Il s'agissait également de sons isolés, égalisés en durée et en fréquence. (cf § 4.2.d).

Cg: 20. - CASTELLENGO M., GOAD P.; (1997) Etude comparée de la qualité sonore du jeu de cromorne dans quatre orgues classiques : évaluation psychoacoustique de la "nasalité". 4ème Congrès Français d'Acoustique, Marseille, 617-620

Le travail réalisé par Pascal Gaillard dans le cadre d'une thèse de Musicologie, sur le transitoire d'attaque des sons de Steel Drum, rentre également dans le cadre de l'étude de sons isolés. Inventés aux îles Caraïbes pendant la 1ère moitié du 20ème siècle, les Steel-drum sont réalisés avec des bidons d'huile dont la surface supérieure est travaillée (emboutissage et martelage) de façon à circonscrire des zones vibrantes correspondant à des modes propres, accordés en relation quasi harmonique entre eux. Lorsqu'un secteur est mis en vibration par frappement, de nombreux couplages s'effectuent de sorte que la durée d'établissement du son est pratiquement intermédiaire entre celle d'une percussion et celle d'autres types d'excitation comme l'archet ou le souffle. Ce type de son reste mal connu des auditeurs. Diverses modifications de leur transitoire d'attaque, (durée globale, ordre d'arrivée des composantes, justesse et amplitude relative des composante) ont permis de proposer une famille de sons similaires dans leur contenu spectral mais différents par leur transitoires, pour réaliser une série de tests de catégorisation libre. Rappelons que cette méthode donne accès à la perception de grandeurs acoustiques maîtrisées, tout en travaillant avec des sons naturels. Un seuil temporel de prise en compte du transitoire est proposé. La méthode est exposée dans une communication présentée à Lausanne.

33. cf Thèse de F. Guyot, 1996.

Son 61

Qualification de bruits d'aspirateurs. Test de dissimilarités, par paires. Paire 15 (8-16); paire 16 (6-10); paire 17 (1-4); paire 18 (2-7). F. Guyot et C. Piron, 1994

Cg: 4. - GAILLARD P., LEGROS C., CASTELLENGO M., (2000) Modification de certaines caractéristiques physiques des sons de steeldrums en vue de la réalisation de tests psychoacoustiques; 5ème CFA , Lausanne.

3.2. Séquences sonores d'instruments complets (clavecin, orgue)

L'étude d'un instrument de musique comme le clavecin, la guitare ou l'orgue ne peut se réduire à celle d'un son. De même, l'estimation de qualité des bruits de l'environnement urbain implique l'écoute d'une séquence de durée notable. De nouveaux problèmes surgissent.

- Durée des stimuli - Quelle durée choisir (5, 10, 20 secondes?) pour donner une "image acoustique" représentative de l'instrument ou de l'environnement?
- Mémoire d'écoute - Dès que la séquence dure plus de quelques secondes, comment tenir compte de la prépondérance perceptive des derniers éléments entendus?
- Epuiser le sémantique pour accéder au qualitatif - A l'écoute d'une musique ou d'une ambiance sonore, l'attention de l'auditeur est prioritairement captivée par l'écoute sémantique. Quelle musique? Quels types de bruits, où etc... Ce n'est qu'à la 2ème ou à la 3ème écoute, lorsque tous les événements sont prévisibles, que l'attention peut se porter sur les aspects qualitatifs de la séquence proposée. La nécessité d'écouter plusieurs fois une séquence augmente d'autant la durée du test et la fatigue de l'auditeur.

Evaluation de la qualité de quatre clavecins – Stage de DEA Atiam de Nathalie Dumoulin).

La constitution d'un corpus sonore de clavecins requiert plusieurs précautions : une prise de son de qualité (enregistrement digital avec microphones électrostatiques), dans le même lieu, avec un positionnement similaire des microphones. Par ailleurs les instruments doivent être accordés au même diapason et au même tempérament, et joués par la même personne. Quatre instruments de facture différente (français, allemand, flamand 1 et flamand 2) ont été enregistrés dans l'atelier d'un facteur (M. Ducornet). Pour disposer d'un nombre suffisant de stimuli, nous avons traité séparément les différents claviers en enregistrant à chaque fois, le clavier 1, le clavier 2 et les deux claviers accouplés³⁴. Nous disposons ainsi de 3 séquences par instrument, donc de 12 stimuli. Le programme d'enregistrement comportait diverses prises : gammes chromatiques, gammes diatoniques dans les diverses octaves, pièces musicales.

34. les sons de ces deux claviers présentent des différences de sonorité dues en premier lieu au point de pincement propre à chaque jeu, mais aussi à l'harmonisation (réglage de la force de pincement et du profil des becs)

Son 62

Test de catégorisation des sons de clavecins. La séquence musicale jouée successivement sur les 4 instruments (claviers accouplés). MC et N. Dumoulin; 1995

Deux séries de tests ont été réalisées : un test de comparaisons par paires (dépouillement par Analyse en Composantes Principales) portant sur un court fragment : 5 notes en gamme diatonique (durée 5s.) et un test de catégorisation libre (dépouillement arboré selon l'algorithme de Barthélémy et Luong) complété par la verbalisation sur les catégories, portant sur une séquence musicale. (début d'un prélude non mesuré - durée 7s.). cf Ex *Son 62*.

Les résultats combinés des deux séries de tests ont permis d'interpréter l'ordre des regroupements : Axe N°1, par type de clavier (indépendamment des instruments). Axe N°2, selon l'opposition de sonorité "doux et rond" ou "brillant, nasal et précis". C'est dans le plan 2-3 qu'apparaissent identifiés, les quatre types d'instruments : petit Flamand, Français, grand Flamand et Allemand.

Cg: 16. - GUYOT, F., CASTELLENGO M., DUMOULIN N. (1997) Caractérisation perceptive de la qualité sonore de plusieurs clavecins, . 4ème Congrès Français d'Acoustique, Marseille, 629 - 632

La portée des résultats est limitée du fait des contraintes imposées à la durée et au contenu des stimuli. Pour mieux rendre compte d'un panorama complet des qualités d'un instrument, il faut mettre en place plusieurs tests de dissemblances sur des extraits différents comme nous l'avons expérimenté à propos de l'orgue³⁵. C'est ce que nous comptons développer dans le cadre du projet "piano" de Ch. Besnainou.

3.3. Situations plus complexes : multimodalité (toucher, écouter, voir)

Qualité des archets de violon - Mémoire de DEA Atiam (B. Saint-Loubry)

Nous avons pour objectif de recueillir les avis de violonistes professionnels et ceux d'archetiers, sur les qualités comparées de différents archets : 7 archets en bois (4 "anciens" et 3 contemporains) et 5 archets en matériau composite. Le salon Musicora de l'année ayant pour thème majeur le violon, nous avons pu réunir en un temps record 14 luthiers archetiers et 13 violonistes professionnels qui ont accepté de se prêter aux tests. Les tests se sont déroulés soit dans un bureau du Conservatoire de Musique (proche du salon Musicora) soit au domicile des musiciens. Ceux-ci essayaient leurs archets avec leur instrument et avec un violon de référence commun pour tous les essais.

Les musiciens essayent les archets sur des phrases musicales qui leur posent habituellement des difficultés; peu d'entre eux classent à part les archets carbonés car ils ont la curiosité de rechercher l'archet qui leur conviendra le mieux.

35. Piron Ch. (1993) - Approche de l'identité sonore d'un orgue : Comparaisons spectrales et perceptives d'enregistrements avant et après restauration. Mémoire d'ingénieur, Université de Technologie de Compiègne/LAM Paris.

Les archetiers pratiquent des torsions, des flexions, des vibrations par ricochet sur la main pour tester l'élasticité, la souplesse ou la rigidité de l'archet. Sensibles à l'aspect esthétique, certains d'entre eux ont délibérément écarté les archets composites.

Une stagiaire de maîtrise de mécanique a réalisé pendant la même période une série de mesures mécaniques sur les archets sous tension (mèche prête à jouer) : fréquences propres (et coef. Q) par excitation verticale et latérale. Mais les résultats, trop frustes, n'ont pu être corrélés aux appréciations des musiciens et des archetiers, d'autant que la "qualité" est appréciée diversement par les deux groupes de sujets, et que de plus, des données extra-acoustiques entrent pour une grande part dans l'appréciation globale.

Les commentaires verbaux et les enregistrements sonores des séances de tests n'ont pu être exploités dans le cadre limité d'un stage de DEA. La recherche devait faire l'objet d'une thèse qui n'a malheureusement pu aboutir, faute de financement³⁶.

4. Qualité sonore de l'environnement urbain : la sémacoustique

Collaboration Danièle Dubois

La thèse de Valérie Maffiolo, qui a pour sous-titre «Structuration des représentations mentales et influence sur l'appréciation qualitative des ambiances sonores de Paris», représente une avancée importante de notre recherche en qualité sonore. Cette thèse, ainsi que celle de Corsin Vogel a été co-dirigée par Danièle Dubois psycholinguiste. Nous avons constitué un groupe de travail avec Jean Dominique Polack, Sophie David linguiste, Myriam Mzali puis Catherine Guastavino. Toutes ces recherches ont bénéficié de contrats.

La première partie du travail, commune aux préoccupations de C. Vogel et V. Maffiolo, a porté d'une part sur le choix des sites représentatifs de Paris, au moyen d'un questionnaire hors site, et d'autre part sur une série d'enregistrements avec plusieurs dispositifs de microphones, pour obtenir la prise de son restituant le mieux possible une ambiance d'extérieur³⁷.

Cg: 15. - MAFFIOLO V., VOGEL C., POLACK J.-D., CASTELLENGO M., DUBOIS D., DAVID S., (1997), Ambiances sonores représentatives d'une ville : le cas de Paris. 4ème Congrès Français d'Acoustique, Marseille, 303-306.

36. la candidate est maintenant responsable du design sonore chez Renault!

37. L'expérience des preneurs de son de l'enregistrement de musique en salle de concert est très développée et a donné lieu de nombreuses recherches. A l'opposé, la prise de son en extérieur (le plus souvent pratiquée pour le cinéma ou la télévision) reste élémentaire, et se pratique fréquemment en mono. Il était capital pour notre étude, de disposer d'une très bonne qualité de prise de son.

Au: 4. - GUYOT F., CASTELLENGO M., VOGEL C., MAFFIOLO V., (1996), Une méthode d'étude de la qualité acoustique des sons réels complexes. *Acoustique et Techniques*, 7, p 23-26.

Au: 5. - CASTELLENGO M., DUBOIS D.; (1996), Les signaux d'avertissement dans la ville, *Le courrier du CNRS*, 82, pp.110-11.

Le dispositif adopté combine des microphones cardioïdes écartés de 60 cm!. Les tests d'écoute pratiqués pour cette expérience, des tests de comparaison par paires, ont montré l'importance du contenu des séquences sur le jugement des auditeurs. Qu'il s'agisse de bruits de circulation ou de bruit de fond de jardin public, les auditeurs préféraient généralement la deuxième séquence, quelque soit le dispositif de prise de son. On retrouve ici les l'importance des deux modes d'écoute cités plus haut.

A la première audition d'une séquence, les auditeurs "dépouillent" le contenu sémantique de l'extrait sonore: ils procèdent à l'identification des sources.

A la deuxième écoute de cette séquence (répétée avec le deuxième dispositif de prise de son), ils ont déjà repéré les événements sonores et sont disponibles pour apprécier cette fois, la qualité sonore de l'enregistrement.

Son 63

Qualité acoustique des bruits de l'environnement. Quatre séquences retenues pour les tests d'écoute : N°5; N°7; N°10; N°11. Les séquences N° 5 et 10 sont événementielles; les N° 7 et 11 sont amorphes. V. Maffiolo, 1997.

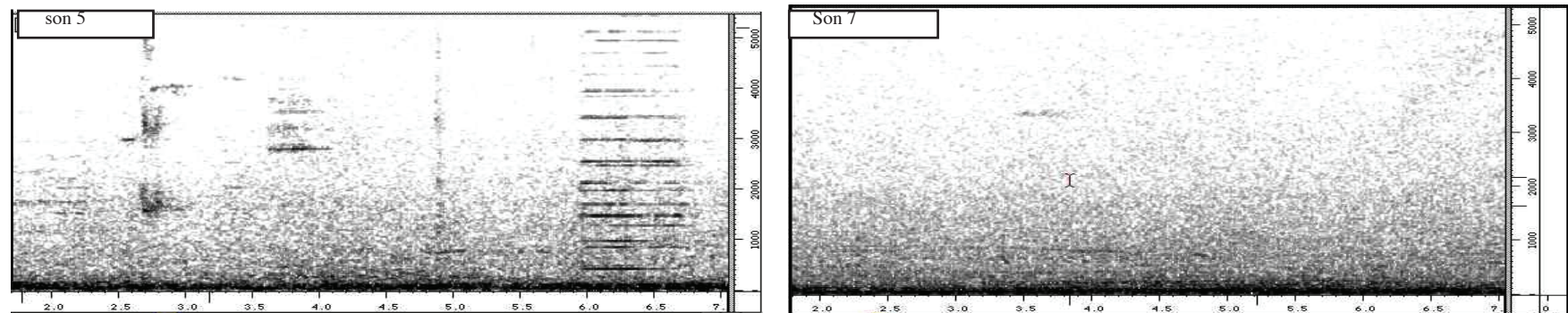


Figure 7.3 Gauche : Séquence sonore événementielle (Ex sonore N°55) - Droite : Séquence sonore amorphe . Ex *Son 63*

L'importance de ces deux traitements cognitifs des séquences sonores a guidé notre choix des séquences à prélever pour mettre en place le test. Nous avons décidé de constituer un corpus de 8 séquences de bruit de fond dit "amorphe" : un brouhahas indistinct, et 8 séquences dites "événementielles" où l'on peut distinguer des bruits de véhicules, des grincements, des oiseaux etc.

Plusieurs questionnements ont fait l'objet de tests de catégorisation libre avec pour consigne de regroupement, soit l'intensité des séquences, soit "l'agrément" (c'est à dire le degré de plaisir perçu à l'écoute).

Pour chacune des ces consignes, les séquences étaient diffusées, soit à leur niveau d'origine, soit à un niveau normalisé. Enfin, par souci de rigueur méthodologique, la consigne "agrément" a été traitée selon trois techniques de tests connues des psychoacousticiens: catégorisation libre; comparaisons par paires; échelles de similarité.

Chaque test donnait lieu à des verbalisations par les sujets, qui se sont révélées particulièrement pertinentes pour interpréter les résultats.

A la consigne : « regrouper les séquences selon l'intensité », les sujets ont partitionné le corpus selon les critères amorphes ou événementiel. En d'autres termes, l'intensité physique n'est pas traitée de la même façon selon que la séquence est intéressante à écouter (événementielle) ou ennuyeuse (amorphe). cf 7.4

Cg: 13. - VOGEL C., DUBOIS D., CASTELLENGO M., (1998), Perception of warning signals in urban context. *Internoise 98*, Christchurch.

Au: 2. - MAFFIOLO V., CASTELLENGO M., DUBOIS D., (1998). Qualité sonore de l'environnement urbain : Sémantique et intensité. *Acoustique et Techniques*, 16, 14-21,

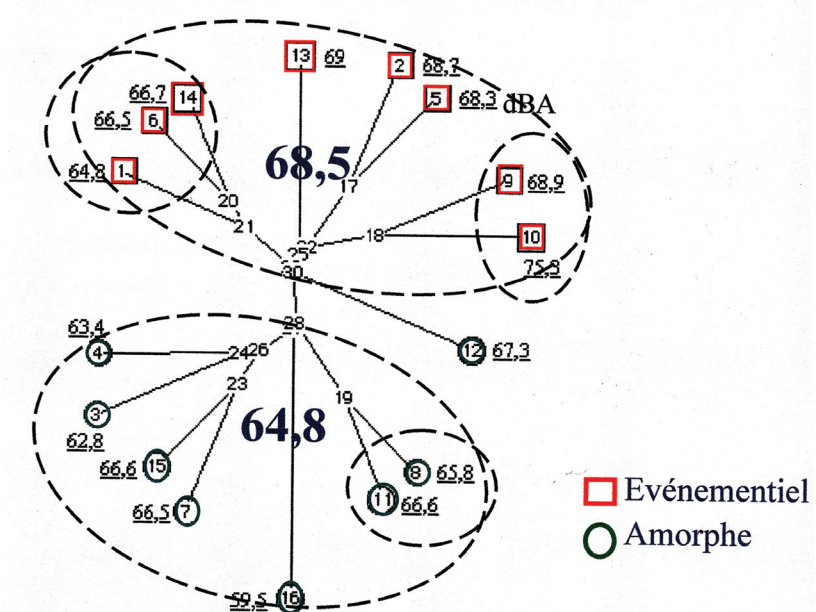


Figure 7.4 - Résultats d'un test de catégorisation libre selon «l'intensité». A niveau sonore quasi équivalent, es sujets ont regroupés les séquences selon le contenu sémantique . (Thèse V. Maffiolo)

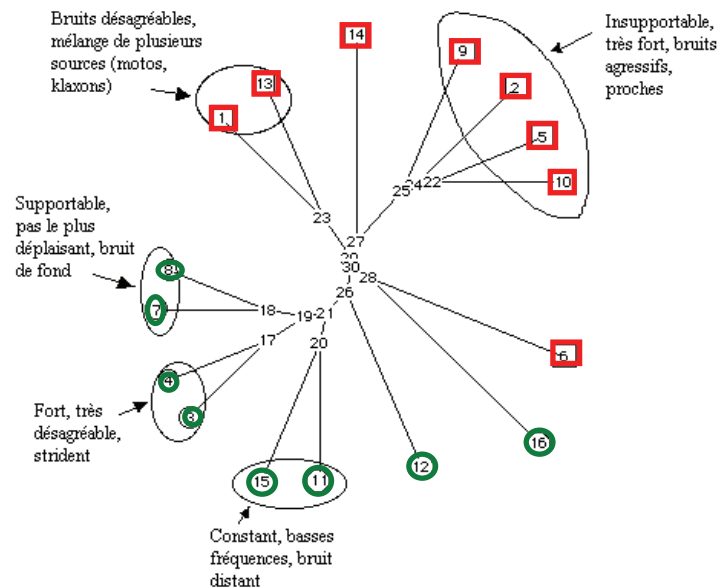


Figure 7.5 - Résultats d'un test selon «l'agrément; exemples de verbalisations libres des sujets : en rouge, séquences événementielles; en vert, séquences amorphes. (Thèse V. Maffiolo)

Les verbalisations ont montré également d'importantes différences dans l'emploi des mots : les termes généraux comme "bruits intenses, gênants, stationnaires, graves" sont apparus dans la description des séquences amorphes, alors que les séquences événementielles étaient plutôt décrites par les noms des sources (motos, piétons) cf figure 7.5.

En d'autres termes, un critère comme l'agrément, n'est pas traité de façon dimensionnelle par les sujets mais dépend, comme on l'a vu, du contenu des séquences et donc, de leur signification pour les sujets

Cg: 10. - MAFFIOLO V., CASTELLENGO M., DUBOIS D., (1999). Is pleasantness for soundscapes dimensional or categorical? Joint Meeting: ASA and Forum Acusticum, Berlin.

Cg: 14. - MAFFIOLO V., DAVID S., DUBOIS D., VOGEL C., CASTELLENGO M., POLACK J.-D., (1997), Sound characterization of urban environment. Inter-noise 97, Budapest,, 1239-1242..

Ce travail a mis en évidence **l'importance de la signification des sons pour les auditeurs et l'incidence qu'elle joue sur l'évaluation de qualité sonore**. Il a montré également la structuration catégorielle des représentations cognitives de la qualité sonore.

Cg: 13. - VOGEL C., DUBOIS D., CASTELLENGO M., (1998), Perception of warning signals in urban context. Internoise 98, Christchurch.

Les mêmes concepts de recherche ont été appliqués à l'évaluation de qualité perçue des espaces verts de la Ville de Paris dans le cadre d'un contrat. L'étude a montré la forte interaction des données visuelles avec les données auditives pour l'évaluation de la qualité globale.

Valérie Maffiolo a été recrutée à France-Télécom (CNET) où la méthode développée dans le groupe LAM/LCPE a été transférée à l'étude de la qualité des voix donnant des annonces téléphoniques.

5. Conclusions.

Le cadre d'étude de la perception sonore, qui s'est développé au travers de l'expérience première des sons musicaux, s'est révélé fécond pour l'étude des bruits. Le terme "sémacoustique" que nous avons proposé met l'accent sur la conduite fondamentale de l'être vivant, pour qui, selon la formule de Danièle Dubois "percevoir c'est chercher du sens".

- Notre écoute se porte en premier sur la reconnaissance des sources entendues, parmi celles qui sont prévisibles dans un contexte donné et dont les catégories sont relativement communes aux membres d'un groupe donné.
- L'interprétation qualitative : jugements hédoniques, de valeur, analyses sensorielles, n'intervient qu'en second lieu, en fonction de l'interprétation sémantique du sujet.

Au fur et à mesure du développement des recherches nous avons mesuré l'intérêt des verbalisations fournies par les sujets, qui se sont révélées une source fondamentale d'informations pour accéder à la représentation cognitive des sujets. La collecte, la mise en ordre et l'interprétation des verbalisations demande des compétences spécifiques dont nous ont fait bénéficier les linguistes de l'équipe de Danièle Dubois.

Malgré les nombreuses difficultés que cela implique, il est important d'affirmer de nouveau qu'il est capital de travailler sur la perception de sons réels, en situation. Telle a toujours été ma préoccupation en ce qui concerne les sons musicaux.

La publication de recherches à caractère pluridisciplinaire, et spécifiquement celles qui croisent sciences de l'homme et sciences physiques, se heurte à plusieurs difficultés. Les étudiants issus d'un cursus de mécanique doivent s'initier à de nouvelles matières (cognition, analyse du langage) dont l'assimilation nécessite une maturation consommatrice de temps. Le recul nécessaire pour une publication majeure n'est pas compatible avec la durée d'une thèse. Ajoutons que les revues sont assez peu accueillantes pour des articles de fond dans lesquels pourraient être développés les idées et les méthodes de recherche.