

Sous la direction de Danièle Dubois

Catégorisation et cognition : de la perception au discours

N. Braisby, P. Cadiot, M. Castellengo, B. Conein,
S. David, D. Dubois, B. Fabre, D. Fleury, B. Franks,
F. Guyot, J. Hampton, J. Harris, Ch. Hudelot, A. Lammel,
L. Mondada, E. Pachérie, Ph. Resche-Rigon, C. Rouby,
G. Sicard, A. Tenin, P. Van Elslande

UNIVERSITE PARIS 6, CNRS, MINISTERE DE LA CULTURE
LABORATOIRE D'ACOUSTIQUE MUSICALE
UMR 9945
4, Place Jussieu, Tour 66, 5^e ETAGE, CASE 181
75252 PARIS CEDEX 05

ÉDITIONS KIMÉ
2, Impasse des Peintres
Paris 11^{ème}

in *Catégorisation et Cognition*.
Kimé Ed, Paris 1997

Chapitre 2

Étude de la catégorisation d'un corpus de bruits domestiques

*Frédérique Guyot, Michèle Castellengo,
Benoît Fabre*

1. Introduction

La plupart de nos connaissances sur la perception sonore sont issues de recherches ayant trait au son musical. Or, l'écoute des bruits de l'environnement, compétence éminemment partagée par tous, remet au premier plan les comportements fondamentaux de l'auditeur humain. En effet, si nous prêtons un peu d'attention à la manière dont nous écoutons les bruits, nous constatons bien vite deux modalités : tantôt nous identifions la source et tantôt nous analysons la qualité du son. Or ces deux processus perceptifs, pourtant différents, ne sont généralement pas distingués dans les études du timbre (Castellengo, 1994). Les travaux sur le timbre sont par ailleurs relativement récents. En effet, même si Helmholtz a, en 1889, commencé à définir des qualificatifs de sonorité des sons musicaux (brillance, clarté, etc.) et à chercher des corrélats physiques à ces qualificatifs, l'intérêt pour l'étude du timbre ne s'est réveillé qu'au début des années quarante avec Lichte. S'inscrivant dans le courant de la psychophysique classique, la grande majorité des auteurs s'est intéressée à la perception de la qualité des sons, second aspect du timbre, cherchant à définir des échelles sémantiques de qualité. La corrélation des échelles sémantiques s'avérant alors pertinentes à des

1997 a
No 209

paramètres acoustiques a permis ensuite d'établir des échelles psychophysiques relatives aux notions de brillance, de rugosité ou encore de compacité¹ (Lichte, 1941, Solomon, 1958, Bismarck, 1974). Curieusement, les travaux sur l'identification des événements sonores, premier aspect du timbre, sont peu nombreux. De surcroît, la plupart de leurs auteurs dressent une barrière entre le "perceptif" et le "cognitif" qui correspondent à deux niveaux d'écoute différents. Ceci leur permet de négliger totalement l'aspect cognitif de la perception et de se cantonner à chercher des échelles perceptives relatives à des critères acoustiques et inversement. Cependant, les méthodes expérimentales adoptées, méthode de différentiation sémantique ou échelles de similarités sont bien des tâches cognitives. Dans ces conditions, comment peut-on s'assurer de la nature "perceptive" des réponses ? Sont-elles issues de la simple perception prétendument étudiée ou d'un travail cognitif ?

Seules quelques rares études sur l'identification des bruits (Warren, Verbrugge, 1984 ; Repp, 1986 ; Li, Logan, Pastore, 1991) ont été définies dans un cadre théorique basé sur un schéma de perception qui suppose que l'identification d'un événement sonore a lieu grâce à l'existence physique d'invariants de structure et de transformation. Le relatif échec de ces recherches construites sur la base de catégories de bruits tels que des bruits de pas ou de claquements de mains est dû à la non-pertinence perceptives des catégories choisies. Pourtant l'existence de catégories a été établie par Vanderveer (1979), catégories caractérisées principalement par la structure temporelle de leurs éléments. Enfin, Ballas (1993) a mis l'accent sur l'importance du contexte dans l'identification d'un son. Il a notamment montré que les bruits impulsifs, tels que les pas, sont difficilement identifiables hors contexte malgré une fréquence écologique² élevée, alors que les bruits d'alarmes sont facilement identifiables hors contexte malgré une fréquence écologique faible. C'est le rôle important des situations et des contextes d'écoute, ainsi que du degré d'expertise de chaque individu, qui a amené Ballas à conclure qu'il fallait établir un schéma général de l'organisation perceptive des sons. Il propose de se référer pour cela au concept de catégorisation prototypique de Rosch (1975), concept bien connu des psychologues cognitivistes mais totalement ignoré des "psychoacousticiens".

Nous avons choisi d'adopter l'approche proposée par Ballas, nouvelle pour l'étude de l'identification des sons. Le premier

¹ Voir la thèse de F. Guyot (1996) pour une revue plus détaillée des travaux.

² Probabilité d'apparition d'un son dans un contexte donné.

problème sur lequel nous nous sommes tout naturellement penchés est celui de l'existence ou non des différents niveaux d'abstraction qui caractérisent la dimension verticale de l'organisation de catégories définie par Rosch (1975). Ceci a fait l'objet de notre première expérience perceptive de catégorisation libre. Des trois différents niveaux obtenus, nous avons extrait un "niveau de base". Nous nous sommes alors heurtés aux problèmes de la définition et de la caractérisation des catégories du niveau de base. Afin d'obtenir des catégories fiables et pertinentes, nous avons mis en place une deuxième expérience de classification dans des catégories sémantiques fixées. Enfin, sur la base des catégories obtenues, nous avons cherché les critères d'une organisation perceptive interne par une expérience d'évaluation de la similarité perceptive entre tous les sons.

2. Tâche 1 : extraction d'un niveau de base

L'étude de la catégorisation perceptive des bruits nécessite un travail expérimental répondant à des conditions "écologiques" optimales, c'est-à-dire l'utilisation d'un matériau sonore naturel et contextualisé. Cependant pour que les expériences soient reproductibles d'un sujet à l'autre et pour garder une trace du matériau sonore utilisé (afin de l'analyser), nous sommes contraints à l'utilisation de systèmes de reproduction qui induisent une certaine artificialité de la situation d'écoute. Afin de minimiser cette artificialité, nous avons enregistré les sons de manière à obtenir un enregistrement fidèle au bruit original dans des conditions d'écoute normale, fidélité tant au niveau de la sonorité qu'à celui de l'intensité. Nous avons ainsi restitué l'intensité relative des bruits, un claquement de porte étant, par exemple, un bruit plus intense qu'une trotteuse de réveil. De plus, nous avons tenu à ne pas normaliser la durée des sons afin de les écouter dans leur intégralité. La technique que nous avons utilisée est une prise de son stéréo compatible, par deux microphones dynamiques AKG et un magnétophone DAT Sony muni d'un préamplificateur EAA PSP-2. Une telle méthode permet une écoute stéréophonique et l'analyse acoustique sur un signal monophonique cohérent.

Le problème du contexte a été rapidement élucidé puisque nous l'avons restreint à un ensemble de bruits domestiques courants. Enfin, nous avons supposé que l'expertise de tout un chacun sur la perception des bruits était équivalente et qu'il n'y avait pas lieu de choisir une catégorie précise d'individus pour nos expériences. Cette hypothèse a été renforcée par le fait constaté lors de cette première tâche, que même les musiciens ayant pourtant une expérience d'écoute et de qualification des sons musicaux,

ont les mêmes difficultés à décrire les bruits que les sujets non musiciens.

2.1. Méthode

Stimuli : nous avons choisi de travailler sur des bruits domestiques pour les deux raisons suivantes :

- 1) Ils font partie de notre univers sonore et sont entendus quotidiennement par une grande majorité de gens.
- 2) Leur production est simple et nous pouvons les enregistrer isolément.

Vingt-cinq bruits domestiques ont été enregistrés. Leur durée est approximativement de trois secondes (voir Liste 1).

Bruits	Durée
1 : Grincement d'une porte de placard	3s
2 : Taille d'un crayon	3s
3 : Sèche-cheveux en régime stable	4s
4 : Arrachage d'une feuille de cahier à spirales	3s
5 : Sonnerie du réveil	3s
6 : Brossage de dents	4s
7 : Grattement d'une allumette	3s
8 : Fermeture d'un bocal à vis	3s
9 : Cliquetis de clefs	2s
10 : Sonnerie de téléphone	5s
11 : Froissement de papier d'aluminium	4s
12 : Ouverture d'une porte à poignée	4s
13 : Utilisation d'un coupe ongles	4s
14 : Aspirateur en régime stable	3s
15 : Tapement sur machine à écrire	3s
16 : Entrechoquements de verres	3s
17 : Découpe de pain (au couteau)	3s
18 : Arrachage de papier d'aluminium	3s
19 : Fermeture d'une fenêtre	3s
20 : Pschitt de bombe aérosol	4s
21 : Ouverture d'une bouteille à vis	3s
22 : Tic-Tac d'un réveil électronique	3s
23 : Arrachage d'une fermeture Velcro	2s
24 : Sonnerie "occupée" du téléphone	3s
25 : Empilement d'assiettes	3s

Liste 1 : Sons de la tâche 1

Procédure : nous demandons aux auditeurs d'écouter librement le corpus de vingt-cinq bruits domestiques et de le classer sans contraintes ni sur le nombre de catégories ni sur les critères de

catégorisation. A l'issue de cette tâche, les auditeurs doivent caractériser ou définir leurs catégories. La méthode est classique et a été utilisée avec succès à maintes reprises par Dubois (1993), notamment dans des tâches de catégorisation d'objets visuels complexes.

L'écoute est binaurale, avec un casque Beyerdynamic DT 48 (200 Ω), et sur un magnétophone à bandes Revox.

Sujets : neuf membres du Laboratoire d'Acoustique Musicale ayant tous une pratique de l'écoute ont participé à cette tâche.

2.2. Résultats et discussion

Chacun des neuf sujets a réussi, dans une durée maximale de vingt minutes, à classer notre corpus de bruits, en créant une moyenne de six catégories, et à définir ou caractériser les catégories formées.

Nous pouvons remarquer, après une lecture rapide des résultats, deux directions de catégorisation totalement différentes. En effet, deux auditeurs ont pris le parti de classer les bruits suivant des critères acoustiques notamment la hauteur et l'évolution temporelle. Les autres ont cherché à les classer suivant l'image plus ou moins précise de ce qui a créé le bruit (identification de la source ou du mouvement, etc.). La première attitude indique une écoute analytique des sons, alors que la deuxième semble être le fruit d'une écoute globale des événements sonores.

L'analyse arborescente des résultats, d'après l'algorithme de Barthélemy, Guénoche (1988), nous donne une représentation plus complète des résultats et nous montre les grandes catégories formées ainsi que les sons isolés (fig. 1).

Cette méthode d'analyse arborescente est proche de l'analyse classique de Cluster mais plus affinée. Elle permet de montrer les groupements formés par les sujets mais également d'évaluer leur force, ainsi que les distances relatives entre les objets d'une même catégorie et des catégories opposées. Un arbre valué est caractérisé par des nœuds, des feuilles et des branches. De chaque nœud part une branche au bout de laquelle se trouve une feuille, c'est-à-dire ici un bruit. Si on adhère au modèle du contraste de Tversky (1978), nous pouvons interpréter chaque nœud comme le prototype de la catégorie qu'il engendre et la longueur des branches comme relative au degré de typicalité des feuilles qu'elles portent. Sur la figure 1, les nœuds sont représentés par des lettres et les bruits par les numéros. Nous donnerons plus de détails sur la construction des arbres lors de l'interprétation des résultats de la tâche 2. Ici, elle n'a que peu d'intérêt

a été identifiée (*porte*). Il est, dans ce cas, difficile de savoir si les bruits sont regroupés parce qu'ils sont perceptivement proches ou tout simplement parce qu'ils sont engendrés par des sources similaires. L'autre niveau, moins affiné que le premier, est caractérisé par l'action qui génère les bruits. Ce niveau d'identification est donc plus abstrait que le précédent. Le son 1 qui est un "bruit de porte qui grince" a été catégorisé soit comme "bruit de porte", soit comme "grincement", soit comme "bruit mécanique". Notons que ces deux niveaux ne sont valables que pour les bruits de notre corpus résultant d'une excitation mécanique, puisqu'il n'est pas question de parler de geste ou de mouvement de la source pour les bruits électroniques, tels que les alarmes et les bruits de moteurs électriques. Ces deux niveaux de catégorisation peuvent s'expliquer par une expertise différente dans l'identification des bruits, expertise dépendant de la nature de ceux-ci. Existe-t-il alors des bruits plus typiques que d'autres ? On identifie parfaitement un frottement de deux assiettes l'une sur l'autre à un bruit de vaisselle, mais on n'identifie que le mouvement à l'écoute de la taille d'un crayon. Cette hypothétique typicalité peut se justifier soit par une fréquence écologique plus élevée de certains bruits, soit par des indices acoustiques plus pertinents (couleurs spectrales, harmonicité, structure rythmique, etc.).

Si nous procédons par analogie aux trois niveaux d'abstraction de Rosch (1975), nous pouvons suggérer une organisation de notre corpus en trois niveaux comme sur le schéma suivant :

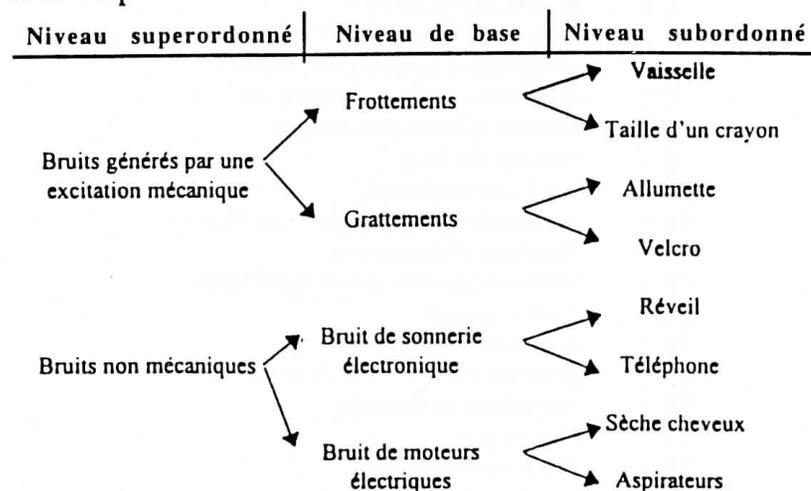


Table 2 : Exemple d'organisation hiérarchique de catégories perceptives de bruits domestiques

Ce schéma n'est qu'une hypothèse d'organisation des catégories perceptives fortement dépendante du corpus de bruits initial et certainement un peu simpliste. Il n'a donc pas la prétention d'être le schéma de l'organisation cognitive des sons.

Il est ici important de rappeler que nous nous intéressons à la catégorisation des bruits en tant qu'entités perçues et non pas à celle des sources sonores. En effet, une source excitée de différentes manières peut créer des bruits tout à fait différents. Par exemple, une porte fermée lentement peut générer un grincement, alors que cette même porte fermée violemment générera un claquement. Si dans ces deux cas, la source est identifiée alors que les sons n'ont pas de similarités perceptives, c'est que nous avons appris ces deux modalités d'excitation. Ceci explique la présence possible d'une même source dans différentes catégories perceptives.

A partir de ce schéma de catégorisation en différents niveaux d'abstraction, nous allons, dans une seconde étape, étudier la structure des catégories que nous supposons être du "niveau de base", c'est-à-dire ce que Rosch (1975) appelle la dimension horizontale ou encore la structure prototypique des catégories. Pour ce faire, nous avons choisi de travailler sur les bruits issus de sources mécaniques, plus agréables à écouter que les bruits électriques ou électroniques.

3. Tâche 2 : catégories du niveau de base

Nous avons supposé à partir de notre schéma que les frottements, grattements, grincements ou encore claquements correspondaient à des catégories perceptives du même niveau d'abstraction. Nous allons maintenant vérifier que les bruits d'une même catégorie sémantique ont des relations de similarités perceptives telles que Rosch (1975) et Tversky (1978) les décrivent.

Afin de sélectionner un corpus de bruits cohérents, nous avons choisi de travailler sur trois catégories de notre niveau de base.

3.1. Méthode

Stimuli : le choix du corpus de sons est déterminant. En effet, pour que l'expérience soit valable, il est nécessaire que le corpus de bruits soit représentatif des trois catégories sémantiques choisies. Pour cela, nous avons demandé à neuf sujets du Laboratoire d'Acoustique Musicale de classer les bruits, par une méthode de choix forcé, dans une liste de seize catégories sémantiques (liste 2). Cette liste quasi exhaustive a été établie à la suite d'une recherche approfondie dans *Le Petit Robert* de tous

les mots définissant à la fois une action et le bruit qui lui est associé.

Claquement	Déchirement	Pétitement
Couinement	Frottement	Racler
Craquement	Froissement	Roulement
Craquètement	Grésillement	Tapement
Crépitement	Grattement	
Crissement	Grincement	

Liste 2 : Liste des catégories sémantiques de la tâche 2

Ainsi, nous avons sélectionné, dans un ensemble de 48 bruits domestiques enregistrés dans les mêmes conditions que dans la première expérience, dix-neuf bruits (liste 3) répartis sur trois grandes catégories sémantiques (figure 3) : "grincements", "frottements" et "grattements raclements".

Procédure : l'objectif étant d'évaluer la similarité entre les objets d'une même catégorie, nous avons adopté la méthode dite de "similarité" (Bonnet, 1986) qui a notamment été utilisée par Grey pour établir son espace des timbres. Cette méthode consiste à écouter chaque paire de bruits formée avec les dix-neuf sons sélectionnés, et à évaluer sur une échelle de 1 à 9 la dissimilarité entre les bruits (1 pour des bruits très similaires et 9 pour très différents). Les paires de bruits sont présentées dans un seul sens et il n'existe pas de paires formées de bruits identiques ; la tâche se compose ainsi de 171 paires. Les sujets sont libres d'écouter les paires de bruits autant de fois qu'ils le souhaitent et subissent au début de la tâche une phase d'apprentissage à l'échelle sur un échantillon de 15 paires. Enfin, les paires sont tirées au hasard. Cette tâche se déroule sur ordinateur et l'écoute est binaurale par écouteurs (Beyerdynamic). La tâche dure en moyenne quarante minutes.

Sujets : cinquante-deux sujets ayant tous une écoute développée, musiciens ou mélomanes, ont participé à cette tâche. De plus, un sujet "témoin" a exécuté la tâche à six reprises afin d'estimer la reproductibilité des résultats.

COMPOSITION DES SONS CHOISIS

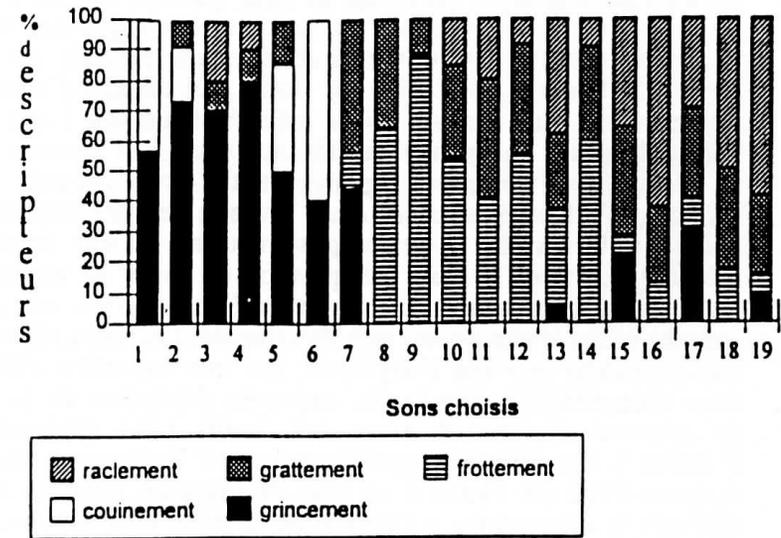


Figure 3 : Pourcentage de cinq descripteurs sémantiques associés à chacun des 19 bruits retenus

- 1 : grincement de chaise
- 2 : grincement d'une porte de placard
- 3 : grincement d'une table
- 4 : grincement de chaise 2
- 5 : grincement d'une porte d'armoire
- 6 : grincement d'une porte de placard 2
- 7 : grincement d'un casse-noix à vis
- 8 : frottement d'une lime à ongle
- 9 : brossage de dents
- 10 : frottement sur du cuir
- 11 : frottement de deux morceaux de liège
- 12 : épiluchage d'une pomme
- 13 : frottement de deux pièces métalliques
- 14 : bombe aérosol
- 15 : fermeture éclair
- 16 : glissement de classeurs de rangement
- 17 : craquement de chaussure
- 18 : bruit de scie
- 19 : pain coupé au couteau

Liste 3 : Sons utilisés pour la tâche 3

3.2. Résultats et discussion

Les résultats du sujet témoin nous montrent que les réponses des candidats sont suffisamment reproductibles puisque ses différentes passations sont corrélées entre elles avec un coefficient de 0,8.

Les 10 sujets qui ont soit utilisé l'échelle à l'envers, soit uniquement deux degrés de l'échelle ont été éliminés. Les résultats ont été reportés dans une matrice dite de dissimilarité. Cette matrice représente la moyenne, pour chaque paire de bruits, des notes de similarité attribuées par les sujets.

Afin de donner une représentation explicite de cette matrice de dissimilarité, nous avons tracé un arbre radial (figure 4) par l'algorithme de Barthélémy et Guénoche (1988) déjà utilisé dans l'analyse des résultats de la première tâche. Nous tenons à signaler que nous avons choisi ce type d'analyse, car, contrairement à l'analyse multidimensionnelle classiquement utilisée pour traiter les résultats de tâches de similarité, elle ne fait aucune hypothèse sur la nature des dimensions perceptives (continues ou booléennes).

Sur la figure 4, les bruits sont représentés par des numéros de 1 à 19, correspondant à ceux de la figure 2. Les nœuds désignés par des lettres de A à H, représentent des prototypes abstraits, dont l'ordre indique les itérations successives de l'algorithme. Les grattements sont représentés par des caractères gras, les grincements par des caractères soulignés et les frottements par des caractères normaux.

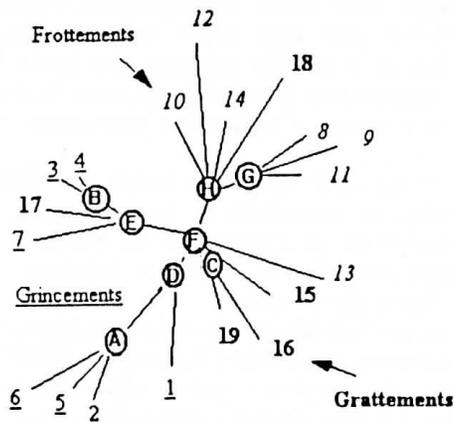


Figure 4 : Analyse arborescente des résultats

Pour estimer la validité des catégories perceptives formées, et pour les comparer aux catégories linguistiques initiales, il est productif d'analyser les différentes étapes de la construction de cet arbre. A la première itération, le score, c'est-à-dire la force du voisinage de chaque paire de bruits parmi les 171 de la tâche, est calculé. Ainsi, l'algorithme regroupe toutes les paires de bruits ayant le score le plus fort, jusqu'à un certain seuil. Pour notre expérience, les bruits 2-5-6 qui étaient à l'origine considérés comme des grincements sont fortement liés et regroupés au nœud A. De même, les sons 3-4 qui étaient également des grincements sont regroupés au nœud B. Le nœud C regroupe lui deux grattements 16-19.

Pour la seconde itération, ainsi que pour les suivantes, tous les bruits regroupés précédemment sont remplacés par le nœud qui les représente dans la matrice de dissimilarité en moyennant leurs distances aux autres bruits. Le score est alors calculé ici par rapport à 105 paires de bruits et de nœuds. A cette itération, les nœuds A et B sont alors regroupés respectivement aux bruits 1 et 7-17. Nous constatons jusqu'ici la formation de deux catégories de grincements qui sont la catégorie 2-5-6-A-1 et la catégorie 3-4-B-17-7. Nous pouvons en déduire que les grincements utilisés dans cette expérience ont de fortes similarités perceptives, mais que la catégorie sémantique "grincement" se partage en au moins deux catégories perceptives distinctes. Nous remarquons également que la catégorie sémantique "frottements" n'est pas encore apparue à ce stade de l'analyse arborescente.

À la troisième itération, le nœud F relie les deux catégories précédentes de "grincements", la catégorie "grattements", ainsi que le "frottement" 13 et le "grattement" 15. Nous remarquons que, tout comme dans la première expérience, les nœuds ne sont pas directement associés à des bruits et correspondent à des références hypothétiques abstraites. Mais, si nous assimilons, comme le suggère l'algorithme, le nœud au prototype de la catégorie qu'il engendre, c'est-à-dire d'après la Théorie du Contraste de Tversky (1978) comme un groupement de traits communs aux éléments de la catégorie, nous pouvons dire que le nœud F maximise la valeur des paramètres pertinents communs aux nœuds C, D, E et aux bruits 13-15. Il est bien évident que ces traits du nœud F sont moins caractéristiques que ceux des nœuds C, D et E, puisque la force du groupement est plus faible. Ainsi, plus les catégories sont regroupées, plus les groupements sont faibles et moins les traits communs ont de significations perceptives. Néanmoins, cette itération a regroupé les deux catégories perceptives de "grincements", ce qui signifie qu'elles ont des traits communs, sans doute peu pertinents pour leurs similarités,

mais essentiels pour leurs différences aux traits des "frottements". Le nœud G regroupe trois "frottements" 8-9-11, mais comme pour le nœud F, les similarités sont assez faibles et sans doute peu caractéristiques.

La dernière itération ferme l'arbre en regroupant les bruits restants, à savoir les "frottements" 10-12-14 et le "grattement" 18, aux nœuds F et G. Nous pouvons conclure sans équivoque que ce groupement final n'a pas de signification perceptive.

En conclusion, les sujets ont formé deux catégories perceptives distinctes de "grincements" qui ont chacune des traits communs pertinents. Ils forment donc une catégorie sémantique qui a une réelle signification perceptive. En revanche, la catégorie sémantique "frottements" fait référence à un éventail de bruits beaucoup trop large pour être définie en termes de similarités perceptives. Cette catégorie ne fait sans doute pas partie du même niveau d'abstraction que la catégorie "grincements" et nous ne pourrions pas mener notre étude plus loin pour cette catégorie de bruits. Enfin, la catégorie "grattements" qui était formée de bruits considérés également comme des grincements, des frottements et des raclements est dans l'ensemble plus proche des "grincements" mais ne forme pas une catégorie perceptive unifiée.

Nous avons, sous le nœud F, une catégorie sémantique qui peut se définir en termes de similarités perceptives dont nous allons étudier la structure interne. Les longueurs de chacune des branches de l'arbre, nous permettent d'estimer le degré de prototypicalité des bruits et ainsi de juger de l'importance relative des paramètres physiques caractérisant les catégories.

La figure 5 nous montre les analyses spectrographiques de chacun des bruits. Cette analyse a été effectuée avec un spectrographe KAY "DSP son-graph model 5 500".

Nous pouvons extraire des bruits ainsi figurés sur ces spectrogrammes, et sur les formes d'onde (figure 6), des paramètres liés à la structure spectro-temporelle des bruits, que nous relierons aux classements effectués. Ainsi, nous émettons l'hypothèse que les classes sont en partie expliquées par ces paramètres.

Ainsi, dans la catégorie représentée par le nœud A, les bruits 5 et 2 sont à une distance équivalente du nœud, tandis que le bruit 6 est plus éloigné. Les analyses spectrales montrent que 2, 5, et 6 sont des bruits harmoniques continus. Les bruits 2 et 5 ont une fréquence fondamentale stable qui est respectivement de 310 Hz et de 470 Hz environ, tandis que le bruit 6 a une fréquence fondamentale qui varie continûment de 1 420 Hz pour le maximum à 750 Hz pour le minimum. Les bruits 2 et 5, ayant une structure spectrale similaire, sont sur la représentation

arborescente plus proches l'un de l'autre que du bruit 6. Nous sommes tentés alors d'inférer que ce nœud A représente, dans le corpus initial, les bruits qui sont à la fois continus et harmoniques.

Les bruits 3 et 4, proches du nœud B, semblent être caractérisés, à la différence de la catégorie formée autour du nœud A, par un train d'impulsions très rapprochées, et assez régulières d'environ une impulsion toutes les 25 ms. D'autre part, ces deux bruits ont des "zones formantiques" similaires. En effet, il apparaît un premier formant entre 2 500 et 2 800 Hz environ et un deuxième formant entre 3 500 et 4 000 Hz pour le bruit 3 et entre 3 900 et 4 200 Hz pour le bruit 4. Le nœud B représenterait alors les bruits qui, dans le corpus initial, sont formés d'impulsions rapides et régulières qui ont une structure spectrale formantique voisine.

La description de paramètres acoustiques communs aux bruits 19 et 16 associés au nœud C est moins évidente que pour les deux catégories précédentes. Ce sont deux bruits à spectre large, mais aucune information pertinente directe ne peut être repérée dans le spectre. Leur structure temporelle est toutefois assez proche, formée de quelques impulsions brèves non régulières. Ces deux bruits ont un rythme très proche.

Le nœud C regroupe le nœud A et le bruit 1. Le bruit 1 n'est ni continu, ni harmonique. L'écoute de ce bruit nous donne cependant une sensation de hauteur qui est due à la présence de partiels dans le spectre. Nous ne pouvons toutefois pas trouver ici de critères objectifs et évidents qui puissent traduire les similarités perceptives entre les bruits de la catégorie liée au nœud D.

En revanche, les bruits associés au nœud E pourraient se décrire par la similitude de leur structure rythmique qui est de surcroît très différente de celle des autres bruits du corpus. Le bruit 17 est formé d'un train d'impulsions extrêmement courtes et se caractérise par une zone formantique très marquée entre 1 500 Hz et 1 900 Hz environ. Le bruit 7 est formé également d'une succession d'impulsions mais beaucoup moins rapides et ayant une durée d'extinction beaucoup plus grande que le son 17.

Enfin le nœud F relie des bruits qui sont à la fois continus et harmoniques, impulsifs et formantiques, impulsifs, discontinus non impulsifs et composés de partiels. Il est intéressant de constater que le bruit 13 qui se rattache directement au nœud F est un bruit discontinu.

Nous avons fait ici une analyse descriptive des sons sur la base de leurs spectres et de leurs formes temporelles. Cette analyse nous a permis de constater que la structure temporelle, ainsi que la présence ou non de raies spectrales, voire d'harmoniques, étaient

des paramètres importants de catégorisation. Cependant, ils sont loin d'être suffisants pour caractériser le timbre d'un grincement ou d'un grattement. En effet, nous avons constaté que l'évolution temporelle du rythme, ainsi que de l'énergie spectrale, étaient des critères importants dans l'existence même des bruits. En effet si nous sélectionnons une impulsion et que nous créons un nouveau bruit par simple reproduction de cette impulsion, ce nouveau bruit ne ressemble à rien de connu. De même, si nous coupons le bruit, le mouvement ne semble pas terminé. Il est donc nécessaire de trouver des paramètres rendant compte de l'évolution de la structure temporelle tant rythmique que spectrale.

4. Conclusion

Cette étude sur la catégorisation perceptive de bruits domestiques nous a, dans une première étape, permis de montrer que les bruits générés par une excitation mécanique pouvaient s'organiser en trois niveaux d'abstraction différents. Un niveau pour lequel seul le type d'excitation est identifié (mécanique, électronique, etc.). Un second niveau, que nous avons défini comme niveau de base, pour lequel le mouvement ou le geste responsables de l'excitation sont identifiés et enfin un troisième niveau pour lequel la source elle-même est identifiée. Dans une seconde étape, nous avons étudié plus précisément les corrélations entre les catégories perceptives de mouvements d'excitations et les termes qui désignent ces mouvements (grattements, frottements et grincements). Nous avons montré que ces trois descripteurs d'excitation ne font pas référence à des catégories perceptives uniques. Le "grincement" correspond à deux catégories perceptives et le "frottement" est un terme générique trop peu précis pour correspondre à des catégories perceptives. Toutefois, nous avons pu décrire les "grincements" et les "grattements" par des caractéristiques spectrales et rythmiques et nous espérons les caractériser par des paramètres d'évolution temporelle d'énergie et de rythme, qui nous permettront de définir des prototypes de grincement et de grattement. Ces résultats prometteurs semblent indiquer que le modèle de catégorisation de Rosch est un bon point de départ pour l'étude du timbre des sons. Nous pouvons espérer pouvoir étudier non seulement l'identification des sons par des individus d'expertise équivalente dans un contexte donné, mais également leur appréciation qualitative (instruments de musique, appareils électroménager (Guyot *et al.*, 1995, etc.), ou encore leur efficacité communicative (bruits d'alarmes).

Références

- Ballas, J. A. (1993) : « Identification of an assortment of brief everyday sounds », *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 19, 250-267.
- Barthélemy, J. P. (1993) : « Similitude, arbres et typicalité » in D. Dubois (éd.), *Sémantique et cognition*, Paris, Editions du CNRS, 205-224.
- Barthélemy, J.-P., Guenoche, A. (1988) : *Les arbres et les représentations des proximités*, Paris, Masson.
- Bonnet, C. (1986) : *Manuel pratique de psychophysique*, Paris, Armand Colin.
- Castellengo, M. (1994) : « La perception auditive des sons musicaux », in A. Zenatti (éd.), *Psychologie de la musique*, Paris, PUF.
- Dubois, D. (1993) : « Catégorisation et cognition : "10 ans après" une évaluation des concepts de Rosch », in D. Dubois (éd.), *Sémantique et cognition*, Paris, Editions du CNRS, 31-54.
- Guyot, F., Castellengo, M., Fabre, B., Piron., C. (1995) : « An experimental method for the analysis of the sound quality of ecological sounds », Congrès ISMA Dourdan.
- Grey, J. M. (1977) : « Multidimensional perceptual scaling of musical timbres », *Journal of the Acoustical Society of America*, 61, 1270-1277.
- Lakoff, G. (1987) : *Women, fire, and dangerous things*, Chicago, University of Chicago Press.
- Krumhansl, C. L. (1978) : « Concerning the applicability of geometric models to similarity data : The interrelationship between similarity and spatial density », *Psychological Review*, 5, 445-463.
- Li, X., Logan, R. J., Pastore, R. E. (1991) : « Perception of acoustic source characteristics : walking sounds », *Journal of Acoustic Society of America*, 90, 3036-3049.
- Lindsay, P. H., Norman, D. A. (1977) : *Traitement de l'information et comportement humain*, Montréal, Editions Etudes vivantes.
- Reed, K. S. (1972) : « Pattern recognition and categorization », *Cognitive Psychology*, 3, 382-407.
- Reep, B. H. (1987) : « The sound of two hands clappings : an exploratory study », *Journal of the Acoustical society of America*, 81, 1100-1109.
- Rosch, E. (1975) : « Family resemblances : studies in the internal structure of categories », *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Rosch, E. (1978) : « Principles of categorisation », in E. Rosch et B. Llyod (éds), *Cognition and categorization*, Hillsdale, L. Erlbaum, 27-47.
- Schaeffer, P. (1966) : « *Traité des objets musicaux* », Paris, Editions du Seuil.