

10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

Catégorisation de sons environnementaux sur la base de profils morphologiques

Antoine Minard¹, Nicolas Misdariis², Olivier Houix², Patrick Susini²

¹ LEPTIAB, Avenue Michel Crépeau, 17042 La Rochelle Cedex 1, France, antoine.minard@univ-lr.fr

² Ircam UMR-STMS CNRS, 1, place I. Stravinsky, 75004 Paris, France, {misdarii,houix,susini}@ircam.fr

Dans cette étude, nous partons du principe que les profils morphologiques permettent de décrire de manière pertinente l'évolution temporelle de certains paramètres du son et de proposer une structure d'indexation et de classification prenant en compte ces évolutions. Nous nous intéressons plus particulièrement ici aux évolutions du niveau sonore (profils dynamiques) et de la prosodie (profils mélodiques). Les principaux objectifs visés sont les suivants : l'extraction de classes de profils morphologiques pour les sons environnementaux, la définition d'un formalisme symbolique permettant de décrire graphiquement ces profils et la modélisation des classes par des descripteurs calculés sur les paramètres spectro-temporels du signal. Nous présentons ici la partie expérimentale de l'étude réalisée à partir d'un corpus de 55 sons issus d'une étude connexe portant sur l'identification des sons environnementaux. L'expérience se décompose en deux parties. Dans un premier temps, on demande aux participants d'effectuer une classification libre du corpus selon des critères morphologiques ; afin d'imposer ces critères particuliers de classification, il est également demandé de tracer les profils correspondant aux classes identifiées. Dans un second temps, on demande à de nouveaux participants de tracer le profil des classes « moyennes » issues d'une analyse des données de catégorisation (analyse de cluster). Les résultats les plus significatifs sont obtenus pour les profils dynamiques et font apparaître 6 classes de sons possédant chacune des spécificités morphologiques (stable, train d'impulsions, impulsif, roulement, crescendo et decrescendo) avec leur représentation symbolique associée. Ces résultats ainsi que les différents aspects de l'expérience seront exposés en détail. En guise de perspective, la partie de l'étude concernant la modélisation sera présentée et des premières pistes de recherche - le cas échéant, des premiers résultats - seront données. Les conclusions de l'expérience sur les profils mélodiques ainsi que la possibilité d'étendre cette approche à d'autres classes de sons seront également discutées.

1 Introduction

La problématique de la description des sons environnementaux a suscité un grand intérêt de nombreux chercheurs, du fait de son application évidente dans le domaine de l'indexation et la classification des échantillons sonores. Ce domaine a été fortement développé compte tenu du besoin récurrent d'algorithmes efficaces de « navigation par le contenu » et de « recherche par similarité », particulièrement lorsque l'on manipule de larges bases de données. Cependant, les recherches se sont majoritairement portées sur les paramètres acoustiques (sonie, hauteur tonale, timbre, ...) ou sur la reconnaissance de la source physique du son. Ces éléments ne prennent pas en compte la description de l'évolution au cours du temps de certains paramètres du son.

En revanche, Schaeffer [1], par la suite repris par Chion [2], a abordé cette problématique et a proposé un système de description selon sur trois points de vue :

- l'écoute *causale*, liée à la reconnaissance de la source physique du son ;
- l'écoute *sémantique*, liée à la signification du son, à l'information qu'il fournit ;
- l'écoute *réduite*, liée aux caractéristiques inhérentes au son, indépendamment de sa

cause et de sa signification.

Bien que cette structure de description soit à l'origine définie dans un cadre musical, il est évident que les deux premiers points de vue s'appliquent de même naturellement aux sons de l'environnement, par définition non-musicaux. Nous étudions ici la possibilité d'appliquer le troisième point de vue, au moins en partie, à ces mêmes sons de l'environnement. Ce dernier point de vue conduit au concept d'objet sonore, défini selon 7 critères *morphologiques* : la masse, le timbre harmonique, le grain, l'allure, la dynamique, le profil mélodique et le profil de masse. Parmi ceux-ci nous nous intéressons plus particulièrement au profil mélodique et à la dynamique (ou profil dynamique). L'intérêt de ces deux types de profils morphologiques est de décrire avec pertinence l'évolution au cours du temps, respectivement, de la hauteur tonale, et de l'intensité sonore. De ces éléments découle naturellement le besoin d'une structure pertinente d'indexation et de classification prenant en compte ces évolutions.

Cette étude vise donc globalement trois objectifs : la définition de classes de profils morphologiques adaptées aux sons environnementaux, la conception d'un formalisme pour la description de ces profils (sous forme symbolique), et l'implémentation d'un modèle d'indexation

automatique d'échantillons sonores sur la base de cette description. Nous abordons, dans la suite de l'article, seulement les deux premiers points, le troisième faisant partie des perspectives de ce travail en cours.

1.1 État de l'art

Dans un cadre général, Godøy [3] et Van Nort [4] ont abordé la problématique des profils morphologiques et de leur mode de représentation. Ils ont démontré que l'objet sonore – défini à la manière de Schaeffer – possède des composantes morphologiques intrinsèques et que ces propriétés dynamiques définissent un geste sonore (ou musical) associé. Celui-ci participe à la caractérisation du son en tant que tel et peut, par ailleurs, être exploité à des fins de contrôle en réalisant une correspondance entre le geste produit et une typologie de sons préalablement définie.

Jensenius [5] a, quant à lui, tenté d'aborder la question du mode de représentation de l'objet sonore, en adoptant une démarche expérimentale de tracé des profils. Lors de l'expérience réalisée, des participants devaient « dessiner le mouvement associé au son » tel qu'ils le percevaient, sans pouvoir visualiser à posteriori leur tracé. Un point important est qu'aucune consigne particulière n'était précisée concernant le type de dessin ou les critères à utiliser. La raison de ce choix réside dans la volonté d'observer le comportement et la stratégie naturellement adoptée par les participants. Une conclusion importante de ce travail exploratoire était que les participants, selon leur expertise musicale, ont adopté des stratégies différentes. On constate toutefois que cette stratégie est souvent guidée par l'identification de la source physique du son ou de l'action l'ayant produit.

Par ailleurs, dans le contexte de l'indexation de grandes bases de données, le projet Ecrins [6] a également permis d'aboutir, notamment, à deux résultats particulièrement intéressants dans le cadre de notre étude. D'une part, un formalisme de description a été proposé à partir d'une analyse phénoménologique des sons de l'environnement. Des critères ont été identifiés (profil dynamique, profil mélodique, attaque, espace, texture, etc. . .) et ont servi de base à la construction d'une bibliothèque de sons prototypes illustrant ces descripteurs à l'aide d'une double représentation (son de synthèse / son réel). Des propositions de représentations symboliques (icônes, lettres, etc. . .) ont également été faites pour définir chacun de ces critères [7]. Concernant les profils morphologiques, quelques classes élémentaires ont ainsi été identifiées empiriquement :

- pour les profils dynamiques, *croissant*, *décroissant*, *croissant/décroissant*, *stable* et *impulsif* ;
- pour les profils mélodiques, *croissant*, *décroissant*, *croissant/décroissant*, *décroissant/croissant* et *stable*.

Cette partie de l'étude a également abouti à un modèle d'indexation automatique fondée sur cette représentation à l'aide de descripteurs calculés à partir d'une évaluation instantanée de la sonie.

D'autre part, la validation perceptive des idées précédentes a été entreprise, en mettant en jeu un paradigme expérimental en trois étapes pour exploiter les hypothèses de description sur les profils dynamique

et mélodique : i/ classification libre et description (de chaque son) sur des critères morphologiques ; ii/ tracé des profils pour chaque son ; iii/ reconnaissance des sons à partir de portraits verbaux [Rioux, rapport interne].

Les principaux enseignements à tirer de cette seconde partie de l'étude sont :

- concernant les stimuli, les différentes phases du paradigme expérimental utilisaient des corpus de sons différents (11 sons pour la phase i/, 9 pour la phase ii/ et 8 pour la phase iii/), avec toutefois quelques sons en commun (2 sons entre les phases i/ et ii/). Il est cependant important de noter que les sons utilisés, notamment dans la phase ii/ (tracé des profils), étaient, pour la grande majorité d'entre eux, des sons synthétiques, volontairement difficile à identifier en termes de source physique.
- concernant les résultats de la phase i/, différents types de descriptions verbales ont été utilisés : vocabulaire shaefferien, description causale, description spatiale, hauteur, description relative à d'autres sons, onomatopées. Les résultats de classification n'ont pas été exploités.
- concernant les résultats de la phase ii/, qui nous intéresse plus particulièrement, les tracés de profil ont été moyennés sur l'ensemble des participants, ce qui pose un problème pour les sons présentant des variations relativement rapides (synchronisation entre les participants). Ces tracés moyens ont été corrélés avec l'évolution temporelle de descripteurs audio : la sonie pour les profils dynamiques ; la fréquence fondamentale, le centroïde spectral et l'acuité pour les profils mélodiques. La sonie est bien corrélée (coefficient de corrélation supérieur à 0,8) pour 5 sons sur 9, le centroïde spectral et l'acuité le sont chacun pour 1 son sur 9, tandis que la fréquence fondamentale ne l'est jamais – peut-être à cause du choix de la méthode d'extraction. En outre, la résolution temporelle des 4 descripteurs semble trop importante, ce qui peut amener à détériorer significativement les scores de corrélation.

1.2 Problématique

La principale différence entre l'étude actuelle et celle réalisée dans le projet Ecrins réside dans la nature même des sons : [Rioux] étudie des sons difficilement identifiables alors que c'est plutôt le contraire dans le cas présent. En prenant en compte, l'une des principales conclusions de l'expérience de [Rioux] : « Malgré la consigne, des descripteurs typiquement causaux ont souvent été utilisés ». Il apparaît donc difficile, dans notre cas, de demander aux participants de décrire la morphologie puisqu'ils seront trop facilement tentés par une description de la source physique.

Par conséquent, pour éviter de trop se disperser dans l'étude de la morphologie des sons, et pour être le plus proche de la notion de *profils*, il semble important d'avoir une phase de classification des sons en quelques profils prototypiques, de sorte à éviter d'avoir une description trop précise des évolutions temporelles (problème qui survient lorsque l'on demande le tracé

de chaque son). Par ailleurs, il apparaît également judicieux, dès cette première phase, de demander aux participants de tracer les profils de leurs propres classes de sons, de manière à les obliger à se concentrer sur les principaux « traits » morphologiques communs aux sons de chacune des classes.

2 Approche expérimentale

2.1 Présentation

L'étude expérimentale de la perception des profils morphologiques a été effectuée sur un sous-ensemble de 55 sons extraits de la base de travail du projet SampleORchestrator [8]. Ces sons provenaient notamment de différentes bases de données commerciales de sons environnementaux (Blue Box, Hollywood Edge, Sound Ideas, ...). Leur sélection a été faite de sorte à échantillonner de manière exhaustive les différents types d'événement sonore présentant un fort intérêt du point de vue de leur morphologie (dynamique et/ou mélodique).

Le protocole expérimental comporte deux expériences distinctes. La première a pour but d'identifier les principales classes morphologiques sur la base de critères dynamiques et mélodiques. La seconde vise à obtenir les tracés des profils correspondant aux classes identifiées, afin d'établir un formalisme symbolique.

2.2 Expérience 1 : Classification morphologique

Principe : Cette première expérience comporte deux phases : dans un premier temps, une classification libre sur des critères morphologiques, puis le tracé des profils correspondants aux classes identifiées. L'intérêt de ce paradigme réside dans le fait que les participants, sachant qu'ils devront tracer les profils de leurs classes, sont « forcés » à effectuer la classification selon des critères morphologiques. En effet, compte tenu de la difficulté des participants à utiliser uniquement des critères de classification morphologiques et de la tentation d'utiliser, au contraire, des critères de type causal, il est apparu indispensable d'associer à la tâche de classification cette tâche de tracé des profils.

L'inconvénient majeur est la difficulté de traitement des tracés de différents participants qui n'ont a priori pas les mêmes classes. Par conséquent, les tracés obtenus n'ont pas été exploités dans cette étude ; ici, la seule raison d'être de cette tâche est d'imposer les critères de classification. Les tracés obtenus dans l'expérience 2 (section 2.3), en revanche, permettront d'établir un formalisme symbolique car les classes seront alors fixées.

Participants : L'expérience est réalisée avec 19 participants (14 hommes / 5 femmes), tous experts dans le domaine de la musique et du son (musiciens, ingénieurs du son, personnes travaillant régulièrement dans des environnements audionumériques, etc...). Le choix de ne sélectionner que des participants ayant une certaine expertise dans les domaines précités est dû au fait que le

concept de morphologie du son nécessite une connaissance des attributs élémentaires d'un son (ici, intensité et hauteur tonale).

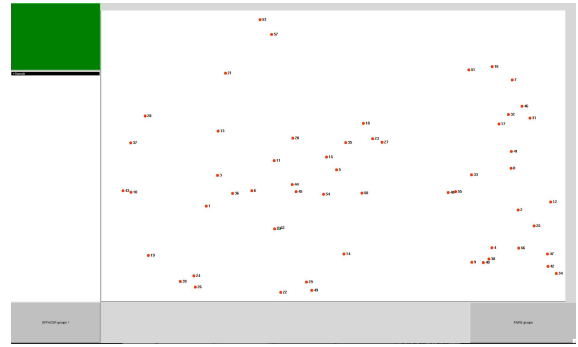


FIGURE 1: Expérience 1 : interface graphique Matlab de classification.

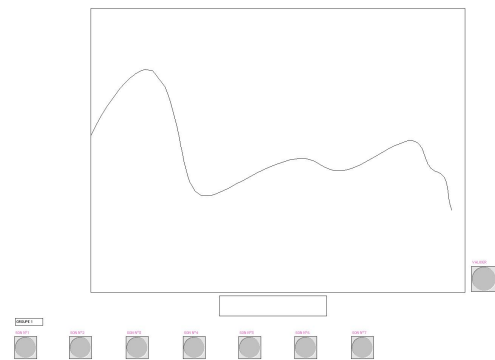


FIGURE 2: Expérience 1 : Interface graphique Max/MSP de tracé.

Déroulement : Une interface graphique de classification libre sous Matlab (figure 1) permet de constituer les classes morphologiques et une interface temps-réel sous Max/MSP (figure 2) reliée à une tablette WACOM Intuos [9] permet de saisir les tracés des profils morphologiques. La communication entre les deux environnements s'effectue grâce au protocole OSC (*OpenSound Control*).

En pratique, le participant écoute les sons (points rouges sur la figure 1) et les regroupe graphiquement pour former les classes morphologiques. Puis, pour chaque classe créée, le système bascule de l'interface Matlab à l'interface Max/MSP, où le participant, à l'aide de la tablette graphique et du stylet associé, trace dans le cadre prévu à cet effet le profil correspondant à l'ensemble des sons de la classe (qu'il peut par ailleurs réécouter à sa guise au cours de cette étape). Cette procédure permet au participant d'ajuster sa classification (la possibilité d'annuler un groupe créé lui étant donnée) lorsque vient la phase de tracé. De cette manière, la classification du participant se rapproche au mieux du concept de profils morphologiques.

La procédure est répétée successivement pour les profils dynamiques et les profils mélodiques.

Analyse & résultats : Les données issues de cette expérience ont la forme de « matrices d'incidence indi-

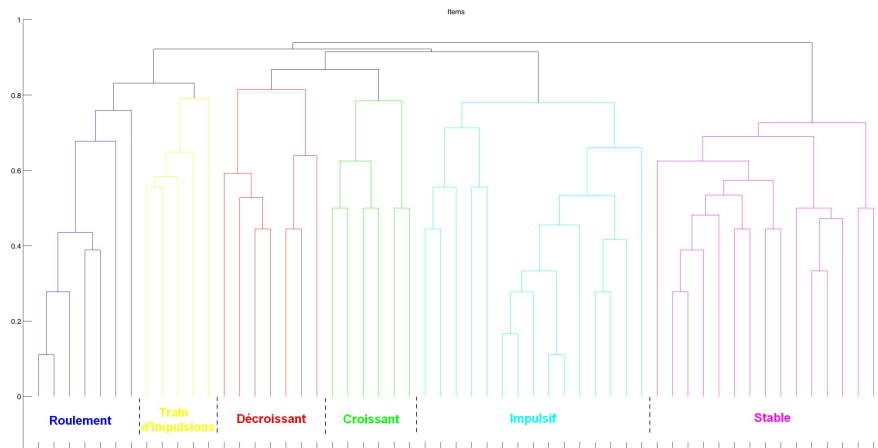


FIGURE 3: Résultats de l'expérience 1 : représentation en arbre de la classification sur la base de critères dynamiques.

viduelles » qui, sommées, forment une « matrice de co-occurrence » représentant combien de participants ont placé chaque pair de sons dans un même groupe. On obtient alors une représentation en arbre en appliquant un algorithme d'analyse de cluster (UPGMA – méthode « *average* » [10]). Dans une telle représentation, la distance séparant deux sons correspond à la hauteur du nœud qui les relie.

Les résultats concernant les profils mélodiques se sont avérés non concluants. En effet, l'analyse n'a pas permis d'obtenir des classes mélodiques stables. L'une des causes de cette impasse est certainement à chercher dans les sons eux-mêmes (par nature environnementaux donc ne possédant pas, pour la plupart, de hauteur tonale bien définie), d'où la difficulté des participants à classer les sons selon des critères mélodiques.

En revanche, les résultats concernant les profils dynamiques sont plus tangibles. Parmi les 26235 triplets que l'on peut former à partir de 55 sons, 80 % vérifie l'inégalité ultramétrique (voir [10] pour plus de précisions), ce qui démontre l'adéquation de ce type de représentation aux données. La figure 3 montre la représentation en arbre obtenue et permet d'identifier les 6 classes dynamiques pour les sons environnementaux. Une écoute approfondie des sons constituant chaque classe nous a permis d'identifier les traits morphologiques communs de chacune des 6 classes que nous nommerons par commodité (respectivement, de gauche à droite sur la figure 3) : *roulement*, *train d'impulsions*, *décroissant*, *croissant*, *impulsif* et *stable*.

2.3 Expérience 2 : Tracé des profils morphologiques

Principe : Une seconde expérience est réalisée, sur la base de l'analyse des données individuelles de classification obtenues à l'étape précédente et l'extraction des classes moyennes : elle consiste à demander aux participants de tracer le profil correspondant à chacune de ces classes. Il est également demandé de juger la pertinence des classes proposées sur une échelle allant de 0 (« pas du tout pertinent ») à 10 (« tout à fait pertinent »). Les participants jugeant les mêmes classes, il est alors plus aisé de comparer les tracés individuels afin d'obtenir des éléments de formalisme symbolique

et d'associer, à terme, un symbole à chaque classe. De plus, les jugements de pertinence permettront également de vérifier la robustesse de classification. L'expérience 1 n'ayant pas donné de résultats significatifs pour les profils mélodiques, cette seconde expérience ne concerne que les profils dynamiques. Il est à noter que la terminologie de classification dynamique introduite dans l'analyse des résultats de l'expérience 1 n'a pas été utilisée dans cette expérience. Ici, chaque classe n'est donc pas désignée par une étiquette plus ou moins arbitraire mais identifiée par les sons qui la constituent. En d'autres termes, l'interprétation de chaque classe par les auditeurs se fait par l'écoute des sons qu'elle comprend.

Participants : Cette expérience est réalisée avec 19 participants (12 hommes / 7 femmes, différents de ceux de l'expérience 1), également tous experts dans le domaine de la musique et du son pour les mêmes raisons que lors de l'expérience 1.

Déroulement : Une interface temps-réel sous Max/MSP (figure 2), similaire à celle utilisée dans l'expérience 1, et également reliée à une tablette WACOM Intuos, permet de recueillir les données morphologiques et les jugements de pertinence. Chaque participant doit successivement écouter l'ensemble des sons d'une classe, effectuer le tracé du profil dynamique commun pour cette classe, et établir son jugement de pertinence grâce à un curseur. Il est à noter que les sons présentés pour chaque classe sont exactement ceux issus de l'analyse des résultats de l'expérience 1.

Analyse & résultats : Cette expérience confirme, en premier lieu, la configuration de classification « moyenne » obtenue à l'étape précédente : la moyenne des jugements varie entre 6.5 et 8 (écarts-type entre 1 et 2.5). La figure 4 illustre ces résultats. La classe *décroissant* est celle qui allie le mieux pertinence et stabilité de jugement (note moyenne proche de 8 et écart-type proche de 1). Cela peut s'expliquer par le fait que ce comportement dynamique correspond à la structure temporelle la plus courante pour les sons de l'environnementaux (attaque puis atténuation). A l'inverse la classe *train d'impulsions* a été jugée en moyenne moins pertinente mais de manière disparate (note moyenne proche

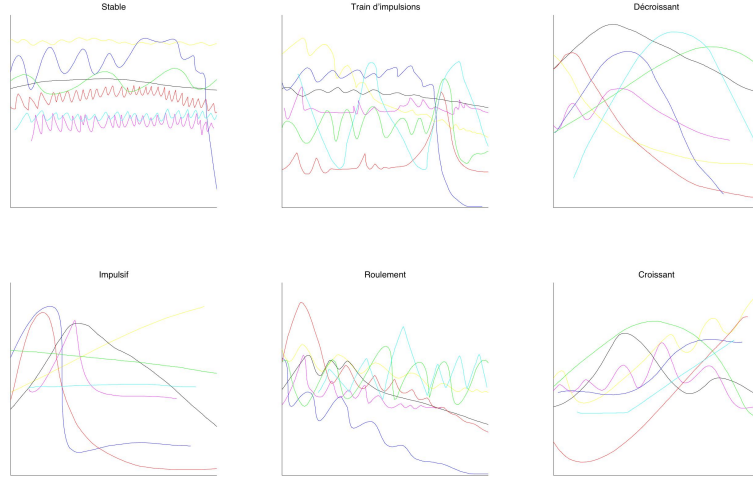


FIGURE 5: Résultats de l'expérience 2 : exemples de tracés obtenus.

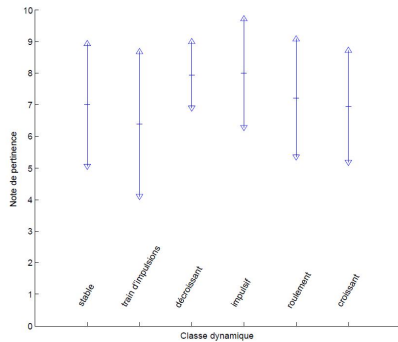


FIGURE 4: Résultats de l'expérience 2 : jugements de pertinence / notes moyennes et écarts-type.

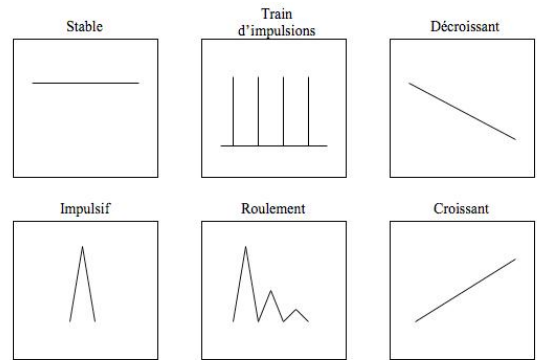


FIGURE 6: Résultats de l'expérience 2 : formalisme symbolique proposé.

de 6.5 et écart-type proche de 2.5). Ceci peut s'expliquer par le fait que cette classe était quantitativement la moins représentée et par le fait que les sons la constituant étaient de nature physique assez différente. Les quatre autres classes présentent des résultats intermédiaires mais toutefois satisfaisants.

La figure 5 présente quelques tracés individuels (chaque couleur correspond à un même participant) obtenus au cours de cette expérience. Elle illustre une certaine disparité d'interprétation des différentes classes, puisque les tracés sont difficilement superposables. Cela pourrait suggérer la nécessité d'une phase d'apprentissage plus poussée afin de sensibiliser les participants à la notion de profil dynamique. Cependant, on peut, en extrapolant l'allure des courbes de chaque classe, détecter des « traits » communs sur lesquels les interprétations semblent converger vers notre analyse initiale des classes. L'observation de ces traits communs nous a permis d'établir un formalisme symbolique permettant de représenter le profil dynamique de chaque classe (figure 6).

2.4 Discussion

À la lumière des résultats de ces deux expériences, il apparaît que plusieurs éléments de conclusion, bien que relativement conformes à notre ambition initiale, sont toutefois tempérés par une certaine difficulté des

participants à appréhender cette notion de profil morphologique. On peut notamment constater que notre choix de participants, basé sur leur expertise dans le domaine du son, n'a pas été suffisant pour réduire cet état de fait : tous les participants ne parvenaient pas systématiquement à analyser séparément les évolutions de l'intensité sonore et de la hauteur tonale, et tous ne semblaient pas affranchir leur jugement de la cause physique des sons. Si l'analyse des classes et des profils dynamiques n'a pas trop souffert de ce problème, le cas mélodique semble en avoir pâti considérablement. Un autre résultat quelque peu décevant vis-à-vis de nos attentes, mais cependant prévisible, réside dans la disparité des tracés dynamiques obtenus dans l'expérience 2. Notre volonté était d'obtenir des tracés représentant les principaux traits de l'évolution dynamique, communs à tous les sons de chaque classe. Plutôt que de demander un tracé pour chaque son, ce qui était la stratégie généralement entreprise dans la littérature, nous nous sommes attachés pour cela à imposer un seul tracé pour toute une classe de sons. Si l'observation des traits récurrents pour chaque classe nous a tout de même autorisés à établir un ensemble de symboles, nous n'avons pas pu, comme nous le souhaitions au départ, tirer ce formalisme d'un traitement mathématique des tracés (par exemple, un moyennage, après une certaine forme de synchronisation, des tracés). Ce point stigmatise la

problématique du choix de la stratégie expérimentale adoptée : on peut, d'un côté, entreprendre d'obtenir des résultats fidèles à la représentation perceptive de la morphologie des sons, en laissant un maximum de liberté aux participants, ce qui a notamment été choisi dans [5] ; on peut, à l'inverse, contraindre au maximum la tâche à effectuer, afin d'être sûr d'obtenir des résultats exploitables et applicables, mais au détriment toutefois de la validité écologique. Nous avons tenté d'établir un protocole expérimental intermédiaire entre ces deux approches opposées, mais il semble difficile de trouver le juste compromis.

3 Conclusion & Perspectives

Au cours de cette étude, nous avons abordé la problématique de la description des sons environnementaux sur la base de profils morphologiques. Une analyse approfondie des travaux déjà entrepris dans ce domaine nous a permis d'identifier les difficultés inhérentes à ce type d'expérimentation, et nous a permis de concevoir un protocole expérimental permettant d'extraire les principales classes de profils morphologiques et les symboles associés. L'intérêt de cette procédure expérimentale est de focaliser l'attention des participants sur les critères morphologiques liées à une tâche de tracé de profils. Les résultats de ce travail se sont avérés concluant pour les profils dynamiques, où une classification en 6 grandes catégories de profils – (*roulement*, *train d'impulsions*, *décroissant*, *croissant*, *impulsif* et *stable*) – à laquelle nous avons pu associer un formalisme symbolique, a émergé. Cette classification et le formalisme associé semblent rejoindre, au moins en partie, la description établie par Peeters et al. [7]. Les résultats semblent moins probants concernant les profils mélodiques, les participants éprouvant des difficultés à se concentrer sur ces critères, ce qui peut remettre en cause la pertinence de la description des sons environnementaux fondée sur les profils mélodiques.

Concernant les profils dynamiques, les perspectives peuvent être les suivantes : à court terme, affiner la proposition de symboles basés sur le tracé des participants. Il conviendrait, pour cela, d'effectuer une troisième expérience perceptive, proposant à de nouveaux participants d'associer à chaque son d'un corpus élargi un des 6 symboles extraits, validant ainsi le formalisme établi. L'étape suivante est d'utiliser les règles de classification ainsi extraites, ainsi que le corpus classifié obtenu comme base d'apprentissage validée perceptivement, afin de développer un algorithme d'indexation automatique sur la base de descripteurs spectro-temporels à identifier. Dans cette perspective, il conviendrait de tenter d'adapter le modèle établi par Peeters et al. [7], où des calculs de pente et de durée des parties ascendantes et descendantes de la sonie instantanée semblent permettre de recouvrir une grande partie de la classification en profils dynamiques identifiée ici.

Concernant les profils mélodiques, il faut avant tout s'interroger sur la pertinence d'appliquer une telle notion au cas de sons environnementaux et, le cas échéant, adapter la méthodologie expérimentale afin d'obtenir des résultats comparables à ceux obtenus pour les pro-

files dynamiques. Il pourrait également être intéressant, afin de confirmer ou d'infirmer l'adéquation de la description en profils mélodiques aux sons de l'environnement, de tester la troisième expérience envisagée, et exposée précédemment, avec les profils définis par Peeters et al. [7].

En termes de perspectives à court terme, un travail actuellement mené vise à élaborer des primitives gestuelles associées à des descriptions d'événements sonores. L'hypothèse de départ est que les sons du quotidien peuvent être décrits par des gestuelles associées soit au mode de production du son (impact, frottement, ...), soit au profil morphologique de ses caractéristiques (dynamique, mélodique, ...). L'objectif est de comprendre et de modéliser ces représentations gestuelles couplées à un dispositif de captation. Les primitives obtenues détermineront un vocabulaire gestuel associé et reconnu par le dispositif. Ces connaissances devraient permettre à terme de déterminer le type de métaphores sonores à mettre en oeuvre pour favoriser une interaction avec un dispositif engageant un geste donné. Ce travail est effectué dans le cadre de la COST Action SID [11], programme européen mené dans le cadre du design sonore interactif.

Références

- [1] Schaeffer P., "Traité des objets musicaux", *Seuil*, Paris (1966).
- [2] Chion M., "Guide des objets sonores", *Buchet/Chastel*, Paris (1983).
- [3] Godøy R.I., "Gestural-Sonorous Objects : embodied extensions of Schaeffer's conceptual apparatus", *Organised Sound*, 11 (2), 149-157 (2006).
- [4] Van Nort D., "Instrumental Listening : sonic gesture as design principle", *Organised Sound*, 14 (2), 177-187 (2009).
- [5] Jensenius A.R., "Action – Sound : Developing Methods and Tools to Study Music-Related Body Movement", Ph.D. thesis, Department of Musicology, University of Oslo (2007).
- [6] projet ECRINS, "Environnement de Classification et de Recherche Intellectuelle des Sons", PRIAMM (2002), http://www.ircam.fr/309.html?tx_ircamprojects_pi1%5BshowUid%5D=17&tx_ircamprojects_pi1%5BpType%5D=p&cHash=1717a2dcdc
- [7] Peeters G., Deruty E., "Automatic morphological description of sounds", *Acoustics'08*, Paris (2008).
- [8] projet SampleORchestrator, ANR/RIAM (2009), [http://www.ircam.fr/306.html?L=1%3Cbr&tx_ircamprojects_pi1\[pType\]=p&tx_ircamprojects_pi1\[showUid\]=36&cHash=5c5575122c](http://www.ircam.fr/306.html?L=1%3Cbr&tx_ircamprojects_pi1[pType]=p&tx_ircamprojects_pi1[showUid]=36&cHash=5c5575122c)
- [9] [Wacom], Wacom Pen Tablet, <http://www.wacom.com/intuos/>
- [10] Legendre P., Legendre L., "Numerical Ecology", *Development in environmental modelling*, Elsevier, second english edition (1998).
- [11] Sonic Interaction Design (SID) – COST IC0601 Action, <http://www.cost-sid.org/>