

Méthodes et Outils pour Définir et Véhiculer une Identité Sonore

Maxime Carron

▶ **To cite this version:**

Maxime Carron. Méthodes et Outils pour Définir et Véhiculer une Identité Sonore. Sciences de l'information et de la communication. Université Paris 6 (UPMC), 2016. Français. ⟨NNT : ⟩. ⟨tel-01321199⟩

HAL Id: tel-01321199

https://hal.science/tel-01321199v1

Submitted on 25 May 2016

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

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



HAL Authorization

Université Pierre et Marie Curie

École Doctorale ED3C

IRCAM / Équipe Perception et Design Sonores

Méthodes et Outils pour Définir et Véhiculer une Identité Sonore

Application au design sonore identitaire de la marque SNCF

Par **Maxime CARRON**

Thèse de doctorat de Sciences Cognitives

Dirigée par Patrick SUSINI

Présentée et soutenue publiquement le 26 avril 2016

Devant un jury composé de :

Stephen McADAMS	McGill University, Montreal, CA	Rapporteur
Jean-François PETIOT	École Centrale de Nantes	Rapporteur
Michèle CASTELLENGO	CNRS, UPMC, paris	Présidente du Jury
Philippe LANGLOIS	Università di Venezia, IT	Examinateur
Davide ROCHESSO	École Supérieure des Beaux-arts, Le Mans	Examinateur
Alain GOUDEY	Neoma Business School, Reims	Invité
Françoise DUBOIS	SNCF Innovation & Recherche, Paris	Encadrante
Nicolas MISDARIIS	STMS CNRS/IRCAM/UPMC, Paris	Co-encadrant
Patrick SUSINI	STMS CNRS/IRCAM/UPMC, Paris	Directeur de thèse

« Cela est étrange [...] quand, au milieu de la horde de matériaux que la perception se charge de véhiculer de l'expérience jusqu'à nous, un détail, et un seul, celui-là, s'extrait du magma du tout et, échappant à tout contrôle, réussit à blesser la surface de notre non-attention automatique. Il n'y a en général pas de raison pour que des instants comme celui-là aient lieu, et pourtant ils ont lieu, allumant soudainement en nous une émotion inhabituelle. Ils sont comme une promesse. Ils promettent des mondes. »

Alessandro Baricco - *City*

Résumé Les marques cherchent à communiquer leur identité à travers de nouveaux vecteurs d'émissions. Aujourd'hui, l'identité sonore des marques concerne principalement les musiques associées aux publicités ou diffusées sur les points de vente, ainsi que des éléments de communication comme la voix ou les jingles. Dans cette thèse, nous nous intéressons au design sonore des produits et équipements en tant que vecteur de l'identité de marque. Comment prendre en compte l'identité de la marque dans les spécifications communiquées à un designer sonore ? De quelle marge de manœuvre dispose-t-on pour véhiculer une identité par un son produit par un objet mécanique ou diffusé sur un support numérique ? Nous proposons une méthodologie de design sonore identitaire permettant de traduire les valeurs d'une marque en termes sonores, et de véhiculer l'identité sonore ainsi définie sur une série d'objets caractéristiques de la marque. A partir d'une analyse d'un grand nombre d'études sur la perception des sons, nous avons établi un lexique sonore de 35 termes adapté à la description des différentes caractéristiques du son. Nous proposons d'utiliser ce lexique ainsi que deux outils de communication, des planches de tendances et un « jeu de cartes sonores », pour traduire les valeurs identitaires d'une marque en termes sonores compréhensibles par tous les acteurs du projet en design sonore, qu'ils aient ou non une expertise dans le domaine du son. Nous proposons également une méthode d'analyse fonctionnelle permettant de traduire à l'aide du lexique les contraintes techniques liées à la nature ou à la fonction de l'objet choisi pour véhiculer l'identité. Cette méthode repose sur une expérience originale, l'indexation sonore, inspirée de l'analyse sensorielle. La méthodologie proposée a été appliquée au design de l'identité sonore de la marque SNCF véhiculée à travers différentes sources (alarmes, composteurs, tableau d'affichage, validations électroniques...). L'originalité de nos recherches réside dans leur caractère interdisciplinaire, reliant les domaines du marketing, du design, de l'analyse sensorielle et de la perception auditive. Ces travaux ont permis de construire et de tester des méthodologies et outils facilitant la communication dans le design sonore, et ont montré que l'identité des marques pouvait s'exprimer à travers la conception des sons de leurs produits et équipements.

Abstract Brands are today looking for new ways to convey their identity. Currently, brands sound identity is mostly based on music for ads or for selling places, and communication elements like voice or jingles. In this thesis, we focus on products sound design as a way to convey brand identity. Is it possible to take into account brand values in the writing of the requirements for a sound designer ? For a given object, what are the relevant design features to consider in order to communicate a desired identity ? In our works, we propose a sound design methodology for the translation of brand values into sound attributes, and for conveying the resulting sound identity through a series of products. Based on the analysis of several studies on sound verbal description, we elicited a sound lexicon of 35 words adapted to the description of sound properties. We propose to use this lexicon along with two communication tools, moodboards and a "sound design deck", to translate brand identity into words easily understandable by both experts and non-experts. We also propose a methodology for linking the physical constraints of the objects to design to words of the lexicon. This method is based on a sound indexing experiment, inspired from sensory analysis. The methodology we propose is applied to the design of SNCF sound identity through different elements (alarms, validating machines, split-flap displays...). The originality of this work resides in its interdisciplinarity combining different approaches such as marketing, design, sensory analysis and auditory perception. This work proposes both methodologies and tools that facilitate communication in sound design, and shows that it is possible to convey brand identity through products sound design.

Remerciements

Mes premiers remerciements vont à Françoise Dubois, Nicolas Misdariis et Patrick Susini pour m'avoir accompagné, guidé, conseillé, encouragé, modéré ou contredit pendant ces trois années de recherches. Merci pour votre soutien, votre patience, votre disponibilité et surtout pour votre bonne humeur. Vous avez tous joué des rôles complémentaires et essentiels dans votre encadrement de ces recherches, la liste des nombreuses choses que vous m'avez apportées est bien trop longue pour que j'en fasse ici l'inventaire complet (d'autant plus que le manuscrit fait déjà 300 pages...), mais je vous remercie chaleuresement pour tout. Merci d'avoir cru en moi. Merci également à Cédric Gallais qui a initié ces travaux de recherche, qui m'a fait confiance et m'a permis de rejoindre l'aventure ferroviaire avec ce projet un peu fou (et un peu flou) mais fascinant.

Je tiens également à remercier les deux rapporteurs de mes travaux, Jean-François Petiot et Stephen Mc Adams, ainsi que les examinateurs, Michèle Castellengo, Philippe Langlois, Davide Rocchesso, ainsi qu'Alain Goudey, pour avoir accepté de consacrer leur temps à le lecture critique de ce manuscrit. Merci également pour toutes les discussions passionnantes que nous avons eu le jour de la soutenance de ces travaux.

Je remercie infiniment les designers sonores Ludovic Germain et Romain Barthélémy de l'agence de design sonore LAPS pour leur contribution enthousiaste et de très grande qualité à ses travaux, ainsi que pour leur ouverture d'esprit et leur curiosité qui les a motivé à travailler sur ce projet de recherche. Un très grand merci au designer sonore Thomas Rotureau, sans qui la création et le développement du lexique sonore n'existerait pas. Merci pour ta contribution de très grande qualité, pour ta sympathie, et pour toutes les étincelles de créativité que tu t'efforçais de semer en nous.

Je remercie Thomas Buttin pour son travail de stage sur la seconde partie des travaux de thèse, merci aussi à Caroline Guérin pour sa contribution sur les différents outils de design et méthodologies créatives. Merci à Dominique Bruneau pour son suivi tout au long de nos travaux. Je tiens à remercier particulièrement les personnes que j'ai pu rencontrer au cours de ma thèse et qui m'ont permis d'avoir une connaissance approfondie du domaine du design sonore : Roland Cahen, Emmanuel Deruty, Laurent Worms, Charles-Edouard de Surville, Elif özcan, Daniel Hug, Bénédicte Lenindre, Antoine Charon, Andrea Cera, Mikhail Malt, Jean Lochard... et bien d'autres.

La curiosité et la motivation sont une chose vitale lorsqu'il s'agit de mener à bien une thèse, mais l'environnement dans lequel on travaille et les personnes que l'on contoie sont tout aussi importants. C'est pourquoi je voudrais remercier chaleureusement toutes mes collègues. Côté Ircam, merci aux psychopathes de la sonie, Emmanuel et Michael,

merci à Ugo mon plus grand camarade de pause et de nombreuses discussions aussi bien scientifiques que geeks, merci à Guillaume Lemaître pour sa science, pour ses précieux conseils et pour sa bonne humeur constante. Merci à Olivier et Jean-Julien pour leur retours critiques sur mon travail, merci à tous les stagiaires qui ont défilé sur la mezzanine (Grégoire, Edgard, Anne-Laure, Ali, Hugo, Lou et Jannick), merci à Mondher, à Eric, à Sara et Patrice, et enfin à tous les membres de l'équipe Cream (Pablo, Laura, Marco et Vasso). Je tiens également à remercier Carole, Sylvie et Patricia pour leur patience. Enfin, merci à mes collègues du côté SNCF, merci à l'équipe CVD de m'avoir acceuilli, merci Sandrine, Corinne, Caroline, Sylvain, Charlotte, Arnaud et Lounès, merci aussi à David et au reste de l'équipe CTV. Merci aussi aux gens des autres équipes, merci Franck, Estelle, Baldrick, Christine... Merci à mes camarades thésards, Benoît, Guillaume, Élodie, Olivier, Nicolas, merci Le Patron, merci enfin à Jean-Baptiste et à Amélie pour avoir redonné vie à l'open-space. Merci à toute l'équipe de stat ces discussions... enrichissantes à la cantine. Merci à tous mes collègues, d'un côté comme de l'autre, d'avoir joué les cobayes de mes expériences en préparation. Merci à ceux que j'ai oublié ici, par distraction ou par manque de place.

Enfin, un grand merci à toute ma famille et à mes potes qui m'ont aussi aidé et soutenu dans toutes les situations. Et bien sur, un grand merci à Lulu, qui a toujours été là, qui m'a épaulé et réconforté jusqu'au bout, et dont le sourire m'a toujours donné envie de me reveiller chaque matin et d'aimer la vie.

Table des matières

Introduction 1

I Contexte des travaux et état de l'art 3

1 Vers une conception identitaire du paysage sonore ferroviaire 5
1.1 Du service publique de transport ferroviaire à la marque SNCF 5
1.1.1 La libéralisation du marché ferroviaire 5
1.1.2 La SNCF face à la libéralisation 6
1.1.3 De l'exploitation ferroviaire au service de mobilité porte-à-porte . . 7
1.2 Le son comme vecteur d'information 8
1.2.1 Les ambiances sonores 8
1.2.2 Une nouvelle approche : le design sonore 13
1.2.3 Vers une conception identitaire des ambiances sonores SNCF . . . 18
1.3 Conclusion 19

2 Communiquer une identité de marque 21
2.1 La marque et son identité 21
2.1.1 Qu'est-ce qu'une marque ? 22
2.1.2 L'identité : un outil stratégique 22
2.1.3 Véhiculer l'identité 24
2.1.4 Des outils pour communiquer une intention 26
2.2 L'identité sonore 33
2.2.1 Identité sonore et identité musicale 33
2.2.2 L'utilisation de la musique dans le domaine du marketing 34
2.2.3 De l'identité de marque à l'identité musicale 35
2.2.4 L'identité de marque dans le design sonore des produits 37
2.2.5 Des outils pour communiquer une intention par le son 37
2.3 Enquête Q1 : Travailler sur l'identité sonore aujourd'hui 39
2.3.1 Méthode 40
2.3.2 Résultats 41

3 Caractérisation sensorielle des produits 45
3.1 Méthodologies pour étudier la sensorialité des produits : l'analyse sensorielle 45
3.1.1 Principe et méthodologie générale 46
3.1.2 Les méthodes verbales 47
3.1.3 Les méthodes non-verbales 52

4 De la spécification à la reconnaissance de l'identité sonore 57
4.1 Position du problème . . . 57
4.2 Hypothèses et méthodologie . . . 58
4.2.1 Les hypothèses . . . 58
4.2.2 Les axes de recherche . . . 61
4.2.3 1er axe : définir un vocabulaire spécifique pour le design sonore . . . 62
4.2.4 2e axe : définir et véhiculer une identité sonore sur un ensemble de marqueurs identitaires . . . 64

II Définir un vocabulaire spécifique pour le design sonore 67

5 Approches perceptives et phénoménologiques de la description des sons 69
5.1 Introduction . . . 70
5.2 De la perception des sons à la description verbale . . . 70
5.2.1 Processus de catégorisation des évènements sonores . . . 71
5.2.2 Verbalisations libres . . . 72
5.2.3 Échelles sémantiques différentielles . . . 74
5.2.4 L'analyse sensorielle appliquée aux sons . . . 76
5.2.5 Discussion . . . 76
5.3 Approches phénoménologiques de l'objet sonore . . . 77
5.3.1 Pierre Schaeffer - *l'Objet Sonore* . . . 77
5.3.2 William Gaver - *The Sounding Object* . . . 78
5.3.3 Lien entre les modes d'écoutes et la description verbale . . . 79
5.4 Intérêt pour le design sonore . . . 83

6 Génération d'un vocabulaire centré sur le son 87
6.1 Méthodologie de génération du lexique . . . 87
6.1.1 Les lexiques en analyse sensorielle . . . 88
6.1.2 Génération du lexique sonore . . . 88
6.2 Première étape : Recherche de descripteurs . . . 91
6.2.1 Recherche de descripteurs du timbre . . . 91
6.2.2 Recherche de descripteurs temporels . . . 92
6.2.3 Résultats . . . 93
6.3 Deuxième étape : Réduction de la liste . . . 96
6.3.1 Enquête préliminaire . . . 96
6.3.2 Entretiens avec des professionnels du son . . . 97
6.4 Troisième étape : Constitution des références . . . 99
6.4.1 Création sonore . . . 100
6.4.2 Expérience E1 : validation de l'interface d'apprentissage . . . 102
6.5 Conclusion . . . 109

7 Indexation d'une base de données sonores 111
7.1 Description de l'expérience . . . 112
7.1.1 Principe méthodologique . . . 112
7.1.2 Constitution du corpus de sons . . . 113
7.2 Expérience E2 - Protocole expérimental . . . 115
7.2.1 Entraînement . . . 116

7.2.2 Épreuve d'indexation . . . 121
7.3 Analyses statistiques . . . 123
7.3.1 Format des données recueillies . . . 124
7.3.2 Objectifs de l'analyse . . . 125
7.4 Résultats de l'expérience E2 . . . 128
7.4.1 Statistiques générales . . . 128
7.4.2 Génération de l'espace sensoriel . . . 129
7.4.3 Analyse par attribut : pouvoir discriminant et consensus par attribut 136
7.4.4 Accord entre les données du panel et les données de l'expérimentateur 137
7.4.5 Analyse de la répétabilité . . . 138
7.4.6 Discussion . . . 140
7.5 Conclusion . . . 142

III Définir et véhiculer une identité sonore sur un ensemble de marqueurs identitaires 145

8 Spécifications fonctionnelles et identitaires 147
8.1 Identité et fonction . . . 148
8.1.1 Invariants et leviers . . . 148
8.1.2 Définition du cadre de travail . . . 150
8.1.3 Forme des spécifications . . . 151
8.2 Spécifications fonctionnelles . . . 152
8.2.1 Expérience E3 : identification des marqueurs sonores . . . 153
8.2.2 Croisement des données des expériences E2 et E3 . . . 156
8.2.3 Tableau de spécifications . . . 164
8.2.4 Discussion . . . 166
8.3 Spécifications identitaires . . . 168
8.3.1 Outils supports . . . 168
8.3.2 Déroulement de la séance créative . . . 172
8.3.3 Tableaux de spécifications identitaires . . . 173
8.3.4 Discussion . . . 174

9 Réalisation et validation des identités sonores 179
9.1 Création sonore . . . 180
9.1.1 Déroulement de la phase de création sonore . . . 180
9.1.2 Discussion . . . 183
9.2 Prise en compte des attributs dans la création . . . 184
9.2.1 Déroulement . . . 184
9.2.2 Résultats . . . 185
9.3 Expérience E4 : Différencier et reconnaître des identités sonores . . . 185
9.3.1 Protocole expérimental . . . 186
9.3.2 Analyse des résultats de E4A et E4B . . . 188
9.3.3 Résultats . . . 191
9.3.4 Discussion . . . 195
9.4 Conclusion . . . 198

10 Discussion générale 199

Conclusion **207**

A Statistiques **209**
A.1 Analyse des données CATA 209
A.1.1 Analyse des correspondances 209
A.1.2 Méthode bootstrap pour évaluer la stabilité de la configuration globale 214
A.2 Analyse en clusters hiérarchiques 220
A.2.1 Principe 220
A.2.2 Application aux données de tri 220
A.2.3 Détermination de la partition optimale 221

B Enquêtes et entretiens **225**
B.1 Enquête Q1 : GUIDE D'ENTRETIEN 225
B.2 Enquête Q2 : document réponse 228

C Consignes des expériences **231**
C.1 Consigne de l'expérience E1 : comparaison par paires 231
C.2 Consigne de l'expérience E1 : apprentissage 233
C.3 Consigne de l'expérience E4A 234
C.4 Consigne de l'expérience E4B 235

D Définitions et illustrations du lexique **237**

E Figures et tables complémentaires **241**

F Planches de tendances **255**

Introduction

Les travaux présentés dans cette thèse ont été effectués dans le cadre d'une Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE) entre la Direction Innovation & Recherche SNCF et l'équipe Perception et Design Sonores de l'Ircam. Ils ont été motivés par une volonter d'apporter de nouvelles méthodes et de nouveaux outils pour le design sonore, permettant de prendre en compte les intentions identitaires des marques lors de la conception des produits et équipements de leur environnement. Ainsi, l'objectif général de cette thèse est de comprendre comment l'identité d'une marque peut se manifester à travers la dimension sonore d'un ensemble de produits ou d'objets caractéristiques de la marque.

Ce document est divisé en trois grandes parties. La première partie constitue un état de l'art définissant le cadre général dans lequel se situent nos travaux, et présentant les études issues de la littérature académique apportant des premiers éléments de réponse à notre problématique. Le chapitre 1 est centré sur l'environnement de la marque SNCF et sur les principes du design sonore, le chapitre 2 présente les notions d'identité de marque et d'identité sonore, et le chapitre 3 expose les méthodes utilisées par les industriels pour caractériser et différencier les produits d'un point de vue sensoriel. Sur la base des éléments présentés dans les trois premiers chapitres, le chapitre 4 détaille la démarche méthodologique que nous avons élaborée et présente les hypothèses sur lesquelles elle repose.

La seconde partie du document est consacrée à la sélection d'un lexique sonore décrivant les différentes caractéristiques des sons. Le chapitre 5 expose un état de l'art des travaux menés sur la description verbale des sons, afin d'identifier le type de vocabulaire le mieux adapté à la communication au sein d'un projet en design sonore. Le chapitre 6 présente les différentes étapes ayant conduit à la génération d'un lexique sonore de 35 termes illustrés par des exemples sonores de référence. Enfin, le chapitre 7 présente une expérience originale, l'indexation sonore, permettant de caractériser et différencier des sons représentatifs de différentes sources (alarmes, composteurs, tableaux à palettes...) à l'aide des mots du lexique.

La troisième partie du document correspond à la mise en oeuvre de notre démarche méthodologique dans le cas de l'identité sonore SNCF. Dans le chapitre 8, nous présentons une méthode reposant sur la détermination d'« invariants » et de « leviers » propres à chaque source, permettant d'exprimer à l'aide du lexique les spécifications fonctionnelles liées à la nature de l'objet. Nous proposons dans la seconde partie de ce chapitre des outils créatifs (planches de tendance, jeu de cartes sonores, lexique sonore) permettant de traduire les valeurs d'une marque en directions de design exprimées à l'aide du lexique sonore. Le chapitre 9 présente la réalisation et l'évaluation de sons représentatifs de l'identité sonore SNCF et de quatre autres identités de marque. Enfin, le chapitre 10 propose une synthèse des résultats obtenus ainsi qu'une discussion quant à l'apport de ces travaux pour le design sonore.

Première partie

Contexte des travaux et état de l'art

Chapitre 1

Vers une conception identitaire du paysage sonore ferroviaire

Les travaux de recherche présentés dans ce manuscrit ont été réalisés dans le cadre d'un partenariat (contrat CIFRE) entre un laboratoire de recherche académique, l'Ircam, et une entreprise publique, SNCF. Afin de mieux comprendre les enjeux de ces recherches, il est nécessaire d'examiner le contexte industriel de cette thèse. Ce premier chapitre présente les raisons qui ont conduit l'entreprise SNCF à s'intéresser à la question de son identité sonore, et dresse un état des lieux des connaissances développées par SNCF sur ses environnements sonores. Ce chapitre sera aussi l'occasion de présenter le design sonore en tant que domaine de recherche émergent et d'examiner dans quelle mesure cette nouvelle approche est susceptible de répondre aux attentes de la marque SNCF.

1.1 Du service publique de transport ferroviaire à la marque SNCF

Dans cette section, nous présentons un bref historique de la transition qu'a connue SNCF ces dernières décennies, et des éléments qui l'ont amenée à devenir une marque et à développer une stratégie de marque afin de préparer son entrée dans un univers concurrentiel.

1.1.1 La libéralisation du marché ferroviaire

La SNCF (Société Nationale des Chemins de fer Français) est née en 1938. Depuis la date d'apparition du train en France (1827) jusqu'en 1937, les lignes de chemin de fer

étaient régies par des compagnies privées. En 1937, toutes ces compagnies sont déficitaires. L'État décide alors de les nationaliser et de créer une entreprise publique de transport ferroviaire, la SNCF, qui prend la forme d'une société anonyme mixte, avant de devenir un EPIC (Établissement Public à Caractère Industriel et Commercial) en 1983. Dans la fin des années 1980, l'Europe constate une diminution évidente de l'activité économique générée par le transport ferroviaire : la part du ferroviaire est passée de 31,7 % à 15,4 % dans le transport de marchandises, et de 10,4 % à 6,4 % dans le transport de voyageurs (Haenel 2009). Face au problème de compétitivité par rapport aux autres modes de transport, la Commission Européenne propose l'introduction de la concurrence dans le ferroviaire, secteur jusque là protégé par un quasi-monopole national. La directive Européenne de 1991 pose les fondements de la libéralisation du transport ferroviaire en Europe, en séparant la gestion de d'infrastructure de celle de l'exploitation des services de transports. La branche réseau de la SNCF est séparée de la branche exploitation en 1997 avec la création de l'EPIC Réseau Ferré de France (RFF, qui sera à nouveau réunit avec SNCF en 2015). Il s'en suit une série de « paquets ferroviaires » qui vont ouvrir successivement la concurrence au transport de fret international (2003) puis national (2006) ainsi qu'au transport international de voyageurs (2009). Le transport intérieur de voyageurs n'est pas encore ouvert à la concurrence en France. Initialement prévu pour 2012, il a été reporté en 2019, date butoire fixée par l'Union Européenne (UE).

1.1.2 La SNCF face à la libéralisation

Face à cette volonté de l'UE de libéraliser le système ferroviaire, la SNCF devient une marque et décide de construire une identité de marque, outil stratégique majeur dans un univers concurrentiel. Les notions de marques et d'identité de marques seront détaillées dans le chapitre 2 du présent document. « La SNCF » devient « SNCF » et se dote en 2005 d'un nouveau logo ainsi que d'une identité musicale se matérialisant dans le célèbre jingle de quatre notes[1]. En 2011, SNCF affirme un repositionnement afin de rassembler sous une même bannière l'ensemble de ses activités jusque là fragmentées en plusieurs sous-marques (TER, Lunea, TGV, Transilien, Corail, Théoz...). C'est la stratégie « Marque Unique » qui va devenir un élément essentiel de sa communication. Les rames SNCF sont habillées aux couleurs identitaires de la marque, de même qu'une série d'éléments caractéristiques de l'environnement du voyageur : bornes, composteurs, boutiques... La communication affirme deux valeurs-clés au centre de ce nouveau positionnement : la **simplicité** et la **bienveillance**.

[1] http://www.sncf.com/fr/identite/jingle



FIG. 1.1: Habillage des rames, logo et publicité de la SNCF en 1995 (à gauche) et de SNCF en 2011 (à droite).

1.1.3 De l'exploitation ferroviaire au service de mobilité porte-à-porte

Les années 2010 amènent une nouvelle vision de l'avenir pour SNCF. Avec le développement de nouveaux modes de transport comme le covoiturage, les lignes de bus longues distances, les voitures partagées et l'aviation low cost, la concurrence dépasse le simple cadre du ferroviaire pour devenir une concurrence inter-modale. L'enjeu devient alors d'orienter la préférence des voyageurs vers le train plutôt que vers ces autres modes de transports. Avec son projet d'entreprise « Excellence 2020 », SNCF ambitionne de devenir *« la référence d'excellence mondiale du transport durable »*. L'objectif du groupe est de concilier le transport de masse et le voyage sur mesure. Proposer un voyage porte-à-porte en combinant les différents modes de transports (train, bus, taxis...) devient un objectif majeur pour l'entreprise. SNCF diversifie ses offres de transport, proposant désormais des services de covoiturage (IDVroom), d'autocar longue distance (IDBus), et de location de voiture entre particuliers (OuiCar). Cette nouvelle vision ouvre deux nouvelles perspectives sur l'identité de la marque SNCF : d'une part, la diversité des modes de transports impliqués dans la stratégie porte-à-porte incite à réfléchir sur la cohérence de l'identité de marque tout au long du parcours d'un voyageur ; l'univers SNCF dépasse désormais le seul univers ferroviaire pour s'élargir en un univers du transport plus global. D'autre part, l'articulation entre les différents services et modalités de transports imaginés par SNCF repose nécessairement sur les nouvelles technologies dont disposent les voyageurs : internet mobile, smartphones... Déjà entamée avec la dématérialisation progressive du titre de transport et le regroupement de ses applications mobiles en une

application unifiée[2], la transition numérique est l'un des éléments phares des années 2010 pour SNCF. Cette nouvelle stratégie amène SNCF à imaginer de nouvelles manières de déployer efficacement son identité.

1.2 Le son comme vecteur d'information

La réduction des nuisances sonores et la protection des riverains a longtemps été l'enjeu principal des acousticiens de SNCF. Si cela est toujours le cas aujourd'hui, une partie des recherches en acoustique se penche toutefois sur de nouveaux axes prospectifs. En particulier, une démarche de conception innovante (voir Le Masson *et al.* 2006) a permis d'orienter les activités de recherche en acoustique de SNCF vers l'élaboration de nouvelles stratégies pour la conception de ses espaces sonores. La réduction du niveau sonore n'est plus le seul objectif. Celle-ci doit être complétée par une étude approfondie des ambiances sonores et de leur perception par les voyageurs et les riverains. Cette nouvelle démarche doit permettre de proposer de nouvelles solutions concernant les problématiques de gêne et de confort, mais aussi d'imaginer de nouveaux moyens de favoriser les usages et l'expérience des voyageurs. Nos travaux de recherche s'interrogent sur la place de l'identité de marque dans cette démarche de conception d'ambiances sonores. À l'image de l'identité visuelle qui est désormais déployée dans les espaces et équipements SNCF, peut-on déployer une identité sonore spécifique à la marque SNCF ? Sur quels éléments peut-on alors travailler, et de quelle façon ? Nous proposons dans cette section un état des lieux des connaissances développées par SNCF sur ses environnements sonores, allant des espaces des gares à l'intérieur des TGV. Nous présentons ensuite une nouvelle discipline, le design sonore, qui vise à combiner diverses contraintes en utilisant le son comme support. Les contraintes ici concernent aussi bien les éléments constitutifs de la marque SNCF que ceux qui caractérisent les espaces et équipements SNCF.

1.2.1 Les ambiances sonores

Nous sommes tous les jours plongés dans des univers sonores complexes : dans notre logement, dans la rue, au travail, dans les transports... Notre audition peut nous permettre d'extraire des informations des sons qui nous entourent. Par exemple, des auditeurs immergés dans un environnement sonore sont capables d'en extraire des indices sur les caractéristiques physiques du lieu telles que sa configuration (taille, matériaux..) et sur la localisation des sources (Blauert 1997). La question est alors de savoir s'il est possible d'intervenir dans cet environnement sonore afin de maîtriser toutes ces informations, et de les mettre en valeur.

[2] http://www.sncf.com/fr/presse/fil-info/appli-SNCF-unifiee-110420

1.2.1.1 Le paysage sonore de Schafer

En étudiant la relation entre les hommes et leur environnement sonore, le compositeur canadien R. Murray Schafer introduit, dans son ouvrage *The Tuning of the World* (Schafer 1979) la notion de *paysage sonore*, qu'il définit comme étant *« l'environnement des sons. [...] Le terme s'applique aussi bien à des environnements réels qu'à des constructions abstraites, telles que des compositions musicales ou des montages sur bande, en particulier lorsqu'ils sont considérés comme faisant partie du cadre de vie. »* (Schafer 1979 p. 384). Il pose ainsi les fondements d'un nouveau champ de recherche consacré à l'étude et à la composition de l'environnement sonore. Schafer préconise une implication personnelle dans l'écoute de notre environnement sonore pour que nous puissions devenir acteurs dans sa composition : *« Nous essayons d'entendre l'environnement sonore comme si c'était une composition musicale – une composition dont nous serions en partie les auteurs. »* (Schafer 1979). Schafer distingue trois grands types de sons qui composent le paysage sonore :

Les tonalités ou sonorités maîtresses *(keynotes)* : le terme provient d'une analogie avec la musique pour laquelle le terme *key* désigne la note principale, la tonique. Pour Schafer, dans un paysage sonore, c'est par rapport à la tonalité que tout se définit, même si elle n'est pas nécessairement perçue de façon consciente. Schafer parle d'arrière-plan ou de fond sonore pour désigner les tonalités. Ce fond devient une habitude auditive, nous n'en prenons conscience que lorsque ces sonorités s'arrêtent. Schafer donne les exemples du bruit de la mer dans une communauté maritime, du bruit de circulation dans une grande ville, ou encore celui des équipements électriques (ventilation, réfrigérateurs...) dont la tonalité est différente aux États-Unis et en Europe (respectivement 60 et 50 Hz).

Les signaux sonores *(sound signals)* : Ces sons sont situés au premier plan du paysage sonore. Schafer fait le parallèle entre la dualité fond/figure emprunté à la perception visuelle et la dualité tonalité/signal. À la différence des sonorités tonales, le signal sonore est remarqué, il apparaît comme un événement pour le sujet qui le perçoit. Le signal sonore renvoie souvent à autre chose que lui-même : une représentation, une cause, un contexte.

Les marqueurs sonores *(soundmarks)* : Schafer les définit comme des sons caractéristiques d'un lieu ou d'une communauté, tels que la cloche de Big Ben, le son d'une corne de brume, ou le claquement sonore des vieilles portes du métro parisien. Un marqueur sonore se réfère à une communauté et *« possède certaines qualités qui le rendent unique, remarquable »*(Schafer 1979,p. 32).

Les paysages sonores sont en constante évolution. Dans son ouvrage, Schafer insiste sur la rupture qu'ont créée les différentes révolutions (industrielle et électrique) dans l'histoire de notre paysage sonore. *« La révolution industrielle a propagé une multitude de sons nouveaux aux conséquences parfois désastreuses pour l'homme et la nature, dont ils masquaient souvent les propres sons. Le phénomène entre dans sa deuxième phase avec la révolution électrique et les moyens qu'elle se donne de mettre les sons en boîte et de les envoyer, dans le temps et dans l'espace, mener des existences schizophones, amplifiées et multiples »* (Schafer 1979, p. 115). Aujourd'hui, nous sommes de plus en plus entourés par de nouvelles technologies et par des objets connectés (*internet of things*). Alors que le début du XXI^{e} siècle amorce une révolution digitale , il convient de se poser la question de l'environnement sonore du futur afin d'éviter de subir la transformation de notre paysage sonore, mais plutôt d'en être acteur. Les sections suivantes présentent un état des lieux du paysage sonore SNCF aujourd'hui.

1.2.1.2 Ambiances sonores dans les gares SNCF

Les gares sont des espaces publics dans lesquels des millions de voyageurs circulent chaque jour. Les travaux de Tardieu *et al.* (2008) sur les ambiances sonores ont montré que les voyageurs avaient une représentation en mémoire des ambiances sonores de gares fondée sur trois types d'indices : les sources sonores (principalement les trains, les annonces, les palettes du tableau général des départs, les trains, les valises, la musique[3]), l'activité humaine (principalement les voix, les pas, les déplacements) et l'effet de salle (principalement la réverbération, les résonances, la taille supposée de l'espace). En particulier, des auditeurs arrivent à retrouver lors de tests en laboratoire dans quel type d'espace a été enregistrée une séquence sonore grâce à ces indices. Dans les espaces SNCF, le son est également utilisé pour diffuser des informations aux voyageurs. Dans les années 1930, les annonces des destinations étaient faites par des « aboyeurs », agents qui parcouraient les quais en criant afin de pouvoir émerger dans un environnement sonore intense[4]. Ce système est vite remplacé par des systèmes de sonorisation en gare : jusqu'à la fin des années 1970, ce sont des annonces qui sont faites au micro et en direct. Cependant, SNCF déplore une *« lecture hasardeuse et acrobatique, une qualité approximative de la chaîne de sonorisation et un ton souvent trop technique et même parfois autoritaire »*. En 1980, Simone Hérault devient la « voix » de SNCF. L'informatique permet désormais de segmenter les phrases enregistrées afin de créer un système d'annonce séquentiel. La voix de Simone Hérault est alors utilisée pour la plupart des annonces de toutes les gares

[3] Ces travaux de recherche ont été réalisés en amont de la création de la marque SNCF et de la présence de pianos en gare.

[4] http://www.sncf.com/fr/identite/simone-voix-sncf

françaises. Elle est identifiée comme un élément clef de l'identité SNCF : aujourd'hui, l'entreprise travaille sur une voix de synthèse, E-mone, possédant le timbre et la prosodie de la voix SNCF actuelle, afin de rendre cette identité vocale durable dans le temps. La prise de parole de la voix de Simone est accompagnée dès 1994 par un signal sonore permettant d'attirer l'attention des voyageurs. Ce dernier, baptisé « sonal », introduit chacune des annonces passées en gare. La réalisation de ce sonal est confiée au designer sonore et architecte Louis Dandrel de l'agence Diasonic[5]. Ce sonal, constitué d'un carillon jouant une arpège, est présenté sur la figure 1.2.

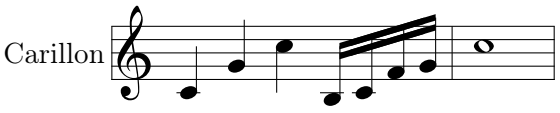


FIG. 1.2: Le sonal SNCF créé par Louis Dandrel de l'agence Diasonic en 1994.

Ce carillon résonne dans les oreilles des voyageurs jusqu'en 2005, date de la refonte de l'identité de la SNCF en identité de la marque SNCF. Le son de signalétique précédant les annonces sonores devient alors un « jingle » identitaire. L'objectif n'est plus seulement d'avertir les voyageurs qu'une annonce va être faite, mais également de *« déclencher une reconnaissance instantanée de la marque SNCF[6]»*. En particulier, ce jingle est diffusé aussi bien dans les gares qu'à la radio ou à la télévision, dans les spots publicitaires. Sa réalisation a été confiée à l'agence de design musical Sixième Son[7]. Ce nouveau jingle, constitué de quatre notes chantées par une voix féminine, est présenté sur la figure 1.3.

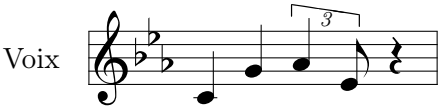


FIG. 1.3: Le jingle SNCF créé par Michael Boumendil de l'agence Sixième Son en 2005.

Selon un sondage réalisé par SNCF, ce jingle est reconnu et attribué à la marque SNCF par 94 % des Français. Les quatre notes qui le composent ont été détournées et reprises par de nombreux musiciens (dont David Gilmour en 2015). Le jingle a également obtenu une renommée dans le domaine du marketing sonore[8]. Une version dite *embarquée* de ce

[5] Aujourd'hui *Life Design Sonore* (lifeds.fr/)
[6] http://www.sncf.com/fr/identite/jingle
[7] www.sixiemeson.com
[8] L'identité sonore SNCF a été primée et est arrivée en deuxième position lors des *Audio Branding Academy awards* en 2011 (www.audio-branding-academy.org)

logo est également diffusée à bord des trains TGV. Cette reconnaissance du jingle SNCF est à mettre en regard avec la conception Schaferienne du paysage sonore : le jingle peut être qualifié de « marqueur sonore » dans la mesure où il est caractéristique des gares SNCF pour la communauté des voyageurs. Depuis quelques années, l'ambiance sonore des gares SNCF s'est enrichie avec l'apparition de pianos en libre accès (voir figure 1.4). Cette initiative a été reçue positivement par les voyageurs et ce dispositif a été généralisé à la plupart des grandes gares. Les notes de piano émergeant du fond sonore sont désormais un autre élément caractéristique des ambiances sonores des gares. Ces observations nous conduisent à mener une réflexion sur les marqueurs sonores liés aux environnements SNCF. Quels autres sons rencontrés par les voyageurs au cours de leur parcours sont caractéristiques de l'univers SNCF ? Est-il possible de concevoir spécifiquement ces sons pour les rendre identitaires ?



FIG. 1.4: Piano mis à disposition des voyageurs dans les gares SNCF.

1.2.1.3 Ambiances sonores à bord des trains et confort acoustique

Parallèlement aux moyens de communication mis en œuvre par SNCF pour se préparer à une entrée dans un monde concurrentiel, une partie des activités de recherche de l'entreprise s'oriente vers le domaine du confort et des services, qui sont des éléments majeurs de différenciation. En particulier, des enquêtes menées par Mzali (2002) ont identifié le confort sonore comme étant le second critère le plus important dans l'appréciation de la qualité des voyages en TGV (le premier étant le confort postural et spatial). La perception des ambiances sonores par les voyageurs a ainsi fait l'objet de travaux de recherche dans le but d'évaluer le confort acoustique à bord des trains SNCF (Mzali 2002). Le jugement des voyageurs a été recueilli par le biais d'enquêtes à bord des TGV. La corrélation des verbalisations obtenues avec des mesures acoustiques effectuées pendant l'intégralité du parcours a permis d'identifier que les bruits ne sont pas jugés sur les mêmes critères selon le type de source émettrice. En d'autres termes, il n'y a pas que le

niveau d'émergence d'un bruit qui provoque de l'inconfort chez les voyageurs, mais aussi sa nature : *« l'évaluation du confort acoustique par les personnes ne se limite pas à la simple prise en compte des sensibilités de l'oreille humaine en tant que récepteur acoustique mais s'établit dans un cadre plus complexe, intégrant les activités des personnes voyageant, les significations et objets en mémoire »* (Mzali 2002). Les exemples suivants issus de l'étude de Mzali illustrent cette problématique :

- Le bruit de fond est plutôt jugé positivement par les voyageurs car ils le relient au bon fonctionnement du train.
- La gêne provoquée par une annonce dépend de la teneur du message : les annonces du bar sont jugées négativement alors que les autres annonces sont jugées positivement.
- La contribution la plus négative à l'ambiance sonore reste le bruit des autres voyageurs.

Khan (2002) a utilisé une méthodologie similaire à celle de Mzali (2002) pour étudier l'influence du niveau sonore du bruit de fond à l'intérieur d'un train sur le confort acoustique. Ses résultats ont montré que les passagers étaient fortement gênés à la fois par des bruits dont la source n'était pas identifiable (grincements, grattements, etc.) et par des bruits identifiables comme ceux des téléphones portables (sonneries et conversations) et des enfants. Les tests en laboratoire ont montré un résultat surprenant : la gêne globale diminue lorsque le niveau du bruit de fond augmente, et ce malgré l'augmentation du niveau global de l'ambiance sonore. Une étude in-situ (Khan 2003) a permis de mieux comprendre ce résultat, en examinant l'influence du niveau de bruit de fond sur des activités complexes (lire, écrire) : un niveau de bruit de fond élevé masque les bruits non identifiés et rend l'activité plus facile. Ces éléments suggèrent qu'une approche visant à réduire le niveau des sources sonores n'est pas forcément judicieuse, même en terme de confort. Dans le paragraphe suivant, nous introduisons une nouvelle approche, le design sonore, qui ne se focalise plus sur la réduction des nuisances mais inscrit la réflexion sur le son dans une logique de conception.

1.2.2 Une nouvelle approche : le design sonore

Dans le paragraphe qui suit, nous présentons les principes et les origines du design sonore. Nous nous focalisons dans un second temps sur le cadre théorique définissant les différentes étapes d'une démarche de design sonore, tel que proposé par l'équipe Perception et Design Sonores de l'Ircam. Ce cadre nous sevira de référence pour construire notre méthodologie de recherche.

1.2.2.1 Principes et origines

La prise en compte du son dans la conception industrielle à partir de la seconde moitié du XX^{e}siècle concerne la réduction des nuisances générées par le bruit des produits et des installations. À partir des années 1990, les efforts de recherche se tournent vers une étude plus approfondie de la qualité sonore : il ne s'agit plus forcément de réduire le niveau de bruit mais de considérer également d'autres aspects du son. Le jugement porté par les auditeurs sur sa qualité (*« how acceptable the sound of a product is »*, Lyon 2003) est au centre de cette démarche. La psycho-acoustique ainsi que les techniques de synthèse sonore ont ainsi été utilisées comme principaux outils méthodologiques de cette approche. Cette réflexion sur la qualité sonore a amené les industriels à penser différemment la composante sonore de leurs produits et de leurs équipements. Keiper (1997) s'est intéressé dans une étude théorique à la dimension sonore dans la conception d'un produit. La première étape est de positionner le produit dans son contexte d'achat : Dans quelle gamme de prix s'inscrit-il ? Quelle est la cible du produit ? Une fois ce positionnement établi, la question qui se pose alors est celle du son souhaité : Comment veut-on que le produit « sonne » ? L'étape suivante concerne alors la détermination d'un « son cible ». Au stade où le produit n'existe pas encore, la décision doit être prise en s'appuyant sur des produits existants (gammes précédentes ou produits des concurrents) ou sur des outils de synthèse. Pour Keiper, cette décision repose sur trois grands acteurs (voir figure 1.5). D'une part, les experts acousticiens apportent les connaissances nécessaires à la caractérisation sonore du produit en lien avec la perception qu'en ont ses utilisateurs. Le marketing doit s'assurer que le son s'inscrit bien dans l'esprit de la marque. Enfin, les attentes des consommateurs doivent être prises en compte dans la définition du son cible. L'objectif est alors de rédiger des spécifications acoustiques pour la conception du produit. L'exemple de Keiper témoigne de la transition qui s'opère dans les années 1990. Les industriels commencent à voir la composante sonore de leurs produits comme un atout. Il apparait désormais nécessaire de concevoir le son plutôt que de le subir.

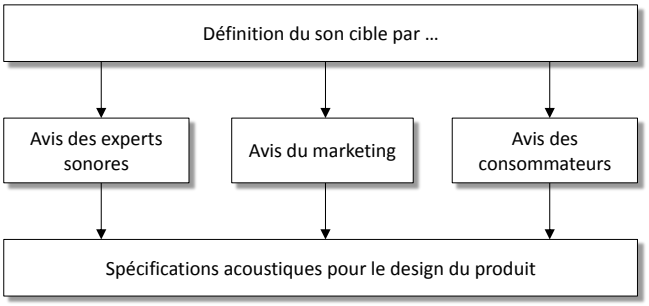


FIG. 1.5: Processus de définition d'un son cible selon Keiper (1997).

1.2.2.2 Le design sonore

Ces réflexions témoignent de l'émergence aujourd'hui d'un nouveau domaine de recherche : celui du design sonore. L'objectif de cette nouvelle approche n'est plus de réduire ou de contrôler le son des produits existants mais plutôt de penser le son avant la création d'un produit, dès sa phase de conception. On cherche désormais à *« faire entendre une intention »* (Susini *et al.* 2014) à travers le son. Susini *et al.* (2014) distinguent deux types d'intentions, associées respectivement à la fonction et à la forme du son. Une intention au niveau de la fonction consiste à utiliser le son pour favoriser des actions ou des usages : il peut s'agir par exemple de prévenir d'un danger (alarme) ou bien de confirmer une action (feedback sonore). Une intention au niveau de la forme est davantage associée à des critères esthétiques ou de cohérence. On s'attache à ce que le son participe à la qualité globale d'un produit et à son identité. Aujourd'hui, les industriels sont de plus en plus attentifs à la recherche de sonorités conformes à l'attente de leurs clients. Par exemple, le son produit par la planche de bord d'une automobile lorsque l'on tapote dessus avec ses doigts va véhiculer une certaine image de confiance, de qualité et de solidité au client, et ainsi influencer l'acte d'achat. On voit ainsi émerger des démarches de conception qui cherchent à comprendre et à maîtriser la production de ce son (Montignies 2009). De la même façon, des chips qui feront plus de bruit lorsqu'on les mâche auront l'air plus fraîches et plus croustillantes (Zampini et Spence 2004) et le bruit de ronronnement de la machine à café aura même une influence directe sur le goût de ce dernier (Knöferle 2012). Langeveld *et al.* (2013) distinguent deux types de sons de produits : les « sons intentionnels » sont volontairement ajoutés au produit (sonnerie de réveil, avertisseurs sonores, ...) afin de communiquer une information nécessaire et utile pour un usage défini. Au contraire, les sons « non-intentionnels » sont générés par l'utilisation du produit (passer l'aspirateur, ouvrir une porte, ...). Ils ne sont pas créés pour être entendus mais sont la conséquence d'évènements physiques. Pourtant, ils peuvent aussi jouer un rôle fonctionnel : par exemple, le changement de timbre de notre aspirateur nous informe que le sac est plein. L'absence de ces sons peut même devenir perturbante : lorsque les joueurs de tennis sont privés du son de la balle, il en résulte davantage d'échecs (Takeuchi 1993). L'exemple du bruit de fond dans les trains que nous avons mentionné dans la section 1.2.1.3 illustre également ce phénomène.

1.2.2.3 Un domaine interdisciplinaire

Le principe du design sonore que nous avons présenté ci-dessus se heurte en pratique à un obstacle majeur : comment articuler le travail sur la composante sonore d'un produit avec le design global de l'objet ? En particulier pour les sons de produits non-intentionnels, la forme, la taille ou les éléments qui constituent l'objet ont une influence directe sur le

son qu'il génère. Özcan et van Egmond (2009) soulignent l'aspect interdisciplinaire du design sonore et dressent la liste des champs de compétences requises pour la conception des sons de produits : l'acoustique et la psychoacoustique serviront à caractériser l'objet d'étude, alors que la psychologie pourra interpréter la relation qu'ont les utilisateurs avec le produit. Le savoir-faire d'un ingénieur permettra d'intégrer les données issues des analyses acoustiques pour les relier à la structure de l'objet qui produit le son. Enfin, dans le cadre des sons intentionnels, la musicologie et les techniques de conception sonore seront requises. Ajoutons à cela les éventuels aspects marketing et communication cités par Keiper (1997) et nous nous retrouvons en présence d'un problème complexe : l'articulation de toutes ces compétences nécessite d'établir des méthodologies solides.

1.2.2.4 La démarche de design sonore

La démarche de design sonore est entreprise lorsque l'on cherche à définir de « nouveaux sons »[9] pour faire entendre une intention dans un contexte d'usage donné. Susini *et al.* (2014) proposent une articulation entre les recherches en perception sonore et les applications en design sonore. En effet, la création d'un son nécessite souvent des règles de conception : une alarme, par exemple, doit communiquer un niveau d'urgence plus ou moins élevé. Ce niveau dépendra de plusieurs caractéristiques du son pertinentes du point de vue de la perception. Les connaissances en psychoacoustique et en psychologie cognitive peuvent alors permettre d'établir des éléments qui viendront nourrir le travail de création sonore. L'équipe de recherche *Perception et Design Sonores* de l'Ircam propose une démarche méthodologique globale pour le design sonore, inspirée de la forme générale de la conduite de projets en design (Susini *et al.* 2014). Ce processus s'articule en trois étapes (voir figure 1.6) : analyse, création, validation.

[9] C'est à dire qui ne sont pas issus de bases de données existantes ou obtenus par un simple enregistrement.

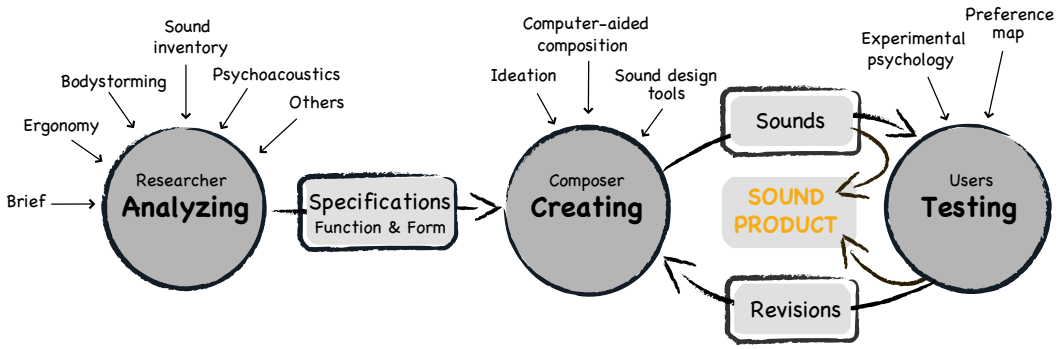


FIG. 1.6: Processus de design sonore proposé par l'équipe de recherche *Perception et Design Sonores* de l'Ircam (Susini *et al.* 2014).

La phase d'analyse a pour objectif d'identifier et de développer des spécifications pour la phase de création sonore : les intentions que l'on cherche à faire entendre doivent etre transformées en données d'entrée pertinentes pour le designer. Les intentions peuvent être de plusieurs natures (fonction, identité, qualité, émotions...). Pour Susini *et al.* (2014), il est possible de s'appuyer sur les informations déjà disponibles dans notre environnement ainsi que sur les références culturelles ou conventions de notre société. Cela renvoie à la notion d'*affordance* (Norman 1999) : l'usage d'un nouvel objet sera d'autant plus intuitif que celui-ci présentera des analogies avec d'autres objets ou éléments naturels. La première étape consiste généralement à effectuer un inventaire de sons environnementaux représentatifs du produit ciblé et à en décrire son contenu au niveau perceptif, mais aussi acoustique ou sémantique.

La phase de création sonore a pour objectif la réalisation de sons répondant au cahier des charges établi lors de la phase d'analyse. Des compositeurs ou designers sonores sont alors mis à contribution pour développer une ou plusieurs solutions qui seront ensuite testées lors de la phase de validation. Cette phase fait appel au savoir-faire (principes de compositions, méthodologies de création sonore) des compositeurs et aux outils de synthèse sonore dont ils disposent.

La phase de validation permet d'évaluer les sons proposés à l'issue de la phase de création sonore à l'aide de procédures expérimentales pertinentes vis-à-vis de l'étude (type de sons, nature des spécifications...). Au-delà du respect du cahier des charges, il s'agira de vérifier que les intentions désirées sont bien véhiculées par les sons proposés. Cette phase s'articule avec la création sonore de manière itérative. Elle permet d'évaluer le travail du compositeur et de lui indiquer les éventuels éléments à retravailler. Cette phase conduit à la sélection, parmi les propositions issues de la phase de création, d'un

Étape	**Description**
Analyse	Analyse de l'activité des voyageurs dans les gares, afin d'identifier les problèmes d'usage rencontrés le long de leur parcours.
Création	Conception des sons par le compositeur H. Kawakami. Rédaction d'un cahier des charges fonctionnel tenant compte des critères architecturaux, des critères acoustiques des espaces où sera mise en place la solution sonore. La fonction étudiée est le guidage des usagers par signalétique sonore.
Validation	Évaluation de la solution proposée en laboratoire puis installation en gare. Évaluation in-situ pour évaluer son potentiel.

TAB. 1.1: Tableau présentant les trois étapes de la démarche de design sonore menée dans la thèse de Tardieu (2006).

prototype correspondant aux spécifications et aux attentes.

Le tableau 1.1 montre un exemple d'application de ce processus de design sonore à la réalisation d'une solution de guidage sonore en gare. Cette démarche a été mise en œuvre lors d'une précédente collaboration entre SNCF et l'Ircam, dans le cadre de la thèse de Tardieu (2006). L'objectif de ces travaux était de comprendre quelles informations les usagers peuvent tirer de l'ambiance sonore d'un espace public, afin de pouvoir leur proposer efficacement de nouvelles informations sonores. A partir de l'étude de la représentation mentale des ambiances sonores des gares, des solutions de guidages reposant sur la signalétique sonore ont été proposées et évaluées in-situ (Tardieu *et al.* 2009).

1.2.3 Vers une conception identitaire des ambiances sonores SNCF

SNCF s'intéresse d'une part à la diffusion de son identité de marque et d'autre part à des méthodes et stratégies qui lui permettront de mieux concevoir son environnement sonore. Les travaux précédemment entrepris par SNCF, notamment à travers les thèses de Mzali (2002) et Tardieu (2006) ont apporté de solides éléments de connaissances sur l'univers sonore ferroviaire. Aujourd'hui, SNCF s'oriente de plus en plus vers une démarche de design sonore. La conception de « nouveaux sons » au sein des ambiances sonores SNCF est alors une opportunité pour la marque d'exprimer son identité comme elle le fait à travers le design visuel de ses équipements. Dans le contexte de son entrée dans un univers concurrentiel, l'entreprise cherche en effet à affirmer son identité grâce à de nouveaux vecteurs d'expression. Nous avons présenté le design sonore comme un processus visant à

« faire entendre une intention ». Peut-on prendre en compte les intentions de la marque dans la conception des sons ? De quels moyens dispose-t-on aujourd'hui pour exprimer une identité par le son ? Nous avons présenté l'exemple du jingle SNCF ainsi que de la voix de Simone Hérault, aujourd'hui piliers de l'identité sonore SNCF. Mais l'univers sonore de SNCF ne s'arrête pas à ces deux éléments. Si le design sonore permet de véhiculer des intentions de qualité et de fonction, peut-il rendre les sons de l'environnement porteurs d'une identité ? Le processus de design sonore proposé par Susini *et al.* (2014) nous fournit un cadre méthodologique pour répondre à cette problématique de recherche. L'enjeu principal consiste donc à intégrer des spécifications identitaires dans ce processus tout en tenant compte des contraintes fonctionnelles liées aux objets vecteurs de l'identité (qu'il s'agisse de sons intentionnels ou non).

1.3 Conclusion

Nos travaux de recherche sont nés d'une part de la volonté de la marque SNCF d'explorer de nouveaux moyens permettant de véhiculer son identité de marque, et d'autre part de la nécessité pour la recherche en design sonore d'établir des méthodologies de travail permettant d'intégrer des intentions identitaires dans la conception sonore pour différents supports, physiques ou numériques. Nous proposons de suivre la démarche méthodologique proposée par l'équipe *Perception et Design Sonores* de l'Ircam : analyse, création, validation. Notre objectif sera d'étudier la question des spécifications identitaires dans le design sonore, afin de proposer des outils et méthodologies pour la conception et le déploiement d'une identité sonore sur des supports adéquats. Nous avons souligné l'aspect pluridisciplinaire du design sonore. Si l'on cherche à prendre en compte l'identité de marque dans le design, nous devons avant tout mieux comprendre le domaine du marketing et de l'identité. Ces connaissances nous permettront de développer une méthodologie adaptée à notre problème de recherche. Nous devons donc commencer par réaliser un état de l'art centré sur la thématique de l'identité sonore, l'objectif étant de comprendre comment spécifier une intention identitaire pour la phase de création sonore. A partir de ces spécifications, nous pourrons nous appuyer sur une phase de création sonore puis une phase de validation pour venir compléter notre étude.

À RETENIR :

☐ La SNCF est entrée depuis quelques années dans un univers concurrentiel et est devenue une marque, **la marque SNCF**. Dans ce contexte, elle cherche à véhiculer son identité par de nouveaux moyens afin de se préparer au mieux à l'arrivée de la concurrence.

☐ Certains sons sont caractéristiques d'un lieu ou d'une communauté. Schafer les appelle des **marqueurs sonores** car ils participent à l'identification du lieu en question et le rendent unique.

☐ Aujourd'hui, les industriels ne cherchent plus seulement à contrôler la qualité des sons de leur environnement, mais à **faire entendre une intention** désirée à travers la conception de nouveaux sons : c'est le **design sonore**.

Chapitre 2

Communiquer une identité de marque

Ce chapitre se focalise sur le concept de l'identité de marque. Afin d'établir des méthodologies de travail pour la conception d'une identité sonore de marque, il est essentiel de repartir d'une définition claire de ce que représente l'identité de marque, de ses moyens d'expression et de son intérêt pour la marque. Les concepts de marque et d'identité de marque sont abordés de manière globale dans un premier temps. Nous nous intéresserons en particulier aux méthodes de communication dont dispose la marque pour spécifier et véhiculer son identité. Dans un deuxième temps, nous aborderons la question de l'identité sonore des marques. Enfin, nous conclurons ce chapitre en présentant une enquête réalisée auprès de professionnels du son, dont l'objectif est de comprendre la place de l'identité sonore dans leur travail quotidien, et d'examiner les différentes méthodologies utilisées en pratique pour traiter la question de l'identité sonore.

2.1 La marque et son identité

Les origines du concept de marque sont lointaines. Dès l'Antiquité, les artisans grecs et égyptiens prirent l'habitude d'apposer des signes distinctifs sur leurs productions (poteries, tissus...). Les sceaux et emblèmes des corporations du Moyen-Âge dans lesquelles se regroupaient les artisans ou les médecins permettaient de garantir l'authenticité des produits ou des services. Aujourd'hui, les marques sont devenues l'une des manifestations les plus représentatives de l'économie moderne, jusqu'à devenir des noms communs de notre langue tels que thermos, bic, fermeture éclair, klaxon, calepin, bretelle...

2.1.1 Qu'est-ce qu'une marque ?

Donner une définition de la marque est une tâche délicate puisqu'elle peut être vue sous plusieurs angles (Wood 2000). L'American Marketing Association propose en 1960 une définition de la marque :

> *[...] A name, term, sign, symbol, or design, or combination of them, intended to identify the goods or services of one seller or group of sellers and to differentiate them from those of competitors.*

Cette définition est aujourd'hui critiquée car elle met l'accent sur les éléments visuels tangibles en tant qu'éléments de différenciation. Cependant, les raisons d'être de la marque avancées dans cette définition, à savoir **l'identification** et **la différenciation** des produits d'un même groupe, persistent dans la littérature marketing contemporaine (Aaker 1991, Kotler *et al.* 1996 cités dans Wood 2000). Aujourd'hui, les marques sont devenues un enjeu économique énorme et ont même une valeur chiffrée (en $) dans le bilan des entreprises : on parle ainsi de capital-marque pour désigner l'ensemble des *« flux financiers additionnels (actuels et futurs) résultant de la vente de produits portant la marque comparés à ceux qui résulteraient de la vente des mêmes produits sans marque »* (Simon et Sullivan 1993). Cette valeur supplémentaire repose sur la décision des consommateurs dans le processus d'achat. En effet, pour le consommateur, la marque est un repère mental sur un marché (Lewi et Lacoeuilhe 2007). Pour Keller (1993), le capital-marque est donc égal à *« la combinaison de l'attention à la marque et des associations fortes, uniques et positives stockées sur la marque dans la mémoire des consommateurs. Cette connaissance se traduit par un effet différentiel dans la réaction des consommateurs aux actions marketing de la marque »*. La prise de conscience de la valeur des marques par les responsables d'entreprise date des années 1980 (Kotler *et al.* 2014). Aujourd'hui, la marque est un élément stratégique majeur pour toute entreprise, et s'étend même à d'autres types de structures : les entreprises de services (SNCF, Société Générale), les lieux (on parle de « place branding » Kavaratzis (2005) et même de « nation branding » Fan (2006)) ou encore les organisations et services publics (Stride et Lee 2007).

2.1.2 L'identité : un outil stratégique

La construction d'une identité de marque est un élément essentiel dans la stratégie de marketing. Aaker (2012) présente l'identité de marque à la fois comme un ensemble unique d'associations devant être créées et maintenues stratégiquement dans l'esprit des consommateurs, et comme un outil stratégique qui permet de guider les décisions importantes sur la marque et qui garantit la cohérence des diverses actions entreprises dans le temps. Contrairement à l'« image », qui désigne la façon dont la marque est réellement

perçue par les consommateurs, l'identité est un concept d'émission qui traduit la façon dont la marque veut être perçue :

> *« L'identité est un concept d'émission. Il s'agit de spécifier le sens, le projet, la conception de soi de la marque. L'image est un résultat, un décodage. Sur un plan managérial, l'identité précède l'image. Avant d'être représenté dans l'esprit du public il faut savoir ce que l'on veut présenter. Avant d'être reçu, il faut savoir émettre. »* (Kapferer 1995)

La personnalité de marque, définie comme *« l'ensemble des caractéristiques humaines associées à une marque »* (Aaker 1997), est une composante essentielle de l'identité de marque. On parle souvent de « traits » de personnalité, le mot *caractéristiques* est préféré dans cette définition car le concept de personnalité de marque englobe des associations plus larges telles que des caractéristiques démographiques comme l'âge, le sexe, la classe sociale... (Levy 1959 cité dans Aaker 1997). L'existence de la personnalité de marque repose à la fois sur le mythe de l'anthropomorphisme (la marque ressemble à un être humain) et sur l'animisme (la marque est dotée d'une âme comparable à celle de l'homme). L'objet-marque est alors haussé au rang d'individu à égalité avec le consommateur et peut s'adresser à lui, comme le souligne Tomasella (2002) en donnant l'exemple d'une inscription sur une bouteille d'eau parfumée : *« En alliant le goût subtil des zestes d'orange douce à la pureté de son eau, Volvic vous offre cette boisson naturelle et rafraîchissante »*. Cette stratégie s'est montrée très efficace et a été abondamment utilisée dans la publicité (Aaker 1997). Les moyens classiques de communiquer une personnalité sont de donner à la marque un nom de personne imaginaire (e.g. La Laitière, Monsieur Propre), de créer un personnage imaginaire qui lui est associé (e.g. le cowboy de Marlboro), ou même d'adosser à la marque un personnage célèbre (e.g. George Clooney pour Nespresso) par le biais de la publicité (Vernette 2008). Certaines études (Malhotra 1981, Sirgy 1982) suggèrent que la préférence pour une marque est d'autant plus grande que la personnalité de cette marque ressemble à celle du consommateur. La personnalité de marque a ainsi été étudiée en profondeur par Aaker (1997). Dans son étude, Aaker cherche à s'inspirer des dimensions décrivant les caractéristiques distinctes spécifiques de la personnalité humaine pour redéfinir leur équivalent dans le cadre d'une personnalité de marque. À partir d'un ensemble de traits de personnalité issus de la psychologie et de mots utilisés en pratique par les agences de marketing, Aaker a mené une série d'expériences consistant à faire évaluer un grand nombre de marques par un large panel de consommateurs. Les résultats de l'analyse factorielle de ces notations ont fait ressortir cinq dimensions (en anglais) : *Sincerity*, *Excitement*, *Competence*, *Sophistication* et *Ruggedness*. Ces dimensions ne sont pas stables selon les langues et les cultures : Aaker a reproduit ces expériences pour d'autres pays, faisant ainsi apparaître des dimensions spécifiques comme la *paix* pour le

Japon ou la *passion* pour l'Espagne (Aaker *et al.* 2001). Dans le cas de la France, Koebel et Ladwein (1999) ont trouvé six dimensions structurant la personnalité de marque. Ces résultats sont détaillés dans le tableau 2.1.

Domination	Compétence	Consciencieuse	Masculinité	Expansivité	Séduction
Unique Indépendante Sûre d'elle Contemporaine Leader	Fiable Robuste Technique Sûre	Réaliste Travailleuse Organisée Intelligente Honnête	Masculine Virile Rude	Audacieuse Imaginative Fougueuse Dans le vent Gagnante Gaie	Envoûtante Séduisante Belle Sentimentale Féminine Excitante Distinguée

TAB. 2.1: L'échelle de personnalité de la marque d'Aaker adaptée au contexte Français (Koebel et Ladwein 1999).

Les cinq dimensions de l'échelle d'Aaker sont aujourd'hui encore utilisées en tant qu'outil pour analyser l'image des marques et les comparer (Diamantopoulos *et al.* 2005, Littel et Orth 2013). La personnalité de marque ainsi définie par Aaker est également incluse dans les six facettes du prisme d'identité de marque proposé par Kapferer (1998) comme outil pour définir et analyser les marques. Si cet aspect de l'identité est un élément fort dans la construction d'une marque, les associations fortes pouvant être créées dans l'esprit des consommateurs ne se limitent pas qu'à des traits de personnalité ou des caractéristiques humaines. Des auteurs comme Kapferer (1998) ou Kotler *et al.* (2014) recensent ainsi d'autres types de valeurs pouvant être issus de la culture de la marque (innovation, tradition, histoire...) ou du profil d'utilisateur typique de la marque (luxe, low cost...).

2.1.3 Véhiculer l'identité

La marque n'existe que si elle communique (Kapferer 1995). L'identité permet alors de donner une référence commune à tous les éléments de sa communication et doit être visible dans tous les signes émis par l'entreprise. Olins (1990) classe ces vecteurs d'émission en quatre catégories :

- ☐ Les produits et les services vendus par l'entreprise sous cette marque
- ☐ L'environnement de l'entreprise dans lequel sont vendus ces produits ou services
- ☐ L'information communiquée par l'entreprise
- ☐ Le comportement et les attitudes des employés, aussi bien en interne (management) qu'en externe (relations avec les clients)

Dans le cadre de nos travaux de recherche, nous avons choisi d'explorer plus en détails deux types de supports d'expressions : ceux liés à la communication de la marque, et ceux

liés aux produits et à l'environnement caractéristiques de la marque (correspondant aux deux premiers points mentionnés ci-dessus). Nous verrons en effet que cette distinction se retrouve dans le cas de l'identité sonore (voir § 2.2.1, page 33).

2.1.3.1 L'identité dans la communication

Les campagnes d'affichage publicitaire, la télévision, et aujourd'hui la diffusion de vidéos sur internet sont autant de moyens pour les marques de se faire entendre. La publicité est de nos jours considérée comme l'un des principaux facteurs de création d'image de marque (Meenaghan 1995). La publicité crée une relation entre la marque et le consommateur. Pour Johar et Sirgy (1991), l'expression de valeurs symboliques est l'une des deux grandes stratégies publicitaires (l'autre étant fondée sur une démonstration fonctionnelle consistant à persuader le consommateur que le produit apporte quelque chose de réellement utile et important). La première approche implique alors d'avoir recours à la personnalité de la marque, ainsi que nous l'avons vu dans la section précédente avec les exemples de Vernette (2008). Dans la vidéo de communication[1] par laquelle SNCF dévoile sa nouvelle identité au public, l'entreprise ferroviaire expose sa personnalité : le positionnement choisi par SNCF est celui d'être une marque *simple* et *bienveillante*, à l'écoute des attentes des voyageurs. Au-delà de ces deux valeurs-clefs, l'identité de la marque SNCF repose sur cinq valeurs supplémentaires : SNCF est une marque *performante*, *inventive*, *de confiance*, *directe* et *attentionnée*. Ces valeurs de marque sont définies dans un document interne qui les illustre par des mots-clefs et donne des exemples de situations dans lesquelles elles s'appliquent (relation entre employés, ton du discours à adapter envers les voyageurs...). La plupart des marques construisent aujourd'hui leur identité autour de valeurs-clefs. On peut citer les exemples de Renault[2] (*vie* et *passion*), ou de Nature & Découvertes[3] (*curiosité*, *calme*, *accueil*, *écologie*).

2.1.3.2 L'identité dans le design des produits

Parmi les vecteurs d'expression de l'identité de marque, Olins (1990) cite en premier les produits et services vendus par la marque. Le designer Guido Stompff insiste sur ce moyen fondamental de véhiculer l'identité, souvent délaissé au profit de l'identité de communication (Stompff 2003). Par le biais de nos sens, nous interagissons avec les produits qui nous communiquent des émotions et contribuent ainsi à forger l'image que nous avons de la marque qui les distribue. Le design des produits crée donc de la valeur pour la marque. Warell *et al.* (2006) ont étudié la façon dont les consommateurs créent

[1] https://www.youtube.com/watch?v=-36ATjCC0sg
[2] https://group.renault.com/actualites/blog-renault/une-nouvelle-identite-visuelle-pour-renault
[3] http://www.natureetdecouvertes.com/notre-histoire

des références identitaires à travers les éléments visuels des produits, afin de traduire le concept d'identité de marque dans le domaine du design des produits. Pour Warell, le concept d'identité est relié aux notions de similarité et de dissimilarité entre les produits : l'identité est alors un ensemble d'attributs partagés par un groupe de produits et que les autres groupes de produits ne possèdent pas. Karjalainen et Snelders (2010) proposent de travailler sur des éléments de design caractéristiques des marques Nokia et Volvo pour véhiculer leur identité par le biais des produits. La relation entre l'identité de marque et le design des produits est alors établi à travers une *« transformation sémantique »* : les éléments de design sont conçus dans le but d'être perçus et interprétés consciemment ou inconsciemment comme étant reliés aux valeurs de la marque. Par exemple, des formes arrondies et des couleurs chaudes peuvent suggérer que le produit à un caractère chaleureux et protecteur (Janlert et Stolterman 1997 cité dans Karjalainen et Snelders 2010). Les travaux de Karjalainen ont été repris et appliqués au secteur du luxe (Kongprasert *et al.* 2008) et du bois de Tek (Kongprasert 2012). Les logos visuels et les textes présents sur les emballages et dans la communication des marques sont eux aussi vecteurs d'associations. Ainsi, les logos arrondis sont généralement perçus comme étant plus *harmonieux* que les logos anguleux (Zhang *et al.* 2006). Van Rompay *et al.* (2005) ont étudié l'influence de la dimension verticale de produits du quotidien sur les valeurs que véhiculent ces produits pour les utilisateurs. Ainsi, un produit plus grand véhiculera davantage les valeurs de *domination*, de *succès*, et même de *prestige* (Van Rompay *et al.* 2005). De la même façon, la police de caractère sur l'emballage pourra véhiculer le *luxe* ou l'*ordinaire* (Childers et Jass 2002). Il est alors important de s'assurer que les différents éléments de design sont cohérents, c'est-à-dire qu'ils véhiculent le même message. Van Rompay et Pruyn (2011) ont conduit une série d'expériences sur la congruence des éléments de design pour différents emballages de bouteilles d'eau. La figure 2.1 illustre différentes combinaisons d'éléments de design évaluées dans cette étude. Les résultats montrent que des incohérences dans le design, par exemple un texte perçu comme *féminin* sur une forme d'emballage perçue comme *masculine* (et vice-versa) auront pour effet d'abaisser le prix attendu par les consommateurs et la crédibilité de la marque (Van Rompay et Pruyn 2011). Par conséquent, les éléments de design forts contribuant à la différenciation et à l'identification des marques sont souvent protégés (brevets et marques déposées) pour se prévenir de la contrefaçon (Herm et Möller 2014).

2.1.4 Des outils pour communiquer une intention

Comment retrouver une identité de marque dans le design des produits ? Quels outils sont utilisés en pratique pour communiquer de telles intentions et permettre de les véhiculer sur différents types de support ? Dans la section suivante, nous explorons les



FIG. 2.1: Combinaisons de différents éléments de design (police de caractère et forme de l'emballage) pour une bouteille d'eau. a) forme féminine, police féminine, b) forme masculine, police masculine, c) forme féminine, police masculine, d) forme masculine, police féminine. Les tests consommateurs montrent que le prix attendu et la crédibilité de la marque sont plus élevés lorsque les éléments de design sont congruents, c'est-à-dire pour les bouteilles a et b (Van Rompay et Pruyn 2011).

différentes méthodes et outils utilisés en pratique pour répondre à ces problématiques. Notre démarche s'appuie essentiellement sur un état de l'art des formes de communications visuelles, que nous chercherons par la suite à extrapoler pour les adapter à notre cadre d'étude. Ces outils interviennent à différents stades des phases de conception.

2.1.4.1 Planches de tendance

Les designers s'aident fréquemment de collections d'images pour traduire les intentions de design de manière plus lisible et partagée par les différents acteurs du projet. Les planches de tendance (« moodboards » en anglais) constituent un outil visuel qui permet aux designers de travailler sur les ambiances et les émotions en s'affranchissant de toute restriction linguistique. Elles sont généralement constituées d'images (photographies, images de magazines, dessins...) placées sur le même support et arrangées d'une façon bien définie. Les planches de tendance ont une double fonction en design : une fonction d'inspiration et une fonction de communication (Lucero 2009, McDonagh *et al.* 2002). Elles permettent de proposer un support pour la recherche d'émotions et d'ambiances en adéquation avec les valeurs ciblées pour la conception du produit. Elles facilitent la communication interne entre les designers de l'équipe lors de la conception (Eckert et Stacey 2000), mais aussi la communication externe avec le client : elles peuvent servir de support pour la discussion entre le client et le designer sur les directions de design à prendre, afin de s'assurer que tous les acteurs du projet sont bien sur la même longueur d'onde. Les valeurs de la marque sont communiquées en entrée du processus

créatif. La constitution des planches de tendance permet alors au designer de rechercher de quelle manière ces valeurs s'expriment en terme de design. McDonagh et Denton (2005) ont étudié expérimentalement le processus de conception de telles planches. Leurs résultats montrent que les valeurs de *masculinité* et de *féminité* sont perçues de manière consensuelle par un panel de designers dans une série de planches de tendance exclusivement constituées d'images abstraites. Les jugements de masculinité ou de féminité sont en accord avec les intentions de design initiales. De plus, les auteurs remarquent que, de manière générale, les planches jugées féminines font souvent apparaître des courbes, des formes ovoïdes, une grande variété de couleurs et un fondu entre les images. Les planches jugées masculines sont plutôt constituées de formes anguleuses, souvent de couleur sombre ou métallique, avec des images séparées par des lignes droites très marquées. Ces résultats suggèrent l'existence d'éléments visuels qui conditionnent la perception de masculinité et de féminité. Les planches de tendance semblent alors être un outil pertinent pour effectuer la « transformation sémantique » définie par Karjalainen et Snelders (2010). Ahmed et Boelskifte (2006) ont néanmoins montré expérimentalement que les utilisateurs des produits ne parvenaient pas à reconnaître les planches de tendance qui avaient servi à la conception de ces mêmes produits. L'utilisation de cet outil au sein du processus de conception du produit est pertinente, mais son utilisation pour évaluer la perception du produit par l'usager ne semble pas fonctionner. Les planches de tendance font intervenir principalement la modalité visuelle, mais des travaux exploratoires ont étudié la possibilité de décliner l'idée de planche de tendance sur les cinq sens afin de définir des territoires identitaires multi-sensoriels (Gentner *et al.* 2013). De même, certains designers sonores que nous avons rencontrés (voir § 2.3) ont recours à des équivalents sonores des planches de tendance.

2.1.4.2 Kansei engineering

Le Kansei engineering est une méthode de conception de produit orientée utilisateur qui est apparue au Japon dans les années 1970, et dont l'objectif est de *« transcrire les valeurs émotionnelles en un ensemble de paramètres concrets pour le design »* (Schütte *et al.* 2008 cité dans Gentner 2014). Cette technique repose sur plusieurs phases : la première phase est une phase d'analyse et de définition des « Kansei » (pouvant être traduits littéralement par « concepts liés aux sentiments, émotions, affects »). Ces Kansei sont extraits du jugement des consommateurs, le plus souvent à l'aide d'expériences perceptives. La seconde phase consiste à relier ces Kansei à des paramètres de conceptions exprimés à l'aide d'images, de couleurs, de formes, de descripteurs physiques... La

traduction des Kansei en éléments de design s'effectue à l'aide de méthodes expérimentales telles que l'analyse sensorielle ou l'analyse fonctionnelle (Poirson 2005). L'objectif est d'étudier la caractérisation des produits d'un point de vue descriptif d'une part, et d'un point de vue affectif d'autre part, afin d'établir des corrélations entre la perception des Kansei et la présence ou l'absence d'éléments de design. Le chapitre 3 présentera des méthodes de ce type permettant de décrire et caractériser des produits. Certains industriels entretiennent des bases de données issues du résultat de telles méthodes expérimentales afin d'automatiser cette démarche de Kansei engineering (Poirson 2005). Dans des travaux de recherche effectués pour la marque Toyota, Gentner (2014) propose de nouvelles méthodes permettant d'extraire les Kansei et de les relier à des directions de design potentielles. Ces méthodes ont pour origine les travaux de Bouchard *et al.* (2009), qui ont étudié les différentes intentions de design exprimées par les designers et les ont classées en trois groupes :

- **Les intentions bas-niveau :** elles correspondent à des attributs sensoriels concrets tels que les formes, la couleur et la texture.
- **Les intentions moyen-niveau :** elles correspondent à des objets, des références, des comparaisons qui font le lien entre les informations concrètes (intentions de bas-niveau) et les informations abstraites (haut-niveau).
- **Les intentions haut-niveau :** elles correspondent aux valeurs abstraites qu'on veut retrouver dans le produit. Dans le cadre du Kansei Engineering, elles sont l'équivalent des kansei. Leur définition est plus large et englobe plus généralement les attentes des utilisateurs, les valeurs de marque...



FIG. 2.2: Les Kansei Cards, un outil de co-design utilisé dans les phases amont de la conception (Gentner *et al.* 2014).

Ces trois niveaux ont servi de base à la construction d'un outil de communication, les *Kansei Cards* (Gentner *et al.* 2014). Les trois types d'intentions sont explorés à l'aide de cartes combinant des mots, des images et des pictogrammes. Les familles de cartes sont aussi nombreuses (11 au total) que variées (e.g. *formes simples*, *couleurs*, *fleurs*, *sports*,

émotions, *gestes*, *chaises*...). Gentner *et al.* (2014) proposent deux utilisations des *Kansei Cards*. Dans un premier temps, l'outil a été utilisé pour exprimer les directions de design possibles de la nouvelle génération de voitures hybrides à partir des attentes d'un panel de consommateurs. Chaque utilisateur avait ainsi la possibilité d'exprimer ses propres attentes pour le design en sélectionnant un ensemble de cartes traduisant au mieux ses intentions. Les participants avaient la possibilité de construire plusieurs groupes définissant plusieurs directions de design possibles. À la fin de la session, ils avaient pour consigne d'évaluer chacun des groupes sur un ensemble d'échelles sémantiques unipolaires (par exemple sur les adjectifs *dynamique*, *premium*, *leader* ...). Des analyses en composantes principales couplées avec des analyses de clusters hiérarchiques ont alors permis de dégager des tendances fortes dans l'association des termes de différents niveaux (haut, moyen et bas). Des exemples de telles tendances sont donnés sur la figure 2.3.

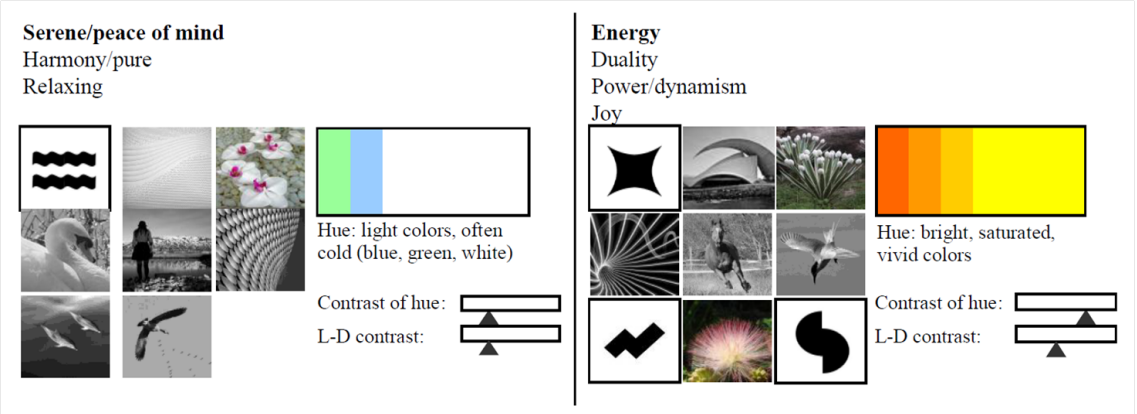


FIG. 2.3: Exemple de clusters traduisant des directions de design possibles pour des voitures hybrides, construits à l'aide des Kansei Cards (Gentner *et al.* 2014).

D'autre part, l'outil a été utilisé en tant que support de communication au sein d'un groupe de designers. Un test de validation a montré que la quantité et la qualité des idées générés par ce groupe pour répondre à une situation de design donnée dépassaient largement celles des idées générées par un groupe contrôle (Gentner *et al.* 2014). Ce type d'outil présente plusieurs avantages. D'une part, son utilisation repose sur le principe d'association entre des concepts de différentes natures ; nous avons vu que la notion d'identité de marque, d'après la définition d'Aaker (2012) repose sur ce même principe, ce qui conforte la méthodologie proposée par Gentner. D'autre part, la combinaison de plusieurs types de concepts permet d'explorer une infinité de directions de design possibles. Nous nous inspirerons fortement de ces Kansei cards afin de construire un outil de communication adapté à la définition d'identités sonores (voir chapitre 8).

2.1.4.3 Charte visuelle identitaire

L'identité visuelle est la représentation graphique de l'identité d'une entreprise ou d'une marque. Elle s'exprime à travers différents supports tels que les signes, les couleurs, les formes, les textes ainsi que les mises en forme, les règles d'utilisation étant soigneusement explicitées dans une charte visuelle Van den Bosch *et al.* (2005). La charte est un document de référence qui permet de s'assurer de la cohérence visuelle de toutes les formes de communication extérieure et intérieure à l'entreprise. Elle s'appuie principalement sur des tables de couleurs et de typographie ainsi que sur des recommandations d'usages : placement de logo, choix d'une couleur plutôt qu'une autre, choix d'une police de caractère... L'identité visuelle peut se retrouver dans le packaging (Underwood 2003), dans le design des produits, dans la communication (Melewar 2003), dans les véhicules et les vêtements des employés (Olins 1985) et même dans l'architecture des bâtiments de l'entreprise (Dowling 1994 cité dans Melewar 2003). Le cas de l'entreprise française La Poste est un bon exemple de l'utilisation d'une charte visuelle déclinée sur différents types de supports (figure 2.4)



FIG. 2.4: L'identité graphique de La Poste déclinée sur différents supports visuels. L'utilisation systématique des couleurs jaune (dominante) et bleu (secondaire) donne de la cohérence aux différents supports et garantit une reconnaissance immédiate de la marque.

La charte visuelle n'est pas un outil de recherche ou de conception au même titre que les planches de tendances. Il s'agit davantage d'une garantie de cohérence dans la communication visuelle. Nous avons déjà souligné l'importance de cette cohérence dans le design des produits (§ 2.1.3.2, page 25). Essayer de traduire les valeurs identitaires de

la marque en un ensemble de codes et de règles visuels est alors un moyen de s'assurer que l'identité de marque s'exprime bien à travers des produits. Par conséquent, une fois les éléments de design caractéristiques des valeurs de la marque identifiés (par exemple, à l'aide des méthodes que nous avons présentées précédemment), la charte permet de les ancrer dans le temps et de les partager à grande échelle. La *simplicité*, valeur clef de l'identité SNCF, est ainsi mise en avant dans l'iconographie et dans les règles d'utilisation des couleurs : fonds blancs, aplats de couleurs sans reliefs ni dégradés... Les informations relatives à l'identité visuelle SNCF sont regroupées sur une plateforme en ligne dont l'accès est donné aux employés ainsi qu'aux agences de design effectuant des prestations pour SNCF. L'existence de chartes définissant les codes visuels à adopter soulève la question de son équivalent sonore : peut-on définir de la même façon une charte sonore, indiquant des règles d'usages et d'agencement d'éléments sonores ? Et si oui, quels seraient les éléments constitutifs d'une telle charte ? Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre 4 de ce manuscrit.

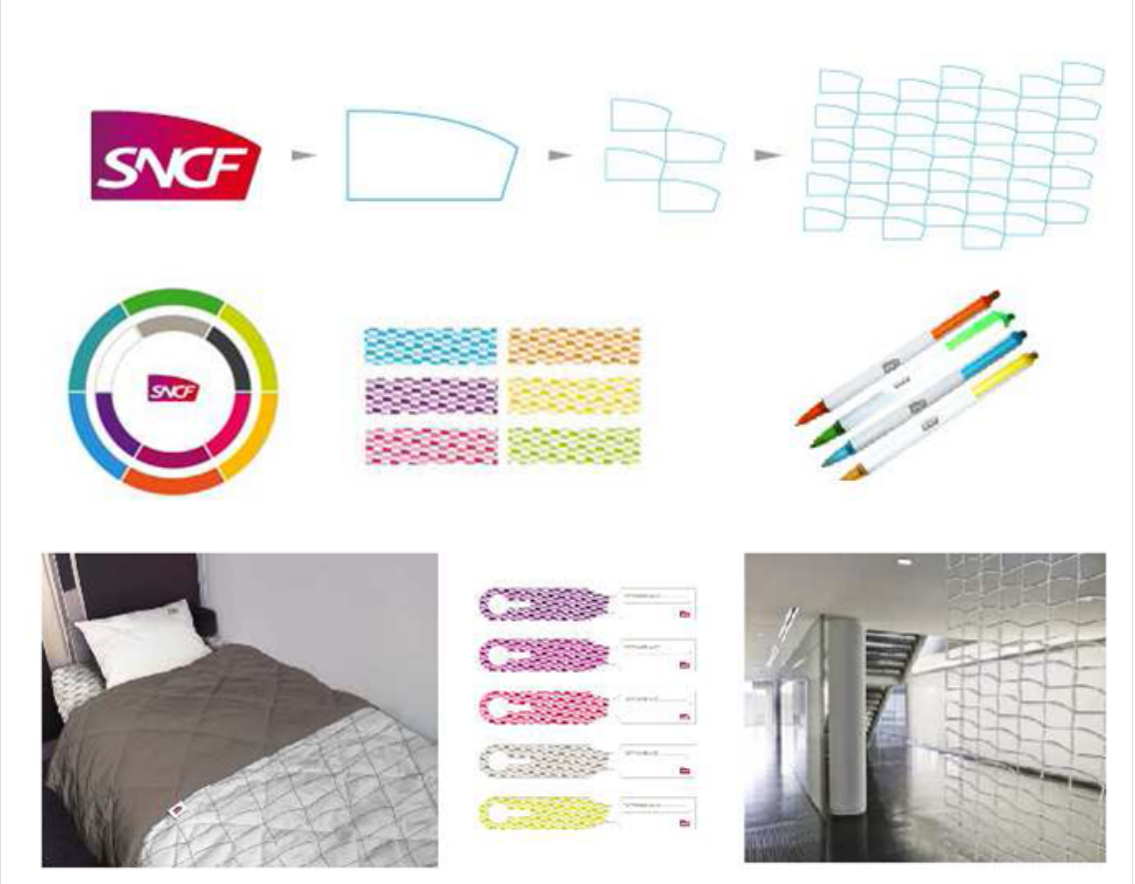


FIG. 2.5: Charte visuelle identitaire de SNCF et application au design des produits et espaces de la marque.

2.2 L'identité sonore

À partir de la définition générale de l'American Marketing Association (cf. § 2.1.1), Bartholmé et Melewar (2011) proposent une définition de l'identité sonore d'une entreprise : il s'agit de *« l'ensemble des indices sonores à travers lesquelles un public peut reconnaître l'entreprise et la distinguer d'autres entreprises »*. Ces indices sonores peuvent être de nature différente : logos sonores, musique d'ambiance, musique de publicité, musique d'attente téléphonique, mais aussi les sons des produits, les voix et les ambiances sonores (Bartholmé et Melewar 2011, Treasure 2007).

2.2.1 Identité sonore et identité musicale

Le domaine du marketing sensoriel dédié à la modalité auditive est relativement récent, ce qui génère régulièrement des confusions dans l'emploi du vocabulaire mobilisé. La principale ambiguïté réside dans l'utilisation des adjectifs *« sonore »* et *« musical »* (Goudey 2007). Goudey propose de distinguer ces deux adjectifs en définissant l'identité sonore comme résultant du son provoqué par les produits, et l'identité musicale comme résultant de la communication de la marque (publicité, internet, l'attente téléphonique). Dans le cadre de nos recherches, nous combinerons à la fois la définition de Bartholmé et la distinction de Goudey pour proposer une définition de l'identité sonore :

DÉFINITION :

L'identité sonore d'une marque ou d'une entreprise est l'ensemble des indices sonores à travers lesquels un public peut reconnaître l'entreprise et la distinguer d'autres entreprises. Ces indices peuvent être de deux types : ceux liés à l'identité sonore de communication de la marque et ceux liés à l'environnement sonore des espaces de la marque et des sons des produits, les premiers étant essentiellement musicaux (à l'exception de la voix) et les seconds étant essentiellement non-musicaux. Le **design musical identitaire** consiste alors à choisir ou à composer des musiques ou des fragments musicaux qui correspondent aux messages et aux valeurs que la marque veut exprimer, tandis que le **design sonore identitaire** se focalise sur les sons de l'environnement et des produits, que ceux-ci soient crées volontairement pour remplir une fonction donnée (sons intentionnels) ou qu'ils soient générés par le simple fonctionnement des objets (sons non-intentionnels).

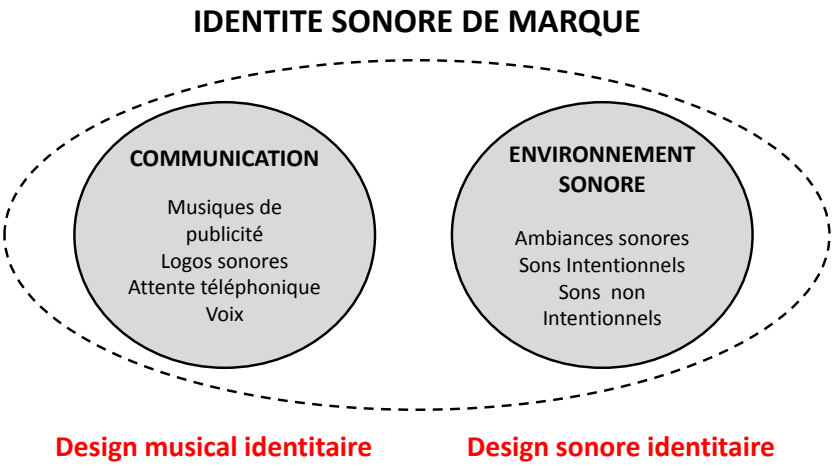


FIG. 2.6: Les deux grandes classes de supports de l'identité sonore et leurs domaines de compétence associés.

Dans les paragraphes suivants, nous présenterons les différents travaux de recherche faisant le lien entre le son et les marques. Nous commencerons par explorer le domaine du design musical : ce champ a en effet fait l'objet de nombreuses investigations. Bien que nos travaux de recherches soient davantage focalisés sur le design sonore, les méthodologies et outils utilisés pour travailler sur la musique peuvent constituer de bonnes sources d'inspiration pour notre étude.

2.2.2 L'utilisation de la musique dans le domaine du marketing

Le chant dans la publicité n'est pas une invention moderne liée à la radio ou à la télévision. Julien (1989) (cité dans Goudey 2007) situe les origines de ce procédé au XIIIème siècle, lorsque les marchands ambulants chantaient leurs offres dans les rues à l'aide de morceaux à trois voix. Bien avant les considérations liées à l'identité de marque, la musique a été utilisée à des fins commerciales. La musique d'ambiance sur les points de vente a une influence sur le comportement des consommateurs : les clients restent plus longtemps dans un magasin lorsqu'il y a de la musique (Rieunier 2000, Yalch et Spangenberg 1993), et leur vitesse de circulation est influencée par le tempo de la musique (Milliman 1982). De la même manière, la présence de musique sur un serveur d'attente téléphonique augmente le temps pendant lequel l'appelant accepte de rester en ligne (North *et al.* 1999) . Dans les bars, les clients consomment plus vite lorsque la musique est de tempo rapide (McElrea et Standing 1992) et consomment plus de boissons lorsque le volume sonore est élevé (Jacob et Guéguen 2002). La fonction de la musique dans les messages publicitaires à la télévision et à la radio a également intéressé les chercheurs en marketing, notamment pour son influence positive sur la mémorisation des slogans publicitaires (Yalch 1991)

ainsi que sur les intentions d'achats (Alpert *et al.* 2005). La musique joue également un rôle important dans l'expression de l'identité de marque. Lorsque le consommateur ne peut pas évaluer la qualité intrinsèque des produits ou n'est pas en mesure de se référer à son expérience passée avec le produit ou l'enseigne, il réalise des inférences à partir des attributs extrinsèques du produit et son environnement d'achat (Daucé et Rieunier 2002). Il y a alors un transfert des attributs liés au style des musiques vers les attributs de la marque (Broekemier 1993). Les clients vont par exemple rester plus longtemps dans un magasin lorsque la musique qui y est diffusée est en adéquation avec l'image du magasin (Winther 2012). Selon une étude menée par Areni et Kim (1993), dans un magasin de vins, le montant moyen des achats par client est multiplié par 3 lorsque de la musique classique est diffusée en fond sonore plutôt que de la musique de variétés. Dans un magasin de vêtements, les clients perçoivent le magasin comme bas de gamme avec de la musique de variétés et haut de gamme avec de la musique classique ou New Age[4] (Yalch et Spangenberg 1993).

2.2.3 De l'identité de marque à l'identité musicale

De nombreuses agences proposent aujourd'hui de choisir ou de composer des jingles, musiques de publicités ou musique de sites web pour les marques. Si l'univers musical des marques est une opportunité pour l'expression de l'identité, le lien entre musique choisie et identité de marque n'est pas toujours évident à établir. La congruence entre musique, jingles et identité de marque est recherchée par les entreprises. Treasure (2013) fait même de cette congruence la première des « règles d'or » du design musical. Cependant, le procédé permettant de faire le lien entre les différents éléments musicaux de la marque et son identité reste délicat : comment mesure-t-on la congruence entre musique et identité ? Sur quels paramètres de la musique doit-on jouer ? Aujourd'hui, on ne trouve que peu de références académiques concernant le design musical[5] et la plupart des méthodologies utilisées pour créer les identités musicales des marques sont empiriques et peu partagées car elles constituent le savoir-faire des agences de design. Procéder par associations entre les attributs de la marque et les attributs musicaux est le moyen le plus souvent utilisé pour véhiculer une identité de marque (Winther 2012). Les échelles de personnalité de marque ont été utilisées pour mesurer la congruence entre l'identité musicale créée et l'identité de la marque, aussi bien pour les musiques (Burke 2004) que pour les jingles (Parikh et Aminoff 2013, Winther 2012). Dans une tentative de généraliser les associations entre identité de marque et attributs musicaux, Müller et Kirchgeorg (2010) ont repris les

[4] La musique New Age est une musique d'ambiance utilisée pour produire des atmosphères relaxantes et propices à la méditations

[5] La communauté « Audio Branding Academy » organise chaque année un congrès dédié au design musical (voir `http://audio-branding-academy.org/aba/`)

traits de personnalité de marque identifiés par l'étude d'Aaker (1997) et ont proposé une déclinaison de cette personnalité dans un univers musical. Les sous-descripteurs du modèle d'Aaker ont été hiérarchisés et des associations entre verbatim et musique ont été proposées pour chacun d'entre eux (voir figure 2.7). Si la tentative est louable, on peut se questionner sur la pertinence des associations proposées par ce diagramme. Les genres musicaux (jazz, rock, musique classique...), les instruments de musiques (saxophone, synthétiseur...) et les attributs issus de la théorie musicale (tempo, hauteur, mode...) sont mis sur le même niveau et sont parfois présents, parfois absents. Le procédé ayant conduit à la construction de ce diagramme n'est pas détaillé par les auteurs, qui se contentent de présenter l'outil final qu'ils utilisent en pratique dans leur agence de design musical. Nous mentionnons à titre indicatif qu'un projet européen nommé « ABC-dj » a été lancé cette année (2016). Son objectif est de construire, à partir des techniques de recherche intelligente de son, des moteurs de recommandations musicales pour les marques.

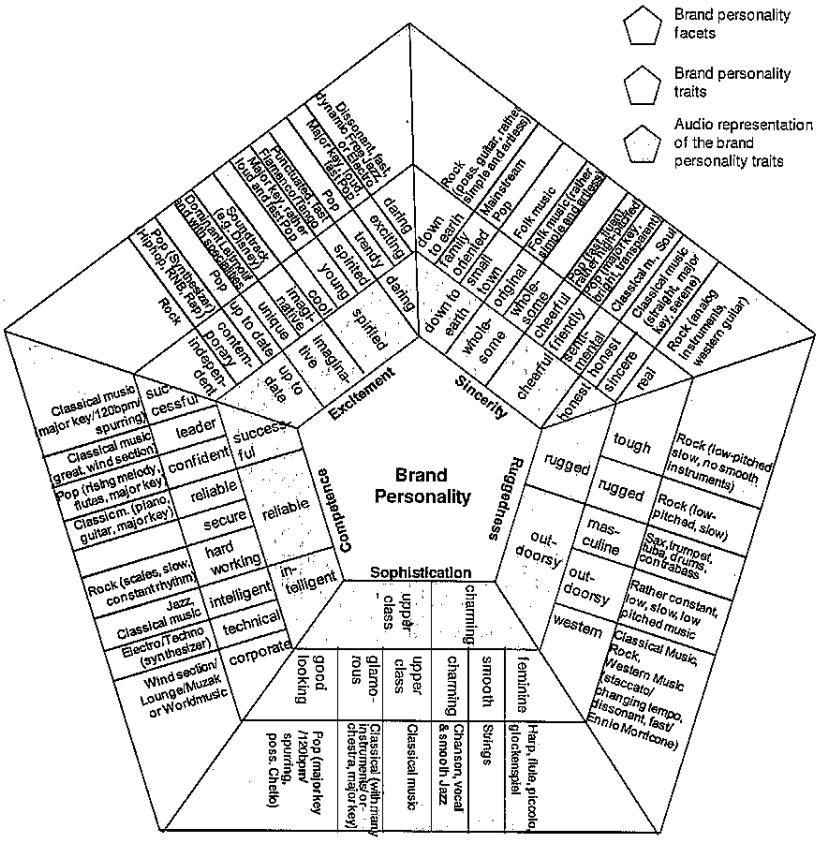


FIG. 2.7: Table empirique de correspondance entre les traits de personnalité de marque et les genres musicaux (Müller et Kirchgeorg 2010).

2.2.4 L'identité de marque dans le design sonore des produits

Depuis quelques années, certaines entreprises, à commencer par les marques de luxe, s'intéressent de plus en plus à la façon dont leurs produits « sonnent » et à sa cohérence avec leur identité. Dans l'univers de la cosmétique par exemple, le son est associé à la qualité d'un produit. Le bruit devient un critère segmentant qui participe à l'identité de la marque. Un « clap » sourd évoquera le luxe alors que le « dong » du plastique sera réservé aux entrées de gamme. Pour des interrupteurs haut de gamme, une approche silencieuse, synonyme de qualité, est favorisée (Simorre 2004). Un des exemples les plus mythiques est celui du son « Harley Davidson » : le bruit du moteur des Harley, caractéristique de la marque, va jusqu'à faire l'objet d'une homologation sur les nouveaux modèles (Pierson et Bozmoski 2003). Pourtant, la question de l'identité sonore des produits reste peu abordée dans la littérature académique. Nous pouvons mentionner toutefois les travaux de thèse de Le Nindre (2002) sur le typage sonore identitaire des véhicules sportifs ainsi que l'étude de Lageat *et al.* (2003) sur les briquets de luxe. Nous supposons en outre que dans la mesure ou mieux véhiculer son identité représente un avantage concurrentiel, certaines entreprises ayant travaillé sur cette question ne souhaitent pas publier leurs études.

2.2.5 Des outils pour communiquer une intention par le son

Communiquer des intentions par le son est une difficulté récurrente à laquelle sont confrontés les designers sonores. Plusieurs études font état des problèmes de communication dans le design sonore. Dans une étude sur le design sonore des produits industriels, Langeveld *et al.* (2013) pointent du doigt le manque de vocabulaire lié au son :

> *« In general, users lack the vocabulary to express themselves to explain what is wrong or right with a sound. They normally will say the product makes an unpleasant sound or noise. Designers also lack the vocabulary to express design concepts that may also be used in the design of a sound. The acoustical engineers have a very technical vocabulary from the disciplines of physics and sometimes psychoacoustics, which does not communicate very well to designers and to users »*

Des enquêtes auprès de la communauté des designers sonores (Carron *et al.* (2014), Hug et Misdariis (2011), voir § 2.3) ont mis en évidence des difficultés de communication au sein des processus de design sonore. Ces difficultés ont également été observées dans le domaine de l'industrie musicale (Porcello 2004) et du jeu video (Alves 2012). Le design

sonore étant un domaine relativement récent, la plupart des méthodologies et outils utilisés ont été construits empiriquement, et à notre connaissance, il n'existe pas de méthode « clé en main » permettant de traduire des intentions en sons. Chaque cas est spécifique et nécessite le savoir faire d'un designer sonore. Ce « savoir faire » ne peut être rendu systématique. En revanche, l'explicitation de ce « savoir faire » peut être très riche en informations pour élaborer un outil support dans un processus visant à traduire des intentions en sons. Certains designers sonores utilisent équivalents sonores des planches de tendance (voir § 2.1.4.1) dans les phases conceptuelles de leur travaux (Carron *et al.* 2014, Hug et Misdariis 2011). La construction et l'utilisation de « soundboards » sont enseignées dans le master de design sonore de l'ESBA-TALM[6]. Nous présenterons l'utilisation de ces outils dans un cas d'application concret dans le chapitre 9 de ce manuscrit. Dans ses travaux de thèse, Alves (2012) propose un outil de communication pour appuyer une méthodologie de design sonore dans les jeux vidéo. Dans un premier temps, il a identifié et caractérisé différents « patterns de design », c'est-à-dire des situations ou des problèmes liés à la conception de sons qui nécessitent une réflexion (par exemple *Imminent Death* se réfère à une situation pour laquelle le personnage du joueur est sur le point de mourir, *Footsteps* concerne les bruits de pas et *Aesthetics* s'attache aux caractéristiques communes à tous les sons à concevoir). Chaque pattern a été caractérisé individuellement, puis la relation entre les différents patterns a été étudiée (Alves et Roque 2010). Un jeu de cartes s'appuyant sur ce langage a été construit pour servir d'outil de communication dans le design sonore des jeux vidéo. La figure 2.8 présente l'une de ces cartes. Cet outil a été testé au cours de processus de design sonore (Alves et Roque 2011) et a montré qu'il générait une interaction sociale forte entre les différents acteurs du processus. La méthode du jeu de cartes comme outil de support à la création sonore n'est pas nouvelle. *Les stratégies obliques* est un jeu de 110 cartes conçues par le compositeur Brian Eno et le peintre Peter Schmidt en 1975 (voir figure 2.9). Chacune de ces cartes contient une piste, une instruction, un principe basique destiné à relancer le travail créatif. Brian Eno a proposé cet outil pour introduire des inspirations aléatoires dans le processus musical, dans le travail en groupe. Quand les participants sont bloqués collectivement et qu'ils cherchent une idée, ils tirent une carte et en interprètent le texte pour identifier une direction commune à prendre[7].

[6] Cours *Méthodologies créatives en design sonore* - http://lemans.esba-talm.fr/etudes/option-design-sonore/

[7] Voir une description complète des stratégies obliques sur le site http://www.rtqe.net/ObliqueStrategies/Edition4.html

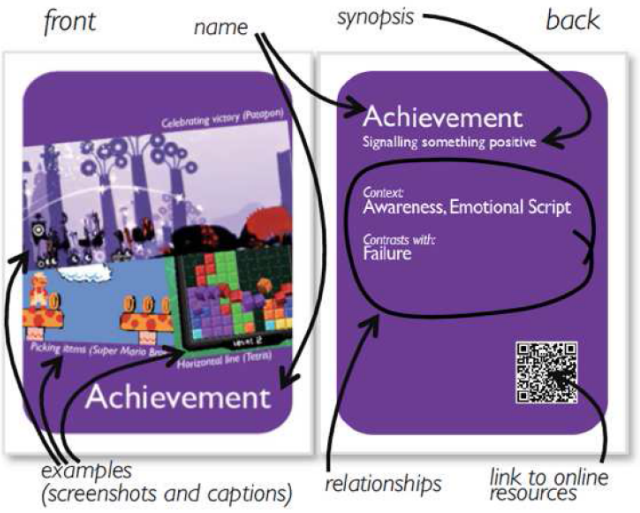


FIG. 2.8: Exemple d'une carte extraite du *sound design deck*. Chaque carte représente un pattern de design sonore et en présente une description, identifie les patterns opposés ou connexes, et propose des exemples issus de jeux vidéos pour illustrer les situations concernées. Un lien vers des ressources en ligne est proposé par le biais d'un code QR (Alves et Roque 2011).



FIG. 2.9: Photographie du jeu de cartes « Stratégies Obliques », montrant quelques exemples de cartes : *« Ne sois pas effrayé par les clichés »*, *« Ne sois pas effrayé par les choses parce qu'elles sont faciles à faire »*, *« Supprime les spécificités et remplace-les par des ambiguïtés »*, *« Tu n'as pas à être honteux d'utiliser tes propres idées »*.

2.3 Enquête Q1 : Travailler sur l'identité sonore aujourd'hui

Nous avons vu que les marques cherchent à se doter d'une identité sonore pour véhiculer leurs valeurs jusque dans les sons générés par leurs produits. L'objectif de cette partie est de cerner quels sont les acteurs qui travaillent aujourd'hui sur l'identité sonore, quels sont les outils et méthodologies dont ils disposent, et quels sont ceux dont ils ont besoin. Dans ce but, nous avons réalisé une série d'entretiens avec plusieurs professionnels du

son pour essayer de comprendre de quelle manière ils abordaient la question de l'identité sonore, et comment ils interagissaient avec leurs clients dans un processus de conception sonore.

2.3.1 Méthode

Dans une étude cherchant à identifier les obstacles rencontrés lors des processus de design sonore, Hug et Misdariis (2011) ont conduit une série d'interviews de designers sonores. Nous avons décidé de conduire une enquête similaire centrée sur la question de l'identité sonore. Nous avons ainsi mené des entretiens (que nous avons enregistrés et retranscrits) avec 7 professionnels du design musical et du design sonore. Un guide d'entretien structuré en trois parties a servi de grille d'enquête pour ces entretiens (ce guide est présenté en annexe B). La première partie consistait en une série de questions sur le métier et la structure à laquelle appartenait le participant, ainsi que sur la nature de ses clients éventuels. La seconde partie était consacrée à l'identité sonore et à la place que celle-ci occupait dans le travail du designer sonore. Enfin, une troisième partie était consacrée à l'interaction entre le participant et ses clients et aux méthodologies disponibles pour travailler sur l'identité sonore. L'étude de Hug et Misdariis (2011) ayant déjà souligné les difficultés de communication dans la relation entre le designer et le client, nous avons cherché à préciser la nature des obstacles rencontrés afin d'identifier des axes de travail pour nos recherches.

Les personnes que nous avons interrogées sont :

- **Charles-Édouard de Surville**, directeur de l'agence de design musical GetSound
- **Emmanuel Deruty**, compositeur et designer sonore indépendant
- **Michaël Boumendil**, directeur de l'agence de design musical Sixième Son (et créateur de l'identité musicale SNCF de 2005, cf. § 1.2.1.2 page 11)
- **Perrine Philippe**, directrice de l'agence de design musical Dissonances
- **Ludovic Germain**, directeur de l'agence de design sonore LAPS
- **Roland Cahen**, compositeur et responsable du Studio Son à l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle (ENSCI - Les Ateliers)
- **Daniel Hug**, designer sonore et chercheur en design sonore d'interfaces
- **Laurent Worms**, directeur de l'agence de design sonore et musical DecibelConsulting

Dans l'optique de comprendre la relation client - designer d'un point de vue global, nous avons également rencontré des acteurs industriels concernés par la question du design sonore.

- ☐ **Dominique Bruneau**, responsable de l'identité sonore SNCF et du service des annonces sonores à la Direction de la Communication SNCF
- ☐ **Bénédicte Le Nindre**, chef de projet au Département du Produit chez Renault
- ☐ **Sylvain Jolivet**, designer à la Direction du Marketing chez Voyages SNCF

2.3.2 Résultats

Différentes approches de l'identité sonore

Nous avons commencé par interroger nos différents interlocuteurs sur la question de l'identité sonore. La diversité des réponses obtenues nous a montré que ce concept d'identité sonore n'est pas clair. Les différentes approches de ce concept ont en commun un même principe, celui d'indice qui caractérise et différencie une entité (ce qui est conforme à la définition de l'American Marketing Association). Pour certains, le concept se résume à celui d'identité sonore de marque (et même essentiellement à celui d'identité musicale), pour d'autres l'identité sonore peut se référer aux caractéristiques sonore intrinsèques à un lieu (à la manière des marqueurs sonores, cf. § 1.2.1 page 8) et même d'un objet. La méconnaissance du monde de la marque et de la notion d'identité de marque par les acteurs travaillant dans le domaine du son a été mentionnée par certains participants comme étant une source d'incompréhension entre les différents intervenants lors d'une démarche de design identitaire.

La démarche de design sonore

L'analyse de la troisième partie des entretiens montre que dans la plupart des cas, on peut décomposer le processus de design en trois étapes : le brief, le debrief et la validation. La première phase, **le brief**, est celle où le commanditaire rencontre le designer sonore pour lui exprimer sa demande. Cette étape est souvent difficile pour le client comme pour le designer car en général, le commanditaire n'a pas spécialement d'expertise sonore et n'arrive pas à formuler sa demande en termes sonores. A l'inverse, les designers sonores ne parlent pas le langage de la marque. Le constat qu'il y a un manque de vocabulaire partagé et spécifique au domaine sonore est unanime sur l'ensemble des entretiens. Ainsi, il est souvent difficile d'établir des directions de design claires. Cette difficulté d'interaction se retrouve dans d'autres domaines comme celui du cinéma : l'un des participants, également compositeur de musiques de films, nous a rapporté que le dialogue avec un réalisateur sur la sonorisation des scènes de films souffre parfois du même problème. La seconde phase, **le debrief**, est constituée d'une série d'aller-retours entre le designer et le commanditaire, pendant lesquelles des extraits, échantillons ou croquis sonores sont

présentés au client afin de retenir les directions de design les plus pertinentes. La principale difficulté rencontrée lors de cette phase concerne le processus de décision du client. Il est ressorti des discussions avec nos interlocuteurs que les clients se réfèrent bien souvent à leur jugement personnel sur ces réalisations au détriment de critères de choix plus objectifs. D'après Hug et Misdariis (2011), beaucoup de clients ont du mal à comprendre cette étape conceptuelle. **La phase de validation** a pour objectif d'évaluer les sons, et souvent de montrer au client que ceux-ci sont bien perçus par le public. Cette phase n'a été mentionnée que par quelques participants, et dans la plupart des cas, ils ont déploré le manque de méthodologie, voire l'absence de cette étape. Parfois, le client demande à son agence de communication de réaliser une évaluation client. Dans d'autres cas, aucun test clients n'est réalisé. Le cadre générique pour le design sonore proposé par Susini *et al.* (2014), sur lequel reposera notre méthodologie, implique une étape de validation. Ceci nous permettra de tenir compte de la remarque des designers sonores que nous avons rencontrés concernant cette phase.

Vers un vocabulaire sonore

Nous avons essayé lors de nos entretiens d'identifier un besoin en outils et méthodologies qui pourraient apporter des solutions au problème de l'interaction entre le designer et ses interlocuteurs, et au manque d'« éducation » sonore. D'après ces discussions, il apparait nécessaire d'avoir un vocabulaire simple et partagé permettant de décrire les caractéristiques d'un son. L'enjeu du design sonore est d'arriver à mettre en relation deux mondes qui ne parlent pas le même langage : celui du son ou de la musique, et celui du marketing. Avoir une grammaire et une description simple des sons et de la musique permettrait de discuter des aspects souhaités du son sans rentrer dans la technique. Cependant, d'après les résultats de Hug et Misdariis (2011), un tel vocabulaire ne doit pas être établi à partir de critères psychoacoustiques (par exemple, sonie, rugosité, etc) et de grandeurs physiques (par exemple, modulation de fréquence, enveloppe temporelle, etc) qui sont trop techniques et peu adaptés à la communication. Au contraire, le vocabulaire doit être établi à partir des expressions utilisées librement par les auditeurs pour caractériser les sons. La problématique de l'identité sonore dans le design des produits soulève donc la question plus générale du vocabulaire et de la communication autour des sons.

Conclusion

Nous retiendrons de ce chapitre que la marque est un élément d'**identification** et de **différenciation** des produits et services d'un groupe (entreprise, association,...). L'identité de la marque est un outil stratégique permettant d'effectuer ces deux fonctions en

créant plus facilement des associations et des repères dans l'esprit des consommateurs. En tant que vecteur d'information, le son peut être porteur de l'identité, et nous avons rappelé la distinction entre identité sonore et identité musicale. Si cette dernière est déjà relativement maîtrisée dans la stratégie de communication de SNCF (voir § 1.2.1.2, p.11), l'identité sonore potentiellement véhiculée par un design sonore des produits reste une piste d'exploration pertinente. Nous pouvons alors nous inspirer des idées et méthodologies utilisées pour véhiculer une identité à travers le design des produits. Le concept de *transformation sémantique* constitue une réponse à la problématique de la traduction d'intention qui constitue en partie la phase d'analyse de la démarche de design sonore (voir chapitre 1, § 1.2.2.4, page 16). La question des éléments de design sonore pertinents se pose alors : sur quels attributs du son va-t-on jouer ? quelles sont les briques élémentaires que nous allons pouvoir manipuler, et comment communiquer autour de ces éléments ? La rencontre de professionnels du son travaillant avec des industriels sur des projets liés à la marque nous a appris que cette question constituait un obstacle majeur à la fluidité de leurs interactions avec les industriels. Les designers sonores et musicaux manipulent bien des attributs du son, mais ces éléments sont techniques et ne sont pas adaptés à la communication. Afin de répondre à la problématique de l'identité sonore dans le design des produits, nous devons donc nous pencher sur la question de la communication autour des sons.

À RETENIR :

☐ L'identité de marque sert à **identifier** et **différencier** la marque par rapport aux marques concurrentes.

☐ L'identité de marque repose souvent sur une série de **valeurs** ou traits de personnalité.

☐ Les valeurs de la marque peuvent être véhiculées par le design de ses produits et de son environnement. La **transformation sémantique** est l'opération qui consiste à traduire ces valeurs en éléments de design. Elle peut être effectuée à l'aide d'outils créatifs (e.g. moodboards, Kansei cards...) ou par le biais d'expériences perceptives.

☐ L'identité sonore est aujourd'hui essentiellement musicale. L'interaction entre les différents acteurs (designers sonores, marketing...) d'une démarche de design sonore ou musicale souffre du **manque de vocabulaire sonore** partagé.

Chapitre 3

Caractérisation sensorielle des produits

Nous avons vu dans le chapitre précédent que l'enjeu principal de l'identité de marque était de véhiculer une intention cohérente sur l'ensemble des supports d'expression de la marque. Cette identité doit permettre au consommateur de reconnaître et de différencier la marque. L'objectif de ce chapitre est d'explorer les différents outils et méthodologies expérimentales qui permettent d'évaluer la perception des produits par les utilisateurs. Manipuler des éléments de design (au sens où nous l'avons vu dans le chapitre 2) pour véhiculer une identité souhaitée à travers les produits de la marque est courant dans le domaine du design graphique ou visuel (nous l'avons souligné avec l'exemple de la charte graphique et des formes, couleurs, textures...). En revanche, pour d'autres modalités, la question des éléments de design se pose : quels sont les attributs des produits qui entrent en jeu lors de leur perception par les consommateurs ? Comment mesurer les sensations des utilisateurs et leur influence sur l'acceptabilité du produit ou sur les associations qu'il génère dans leur esprit ? Ce chapitre présente un ensemble de méthodes couramment utilisées par les industriels pour caractériser leurs produits d'un point de vue sensoriel et les positionner par rapport à d'autres produits similaires.

3.1 Méthodologies pour étudier la sensorialité des produits : l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est née dans le domaine de l'alimentaire grâce aux travaux de Rose-Marie Pangborn, qui a fondé une discipline entière consacrée à la compréhension de la perception gustative de divers aliments par des consommateurs (Amerine *et al.* 1965). La

métrologie sensorielle a été adoptée par les laboratoires du secteur agro-alimentaire qui ont centré principalement leurs études sur le goût et l'odorat. Un peu plus tard, c'est le domaine des cosmétiques, puis de l'automobile, il y a une dizaine d'années, qui exploitent ces outils.

3.1.1 Principe et méthodologie générale

L'analyse sensorielle peut être considérée comme un ensemble de méthodes ayant pour objectif d'analyser la perception d'un corpus de stimuli par des êtres humains. L'objectif est de les positionner les uns par rapport aux autres d'un point de vue perceptif. Cette perception est généralement multidimensionnelle. Le principe phare de l'analyse sensorielle est celui d'utiliser l'homme comme instrument de mesure des propriétés d'un produit. Cette démarche est constituée d'une succession d'expériences effectuées sur des panels de sujets (on parle aussi de testeurs ou de dégustateurs dans le cas du goût). Les méthodes d'analyse sensorielle sont conventionnellement utilisées pour évaluer et comparer des produits de même nature (i.e. un corpus de stimuli homogène). On parle alors d'*espace produit* pour désigner l'ensemble des produits comparés. On distingue habituellement trois types d'épreuves en analyse sensorielle :

- **Les épreuves discriminatives** visent à déterminer l'existence de différences perceptives entre les produits.
- **Les épreuves descriptives** visent à obtenir une description qualitative ou quantitative des propriétés sensorielles des produits afin d'évaluer leur degré de similitude.
- **Les épreuves hédoniques** ont pour but d'évaluer la préférence des produits par les consommateurs. L'étude du caractère plaisant ou déplaisant d'un son constitue un sujet de recherche à part entière mais n'entre pas directement dans le cadre de nos recherches ; les épreuves hédoniques ne seront donc pas détaillées dans ce document.

La méthodologie globale de l'analyse sensorielle s'articule autour de ces trois épreuves, l'objectif étant de faire le lien entre des propriétés perçues d'un produit (et mesurables de manière stable et répétitive) et les jugements et attentes des consommateurs. L'articulation de ces épreuves est résumée sur la figure 3.1.

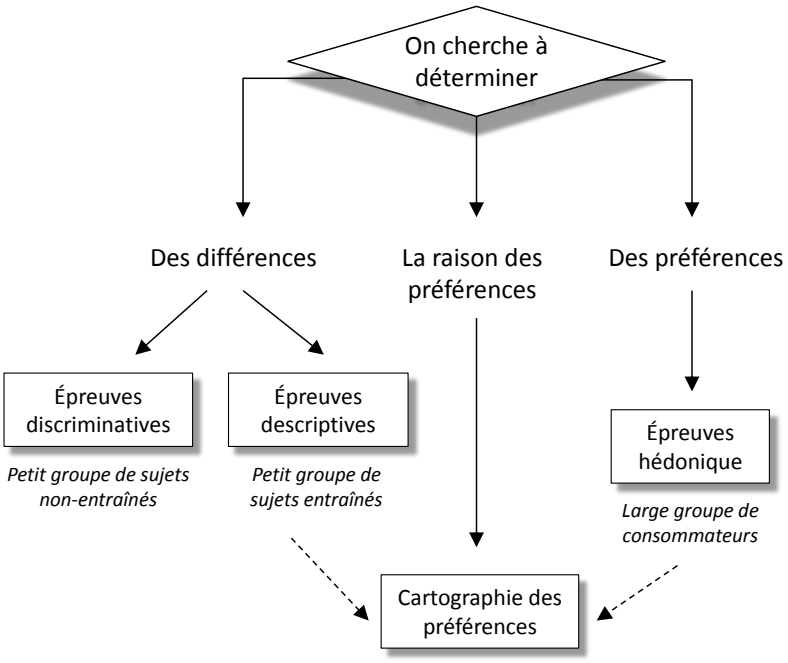


FIG. 3.1: Schéma méthodologique des principes de métrologie sensorielle, adapté de Depledt et SSHA (2009).

L'une des techniques les plus utilisées en analyse sensorielle descriptive est la constitution d'un panel sensoriel : il s'agit d'un ensemble d'individus qui sont formés de manière intensive à l'utilisation d'un vocabulaire descriptif spécifiquement dédié au produit considéré. L'objectif de cette formation est alors d'amener l'ensemble des juges à produire des mesures précises, répétables et consensuelles du produit en question sur un ensemble de propriétés perceptives pertinentes.

3.1.2 Les méthodes verbales

L'objectif de ces méthodes est d'obtenir une description complète des propriétés sensorielles d'un ensemble de produits sur le plan qualitatif (identification des descripteurs pertinents pour décrire l'espace produit) et quantitatif (notation de l'intensité de chaque descripteur sensoriel pour chaque produit). Les méthodes verbales aboutissent généralement à des profils sensoriels permettant de comparer les produits. Des exemples de profils sensoriels obtenus lors d'une étude d'analyse sensorielle du son de machines à café (Knöferle 2012) sont présentés sur la figure 3.2. La plupart du temps, des méthodes d'analyses statistiques permettent de visualiser la représentation perceptive de l'espace produit sur une carte en deux ou trois dimensions, afin d'identifier des groupes de produits similaires. La plupart des méthodes d'analyse sensorielle descriptive sont des méthodes

verbales. Nous allons présenter dans les sections suivantes la procédure la plus classique, celle du « profil conventionnel », ainsi que les variantes les plus fréquentes.

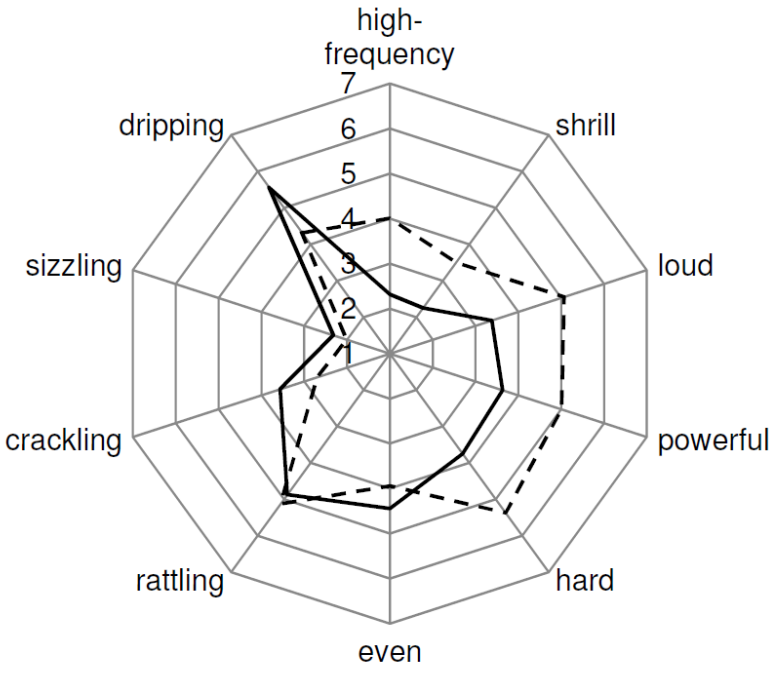


FIG. 3.2: Profil sensoriel des sons de machines à café. La ligne continue représente la moyenne des profils des deux sons les plus appréciés de l'espace produit lors d'une épreuve hédonique ; la ligne en pointillé représente la moyenne des profils des deux sons les moins appréciés (Knöferle 2012).

3.1.2.1 Le profil conventionnel

Lorsque la liste de descripteurs est fixée et utilisée par l'ensemble des sujets, on parle de profil conventionnel. La méthode du profil conventionnel est la plus utilisée en analyse sensorielle. Elle est décrite par la norme ISO13299 (2003) comme étant la technique la plus fiable : les profils obtenus sont reproductibles et stables dans le temps, aussi bien au sein d'un même panel qu'en reconduisant les épreuves avec d'autres panels (ceci moyennant l'utilisation de références). Deux méthodes différentes peuvent être utilisées pour établir la liste de descripteurs :

- ☐ l'utilisation d'une liste préétablie. On peut trouver dans la littérature des listes existantes pour les odeurs (Harper *et al.* 1968 cité dans Depledt et SSHA 2009), pour les textures (Szczesniak 1963) et pour des produits ciblés comme par exemple le café, le chocolat et le lait (Daget (1977 ; 1982 ; 1986) cités dans Depledt et SSHA (2009)), le vin (Guinard et Noble 1986) ou le fromage (Bárcenas *et al.* 1999, Rétiveau *et al.* 2005).

- l'élaboration de la liste par le panel de sujets dans une étape préalable à l'épreuve descriptive. C'est le cas des méthodes QDA (*Quantitive Descriptive Analysis*, Stone *et al.* (2008)) et Spectrum (Meilgaard *et al.* 1991).

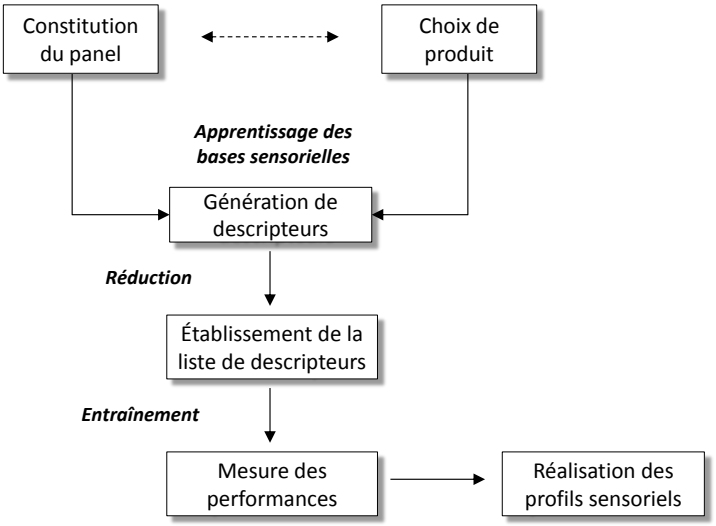


FIG. 3.3: Les différentes étapes pour l'établissement d'un profil sensoriel, adapté de la norme ISO11035 (1994).

La norme ISO11035 (1994) présente les différentes étapes impliquées dans la mise en place de la procédure de profil conventionnel (figure 3.3). La phase d'apprentissage permet aux membres du panel de découvrir l'espace produit et de générer un vocabulaire adapté à sa description (ou de découvrir un vocabulaire préexistant dans le cas où la liste de descripteurs est préétablie). La seconde phase est une phase de réduction du vocabulaire. Dans le cas où une liste préétablie est utilisée, cette étape permet également de vérifier que celle-ci est bien adaptée aux produits considérés. Elle peut se faire quantitativement (suppression des termes hédoniques), qualitativement (critères de fréquences d'utilisation des termes) ou à l'aide d'outils statistiques (Strigler *et al.* 2009). La troisième étape est l'étape d'entraînement du panel : les sujets participent à plusieurs séances au cours desquelles ils s'exercent à utiliser le vocabulaire de manière qualitative (description) et quantitative (notation d'intensité). L'utilisation de références physiques pour chaque descripteur est un moyen efficace de compléter les informations apportées par le descripteur et sa définition dans le cas ou ces dernières ne suffisent pas à évoquer un concept sensoriel avec précision (Stampanoni 1994). Dans le domaine de l'odorat par exemple, on utilise des solutions chimiques caractéristiques des arômes principaux (Drake et Civille 2003, Ojeda *et al.* 2002). Ishii et O'Mahony (1987) recommandent dans ce cas d'utiliser plusieurs références par descripteur pour un meilleur alignement des concepts entre les sujets. Lors de la phase d'entraînement, les performances du panel d'experts sensoriels et leurs évolutions sont généralement contrôlées selon trois critères :

- ☐ **Le pouvoir discriminant :** les différences entre les produits sont-elles bien perçues ?
- ☐ **La répétabilité :** deux produits identiques sont-ils décrits de la même façon d'une session à l'autre ?
- ☐ **Le consensus :** un stimulus est-il décrit de la même façon par les différents juges du panel ?

Enfin, une fois le panel sensoriel entraîné, l'épreuve finale d'évaluation a lieu : chacun des membres du panel sensoriel donne une note d'intensité relative à chaque descripteur pour chacun des produits. Les résultats sont généralement soumis à une analyse en composantes principales (ACP) permettant de réduire le nombre de dimensions de l'espace perceptif obtenu, afin de construire une carte sensorielle de l'*espace produit*.

Les principales critiques du profil conventionnel concernent sa durée de mise en œuvre et son coût : en contrepartie de la solidité et de la fiabilité des données recueillies, la méthode exige un entrainement intensif du panel qui peut prendre plusieurs semaines, voire plusieurs mois, en fonction de l'espace produit et des caractéristiques sensorielles étudiées (Valentin *et al.* 2012). D'autre part, certains auteurs remettent en question la pertinence d'un vocabulaire consensuel au panel, par rapport à celle d'un vocabulaire individuel pour chaque sujet qui serait plus représentatif des caractéristiques perçues du produit (Andani *et al.* 2001, Faye *et al.* 2004). Ainsi, on voit aujourd'hui émerger en analyse sensorielle de nouveaux paradigmes expérimentaux qui tentent de limiter ou de s'affranchir de la phase d'entraînement. Nous allons présenter quelques uns de ces paradigmes.

3.1.2.2 Le profil libre

Lorsque la liste des descripteurs est propre à chacun des sujets, on parle de profil libre (Jack et Piggott 1992) ou *individual vocabulary methods* : c'est le cas des méthodes « Repertory Grid » (Thomson et McEwan 1988) et « Profil Flash » (Delarue et Sieffermann 2004). Ces deux méthodes sont des méthodes à vocabulaire individuel : chaque membre du panel sensoriel génère ses propres attributs à partir de l'exploration de l'espace produit. Le participant effectue ensuite l'évaluation sur les échelles qu'il a élaborées dans le cas du Repertory Grid, ou effectue pour chacun des attributs un classement relatif des produits dans le cas du Profil Flash. Le profil sensoriel est alors obtenu par recoupement et analyse statistique telles que l'analyse en clusters hiérarchiques ou l'analyse procrustéène généralisée (ou *GPA*, voir Gower 1975) de l'ensemble des notations d'intensité ou des rangs individuels (voir Valentin *et al.* (2012) pour plus de détails sur ces méthodes). Dans le domaine de la perception sonore, l'approche du Repertory Grid a été utilisée

pour étudier la perception des attributs sonores liés à la spatialisation (Berg et Rumsey 2006, Choisel et Wickelmaier 2006) ou à la texture sonore (Grill *et al.* 2011) ainsi que pour étudier la perception des ambiances sonores (McGregor 2013).

3.1.2.3 Le CATA

La procédure CATA (*Check-All-That-Apply*) est un paradigme expérimental issu des travaux de Coombs (1964) (cité dans Valentin *et al.* 2012) qui a été récemment appliqué en analyse sensorielle. Lors d'une épreuve CATA, une liste d'attributs (mots ou phrases) est proposée aux participants, et des produits leur sont présentés successivement. La consigne est alors pour chaque produit de sélectionner dans la liste les attributs que les participants considèrent appropriés pour sa description, sans critère de nombre (voir figure 3.1 pour un exemple de liste). Il arrive souvent que les termes hédoniques ne soient pas éliminés pour une épreuve CATA, cependant Popper *et al.* (2011) (cités dans Valentin *et al.* 2012) soulignent que la méthode est plus adaptée lorsque les termes sont des descripteurs sensoriels plutôt que des descripteurs subjectifs comme les émotions. Les données CATA prennent la forme d'une matrice d'occurences et sont généralement soumises à une analyse des correspondances. Le détail de cette méthode statistique est présenté en annexe A. La méthodologie CATA a été appliquée à l'analyse sensorielle en utilisant un panel entraîné (Campo *et al.* 2010), mais plusieurs auteurs l'ont utilisée comme une alternative à la méthode du profil conventionnel, en l'appliquant directement à un panel de consommateurs (Adams *et al.* 2007 cité dans Jaeger *et al.* 2013, Ares *et al.* (2011), Plaehn (2012)). Les études CATA publiées dans la littérature ont montré que cette méthode, en plus d'être rapide et facile à mettre en œuvre, permettait de discriminer les échantillons avec une bonne précision (Valentin *et al.* 2012). Les principales critiques de cette méthode concernent la forme des données obtenues qui sont des occurrences et non des intensités ou des rangs (Dooley *et al.* 2010 cité dans Valentin *et al.* 2012), ce qui est moins puissant d'un point de vue statistique et peut nécessiter d'avoir un nombre de sujets plus élevé. Le choix et l'optimisation de la liste (notamment le nombre de descripteurs) est également un paramètre crucial qui peut avoir une influence sur la stabilité des résultats. Cependant, des études menées sur la pertinence des descripteurs lors d'une étude CATA (Jaeger *et al.* 2013) ont montré que l'introduction dans la liste de termes non pertinents (par exemple *citronné* ou *juteux* pour du chocolat solide) n'avait pas d'influence sur la description sensorielle obtenue, ceux-ci n'étant pas sélectionnés par les participants.

Check all attributes that describe this sample :

☐ Buttery	☐ Soft
☐ Sweet	☐ Hard
☐ Milk/dairy flavor	☐ Gummy
☐ Custard/eggy flavor	☐ Creamy flavor
☐ Corn syrup	☐ Icy
☐ Artificial vanilla	☐ Creamy/smooth
☐ Natural vanilla	

TAB. 3.1: Exemple de question CATA appliquée à l'analyse sensorielle de glace à la vanille, tiré de Dooley *et al.* (2010).

3.1.3 Les méthodes non-verbales

Les méthodes d'analyse descriptive présentées dans la section précédente présupposent que tous les phénomènes perceptifs peuvent être exprimés de façon appropriée par des mots. De plus, en demandant aux participants de donner une note pour chacun des descripteurs du vocabulaire considéré, on leur demande de se concentrer sur une caractéristique sensorielle du produit de manière indépendante des autres. Le principe des méthodes non-verbales est de positionner directement les produits les uns par rapport aux autres sans passer par des intermédiaires (mots, échelles, rangs...). C'est donc la similitude (ou la dissemblance) entre les produits qui est évaluée dans un premier temps, la recherche de descripteurs physiques ou verbaux corrélés aux dimensions ou groupes obtenus étant souvent effectuée lors d'une seconde étape. Nous proposons dans cette section de présenter les méthodes non-verbales les plus répandues.

3.1.3.1 La mesure de similitude par paires ou par triades

Les échantillons sont présentés successivement par paires aux participants. Pour chaque paire, le participant doit évaluer le degré de similitude entre les deux produits de la paire sur une échelle continue allant de « similaire » à « différent ». Une fois la totalité des paires évaluées, une matrice de distances entre les produits est obtenue pour chaque sujet. Les données sont traitées à l'aide d'analyses multidimensionnelles (MDS) qui permettent de positionner les échantillons dans un espace à plusieurs dimensions de telle sorte que les distances dans l'espace obtenu soient les plus proches possibles des distances données par les participants. Le nombre de dimensions qui minimise le stress (écart entre distances initiales et distances modélisées) et qui maximise la variance observée est alors retenu. L'interprétation des axes ne peut se faire qu'à partir de données externes, comme la

composition des produits ou le processus de fabrication (Strigler *et al.* 2009). Lorsque l'on peut facilement manipuler les échantillons, il est recommandé de construire un plan d'expérience tenant compte des critères perceptifs susceptibles de jouer un rôle important (MacFie et Thomson 1984 cité dans Strigler *et al.* 2009). Les principales limites de la comparaison par paires est que le nombre de jugements à effectuer augmente très vite avec le nombre de produits. Pour un ensemble de n produits, il y a *n(n-1)/2* paires à comparer, ce qui limite le nombre d'échantillons de l'espace produit à cause des risques d'effets de saturation. Ces méthodes sont relativement nouvelles dans le domaine de l'analyse sensorielle, qui s'est historiquement consacré à l'étude des sensations par des méthodes verbales. Pourtant, elles sont utilisées dans le domaine de la perception sonore depuis plusieurs décennies. Des analyses multidimensionnelles ont été conduites à partir d'expériences de comparaison par paires, d'abord sur des sons élémentaires (Peters 1960) avant d'être appliquées à des corpus de sons musicaux (Grey 1977, McAdams *et al.* 1995, Plomp 1970). De telles expériences ont depuis lors été conduites au sein de démarches de qualité sonore, pour évaluer les dimensions pertinentes de sons comme les sons de ventilation (Susini *et al.* 2004), de portière de voiture (Parizet *et al.* 2008) et d'avertisseurs sonores (Lemaitre *et al.* 2007).

3.1.3.2 Le tri libre

La méthode de tri libre repose sur le processus de catégorisation. Les produits sont présentés simultanément à chacun des participants, la consigne est de trier l'ensemble des produits en un nombre non fixé de groupes selon leurs similitudes. Il n'y a généralement aucune restriction sur le nombre de produits constituant chaque groupe. Une fois les groupes formés, une partition des produits est obtenue pour chaque sujet à partir des co-occurences des produits au sein des groupes. Une matrice de distances globale est alors obtenue par sommation des partitions individuelles, et est généralement soumise à une analyse multidimensionnelle. D'autres études choisissent des méthodes de classification qui permettent de représenter les proximités entre les produits sous forme d'arbres additifs ou, pour la classification hiérarchique, de dendrogrammes. Le principe de la méthode de classification hiérarchique est présenté dans la section A.2 de l'annexe A. Le choix de la méthode d'analyse dépend des objectifs de l'étude, ainsi que le souligne Faye *et al.* (2011) : les méthodes factorielles (telles que la MDS) permettent d'identifier les distances entre les produits ainsi que les caractéristiques qui les différencient, alors que les représentations en arbres sont plus appropriées à l'identification de l'organisation en catégories des produits et à l'évaluation de la typicité de chacun d'eux au sein de ces catégories. Giordano *et al.* (2011) préconisent néammoins d'utiliser préférentiellement les méthodes de comparaison par paires pour obtenir des mesures de similarité entre des

stimuli, et d'avoir recours à une tâche de tri libre seulement si nécessaire (par exemple, lorsqu'il y a beaucoup de stimuli). Le tri libre est un paradigme expérimental relativement répandu dans le domaine de la perception sonore, notamment dans l'étude des sons environnementaux (Guyot *et al.* 1997, Houix *et al.* 2012). Cependant, son utilisation s'inscrit moins dans une démarche de caractérisation sensorielle des sons que dans l'exploration des catégories cognitives qui structurent la perception de notre environnement sonore. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre 5 de ce manuscrit (voir 5.2.1, page 71).

3.1.3.3 Le Napping

Le Napping est une procédure expérimentale située à mi-chemin entre la méthode des paires et la méthode du tri libre. Les produits sont présentés simultanément à chacun des participants, la consigne est de trier l'ensemble des produits en les positionnant sur une surface plane, deux produits étant d'autant plus proches qu'ils paraissent semblables. Ces méthodes ont été proposées initialement dans le domaine de la perception du vin (Cadoret *et al.* 2010). Les participants devaient alors disposer les différents vins testés sur une nappe en papier (d'où le nom de « Napping »). L'avantage de cette technique est qu'elle permet d'obtenir de manière directe une représentation bidimensionnelle de l'espace sensoriel pour chacun des participants. Dans le cas d'un profil conventionnel, chaque descripteur reçoit une note pour chaque produit mais la pondération accordée aux attributs ne représente pas nécessairement leur importance réelle pour les juges. Les épreuves de Napping, tout comme les épreuves de tri libre ou de comparaison par paires, évaluent directement les produits les uns par rapport aux autres. En pratique, une épreuve de verbalisation individuelle (chaque participant écrit sur la nappe des mots descriptifs caractérisant les stimuli) accompagne la tâche de positionnement. Les données sont analysées par le moyen d'analyses factorielles multiples, à la fois sur les données de positionnement et sur les données verbales. Cette technique est relativement nouvelle en analyse sensorielle et semble fournir des résultats satisfaisants quant au positionnement des produits, cependant certaines études reportent une difficulté des participants à n'utiliser que deux dimensions pour positionner les produits (Valentin *et al.* 2012).

Conclusion

Ce chapitre a présenté un ensemble de méthodologies largement répandues dans l'industrie pour différencier, caractériser et comparer les produits. Le profil conventionnel, méthode d'analyse sensorielle la plus courante, présente l'avantage de reposer sur la caractérisation verbale des produits tout en étant relativement fiable et discriminant. Nous

avons vu plusieurs exemples pour lesquels des lexiques de références spécifiques à certaines modalités ou à certains produits étaient établis dans la littérature. Dans le cas du son, il n'existe pas de tels lexiques. Certaines méthodes utilisées en analyse sensorielle permettent cependant de générer des listes de vocabulaire adaptés au corpus de produits de l'étude. Nous avons soulevé précédemment le besoin pour la communauté du design sonore d'avoir un vocabulaire simple adapté à la description des sons. Les méthodes présentées dans ce chapitre font bien intervenir des lexiques sensoriels décrivant les différents aspects des produits, mais ne se focalisent a priori que sur la caractérisation d'un type de produit déterminé. Le vocabulaire que nous cherchons, lui, est relatif à une discipline plus qu'à un produit en particulier. En effet, l'objectif du design sonore est de concevoir des « nouveaux sons ». Il semble alors compliqué de générer un vocabulaire qui répond à nos besoins à partir des méthodes d'analyse sensorielle. Un tel lexique serait en effet fortement dépendant de l'ensemble des stimuli ayant servi à le construire. De plus, rien ne viendrait garantir qu'il serait adapté à la communication. Nous devons donc imaginer de nouvelles manières de rechercher un tel lexique. En revanche, les méthodes d'analyse sensorielle que nous avons présentées dans ce chapitre permettent de positionner des produits les uns par rapports aux autres : elles nous serviront dans notre démarche de design sonore, aussi bien en tant qu'outil d'analyse que de méthode de validation. Nous présenterons une expérience d'indexation sonore inspirée de l'analyse sensorielle (et plus particulièrement de la procédure CATA) dans le chapitre 7 de ce manuscrit, ainsi qu'une expérience de tri dans le chapitre 9.

À RETENIR :

- La méthode du profil conventionnel (la plus répandue en analyse sensorielle) repose sur la génération d'un **lexique descriptif** permettant de différencier les produits sur leurs caractéristiques sensorielles.

- Un des outils méthodologiques forts de l'analyse sensorielle est la création et l'entraînement d'un panel d'experts sensoriels. L'expertise d'un panel est relative à un lexique donnée pour un ensemble de produits donné. On mesure le **pouvoir discriminant**, le **consensus**, et la **répétabilité** pour évaluer les performances du panel.

- Des méthodes alternatives, non-verbales, permettent de différencier les produits : c'est le cas du tri libre, de la comparaison par paire et du napping.

Chapitre 4

De la spécification à la reconnaissance de l'identité sonore

Ce chapitre présente les questions de recherche de notre thèse ainsi que la démarche méthodologique que nous avons suivie pour y répondre. La mise en œuvre de cette démarche dans le cas de l'identité sonore SNCF sera présentée dans les parties II et III de ce manuscrit.

4.1 Position du problème

Nous avons proposé dans le chapitre 2 (§ 2.2.1, page 33) une définition générale de l'identité sonore. Nous distinguons en particulier l'identité musicale, liée à la communication et à la publicité, et l'identité sonore véhiculée par des produits et équipements de la marque. Nos travaux de recherche se focalisent uniquement sur l'identité sonore des produits et ne concernent donc pas la musique ou les jingles. L'enjeu de nos recherches est de proposer et de valider des outils et méthodes permettant de prendre en compte l'identité de marque dans le design sonore des ambiances, produits et équipements de l'environnement de cette marque. La démarche de design sonore (analyse, création, validation) que nous avons présentée dans le chapitre 1 (§ 1.2.2.4 page 16) nous fournit un cadre méthodologique pour répondre à cet enjeu. Nous nous plaçons dans le cas d'une marque dont l'identité est définie par un ensemble de valeurs données. L'étape d'analyse consiste alors à traduire les valeurs de marque en spécifications pour la phase de création sonore. Ces spécifications seront appliquées à un ensemble d'objets caractéristiques de l'environnement sonore de la marque. L'étape de validation doit permettre de vérifier que les sons conçus pour ces objets participent bien à la diffusion de l'identité de la marque. Nous avons vu que le design sonore est une discipline faisant intervenir des acteurs ayant des

champs d'expertise très différents (ingénierie, design, ergonomie, marketing...). Ces différents participants, impliqués dans la définition du son cible (cf. Keiper 1997, voir § 1.2.2.1 du chapitre 1), utilisent chacun un langage relatif à leur domaine. Des rencontres avec plusieurs professionnels travaillant sur l'identité sonore nous ont montré que la communication entre ces différents acteurs n'était pas toujours aisée, et constituait un obstacle majeur au déroulement d'un projet de design sonore. Ces éléments nous permettent de formuler des questions de recherche :

QUESTIONS DE RECHERCHE :

- ☐ Comment intégrer des spécifications identitaires aux cahiers des charges pour le design sonore des produits et équipements de la marque ?
- ☐ Comment améliorer la communication entre les différents acteurs d'une démarche de design sonore identitaire ?
- ☐ L'identité sonore des produits permet-elle à la marque d'être reconnue et différenciée d'autres marques ?

4.2 Hypothèses et méthodologie

4.2.1 Les hypothèses

Nous avons vu dans le chapitre 2 que le design des produits est un des moyens d'exprimer l'identité de marque (voir § 2.1.3.2, page 25). Parmi les différentes approches proposées dans la littérature pour travailler sur le design identitaire des produits, nous avons choisi de nous inspirer de la **transformation sémantique** proposée par Karjalainen et Snelders (2010). Cette approche repose sur une association entre des mots représentatifs des intentions (ici, les valeurs de marque) et des mots constituant des paramètres de design sonore pertinents. La recherche d'outils créatifs (tels que les planches de tendances, Kansei cards...) facilitant cette opération sera un point important de notre démarche.

HYPOTHÈSE H1 :

☐ On peut définir une identité sonore par « **transformation sémantique** » (Karjalainen et Snelders 2010) des valeurs de l'identité de marque. Cette opération consiste à mettre en relation les mots caractéristiques de l'identité avec des mots représentatifs des caractéristiques du son.

Cette approche implique d'une part de disposer d'un ensemble de mots représentatifs des valeurs de marque, d'un ensemble de mots représentatifs des différentes caractéristiques sur lesquelles il est possible de jouer dans la création sonore, et d'autre part d'une méthode permettant de faire le lien entre les deux. Dans les exemples que nous avons présentés au chapitre 2 (§ 2.1.3.2 page 25), les éléments de design sont des éléments visuels relativement simples (*formes arrondies*, *couleurs chaudes*, *hauteur de l'emballage*). Dans le kansei design, on parle de « paramètres de conception ». En revanche, nous n'avons pas de connaissance *a priori* sur des éléments de design sonore jouant un rôle équivalent et pouvant être utilisés pour traduire une identité de marque. Nous avons vu au chapitre 2 que l'absence de vocabulaire sonore est un problème récurrent dans le monde du design sonore. La recherche d'un vocabulaire spécifique pour le design sonore apparaît comme une étape nécessaire dans notre démarche. Nous devons donc nous pencher sur la question de la description verbale des sons, afin d'identifier les termes susceptibles de constituer un tel vocabulaire.

QUESTION DE RECHERCHE :

☐ Comment parle-t-on des sons ?

Nous avons recensé au chapitre 3 différentes méthodes verbales utilisées en analyse sensorielle pour caractériser et différencier des produits. En particulier, des lexiques de descripteurs sont générés et publiés afin de servir de référence pour comparer les produits de différentes gammes, marques, composition... Cette approche a été développée pour répondre à des problématiques industrielles, et intervient aussi bien dans la conception que dans l'évaluation des produits. Pourtant, son application au domaine du son n'a fait l'objet que de peu de travaux académiques. Nous proposons de nous inspirer des démarches et méthodes d'analyse sensorielle afin de générer un lexique spécifique pour le design sonore.

HYPOTHÈSE H2 :

☐ Il est possible de générer un lexique spécifique de termes représentatifs des différentes caractéristiques des sons. Les méthodes d'analyse sensorielle peuvent être utilisées pour valider ce lexique.

Un tel lexique doit permettre d'exprimer les directions de design sonore obtenues par transformation sémantique des valeurs d'une marque. L'enjeu principal est qu'il soit adapté à la communication au sein d'un groupe d'experts de différents domaines, acteurs du processus de design sonore. Les spécifications pour le design sonore seront ainsi compréhensibles par tout le monde.

L'objectif est alors de prendre en compte ces spécifications dans le design sonore de différentes sources présentes dans l'univers de la marque. Nous appellerons ces sources supports de l'identité les **marqueurs sonores**. Ce terme est emprunté aux travaux de Schafer (1979) dans lesquels il désigne les *sons caractéristiques d'un lieu ou d'une communauté* (voir chapitre 1.2.1 page 8). Nous proposons ainsi d'étendre cette notion à celle de *marqueurs sonores identitaires* qui désigneront les vecteurs de l'identité sonore de marque. La marge de manoeuvre pour spécifier une identité sonore sur un marqueur dépendra, d'une part, de la nature du support ; elle sera d'autant plus limitée que le support est physique et impose de fortes contraintes sur le son. Inversement, lorsque le support est numérique, rien ne vient limiter a priori les possibilités de design. D'autre part, la marge de manoeuvre sur les spécifications sonores dépendra aussi de la fonction que le son doit remplir (par exemple alerter, confirmer...). Certaines propriétés du son ne doivent alors pas être modifiées si l'on veut conserver l'expression de cette fonction. Nous appelerons « invariants » sonores d'un marqueur les propriétés qui découlent de la nature et/ou de la fonction du marqueur. Ces invariants constituent une contrainte pour le designer dans la mesure où ils doivent obligatoirement se retrouver dans toute création sonore, quelle que soit l'identité désirée. Les autres propriétés sur lesquelles le designer peut jouer pour travailler sur l'identité sonore seront appelé les « leviers » sonores du marqueur. Une première difficulté est de déterminer les invariants et les leviers pour un marqueur donné. La deuxième difficulté est de jouer sur des leviers différents, spécifiques à différents marqueurs, pour véhiculer une seule et unique identité. Nous reviendrons en détail sur les notions de leviers et d'invariants dans le chapitre 8 de ce manuscrit.

HYPOTHÈSE H3 :

☐ Les contraintes fonctionnelles et les spécifications identitaires peuvent être exprimées par des termes du lexique. Pour un marqueur sonore donné, certaines propriétés, les **invariants** sonores, seront figées par sa nature ou sa fonction. Les autres caractéristiques sur lesquelles le designer peut intervenir, les **leviers** sonores, permettent d'exprimer une identité désirée.

4.2.2 Les axes de recherche

Nous avons choisi d'organiser notre travail autour de deux axes de recherche :

1. Définir un vocabulaire spécifique pour le design sonore (chapitres 5, 6 et 7).
2. Définir et véhiculer une identité sonore sur un ensemble de marqueurs identitaires (chapitres 8, 9, 10).

Dans un premier temps nous avons besoin de nous pencher sur la question du vocabulaire sonore. Nous avons fait l'hypothèse (**hypothèse H1**) que l'on peut mettre en place une méthodologie de design reposant sur les mots du langage et leur association. Le vocabulaire lié à la marque et à son identité est en général bien défini par les industriels, puisqu'il est créé dès le départ dans une logique de communication. En revanche, le langage de sortie de l'opération de transformation sémantique n'est pas bien identifié : quels sont les paramètres de conception pertinents pour le design sonore ? Par quels mots peut-on les décrire ? Nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de définir un nombre fini de termes permettant de caractériser les différents aspects des sons pertinents pour le design (**hypothèse H2**).

Dans un second temps, nous proposerons une méthodologie de design pour définir et véhiculer une identité sonore dans un environnement de marque. Nous appliquerons cette méthodologie à la définition et la diffusion de l'identité SNCF. Nous avons choisi de travailler sur six marqueurs sonores caractéristiques de l'environnement d'une gare. Ces sons ont été choisis par SNCF pour représenter les différentes étapes d'un parcours en gare « de la borne de retrait au départ du train ».

☐ Le son électronique de validation sur une borne de retrait de billet

☐ Le son de compostage du titre de transport

☐ Le son de mise à jour du tableau général des départs (tableau d'affichage à palettes)

- ☐ Le son d'alarme avertissant de la fermeture des portes extérieures d'un TGV
- ☐ Le son d'ouverture d'une porte coulissante à l'intérieur du train
- ☐ Le son produit par le dépliement d'une tablette à la place du voyageur

Nous faisons l'hypothèse (**hypothèse H3**) que les contraintes fonctionnelles et les spécifications identitaires peuvent être traduites à l'aide du vocabulaire décrivant les différentes caractéristiques du son (résultant du premier axe de recherche, voir 4.2.3).

Une vue d'ensemble de la démarche méthodologique que nous proposons pour étudier ces deux axes de recherche est présentée sur la figure 4.1. L'articulation que nous avons privilégiée pour la constitution de la méthodologie relative à chacun des deux axes est celle présentée dans le chapitre 1 (voir § 1.2.2.2, page 15) : analyse, création, validation. Une description brève du contenu de ces deux axes de recherche est présentée dans les paragraphes suivants.

4.2.3 1eraxe : définir un vocabulaire spécifique pour le design sonore

L'objectif du premier axe est de générer un lexique représentatif des attributs du son. En particulier, nous veillerons à ce qu'il réponde aux critères suivants :

- ☐ Il doit être adapté au design sonore
- ☐ Il doit être non-technique et facilement compréhensible
- ☐ Il doit être générique pour pouvoir décrire un grand ensemble de sons

Le chapitre 5 présente une revue de la littérature sur la description verbale des sons (musicaux, environnementaux, électroniques...) ainsi qu'une analyse d'études phénoménologiques du son développées à partir de la seconde moitié du XXème siècle. Le but de ce chapitre est de comprendre quels sont les mots les plus adaptés à notre problématique de recherche. Le chapitre 6 est consacré à la génération d'un lexique pour le design sonore à partir d'une analyse bibliographique et d'une enquête auprès d'experts dans le domaine du son. Par ailleurs, ce lexique sera illustré par un designer sonore afin de définir pour chaque terme des exemples sonores de référence. Le lexique sonore ainsi défini sera confronté à des auditeurs non-experts lors d'un test d'apprentissage (**expérience E1**). Cette étape permettra d'obtenir des retours sur les différentes illustrations sonores et d'ajuster le lexique. Le chapitre 7 présente une expérience originale, l'expérience d'indexation sonore (**expérience E2**), inspirée des épreuves d'analyse sensorielle de type CATA (chapitre 3, § 3.1.2.3 page 51). Le lexique sonore sera utilisé pour entraîner un panel d'auditeurs à la description verbale des sons. L'expérience d'indexation sera conduite

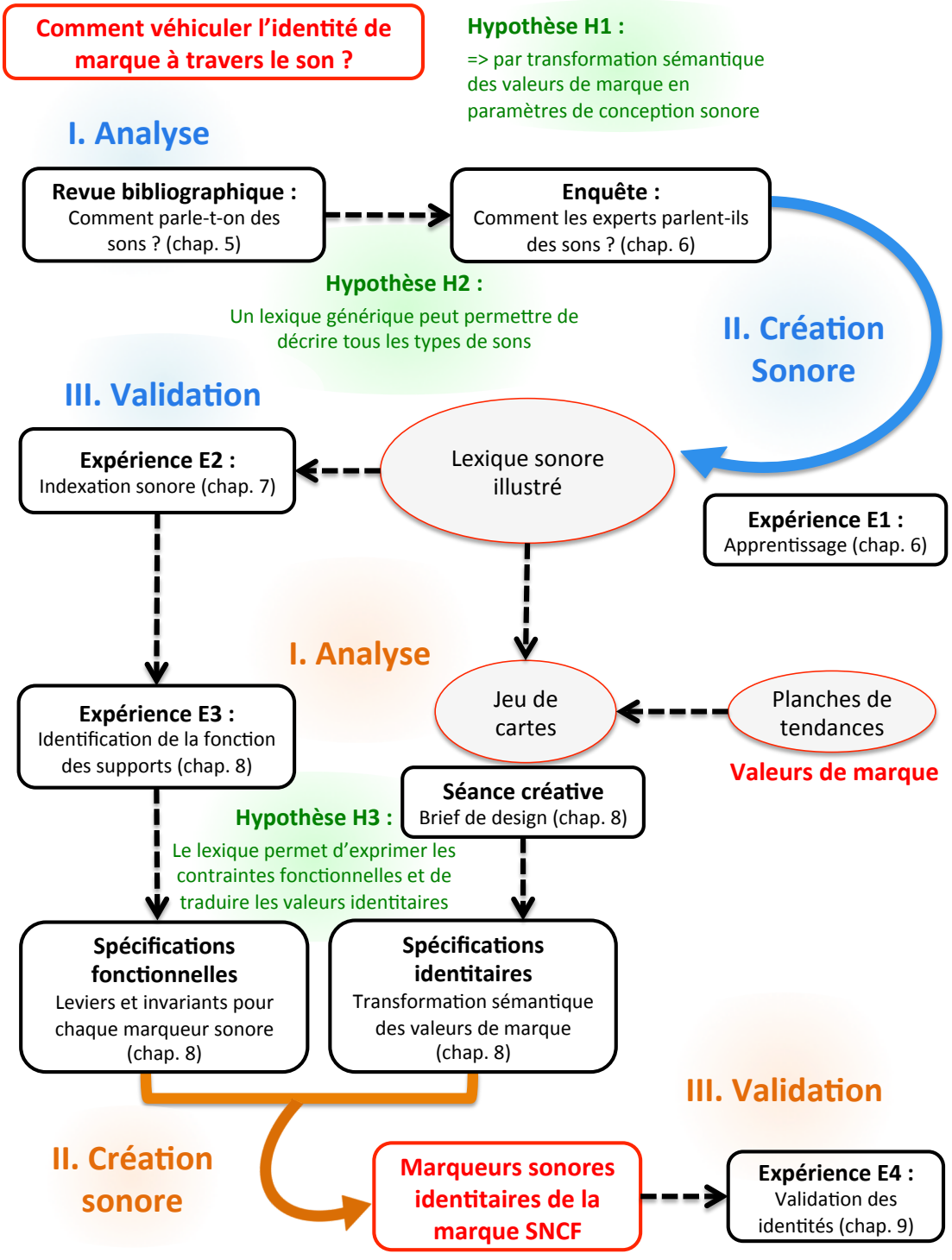


FIG. 4.1: Schéma présentant la démarche méthodologique suivie lors de nos travaux de recherche. Les premier et le deuxième axe de recherche sont indiqués en couleur (respectivement bleu clair et orange).

sur un corpus de sons représentatifs des six marqueurs sonores de notre étude. La performance et les limites du protocole seront évaluées par les mesures classiques utilisées en analyse sensorielle (répétabilité, consensus, pouvoir discriminant). Les résultats de l'expérience E2 nous permettront d'évaluer dans quelle mesure le vocabulaire et le protocole que nous proposons permet de décrire et de différencier un grand nombre de sons. D'autre part, les résultats de l'indexation nous fourniront une caractérisation perceptive des sons représentatifs des six marqueurs : nous utiliserons ces données d'indexation lors de la détermination des invariants et leviers relatifs à la nature ou à la fonction des marqueurs (cf. § 4.2.4).

4.2.4 2^{e}axe : définir et véhiculer une identité sonore sur un ensemble de marqueurs identitaires

L'objectif du deuxième axe de travail est d'étudier, à travers un cas d'application concret, la possibilité de véhiculer une identité par le design sonore de différents supports caractéristiques de l'environnement d'une marque. L'identité sonore doit permettre de reconnaître la marque et de la différencier d'autres marques concurrentes. Afin d'évaluer ces deux aspects fondamentaux, il apparaît nécessaire de travailler sur plusieurs identités, afin de pouvoir les comparer par la suite. L'identité SNCF aujourd'hui est définie par un ensemble de traits de personnalité (chapitre 1, § 2.1.3.1, page 25). La concurrence étant inexistante à l'heure actuelle dans le secteur du transport de voyageurs, nous travaillerons sur quatre identités de marque fictives définies en partie par d'autres traits de personnalité. La méthodologie de design identitaire que nous proposons sera ainsi appliquée à cinq identités de marque différentes (l'identité SNCF + quatre identités fictives). Dans chaque cas, les six marqueurs sonores que nous avons présentés précédemment seront les supports de l'identité sonore à véhiculer (voir figure 4.2).

L'objectif est donc pour chaque identité de traduire les valeurs de marque qui la définissent en un ensemble de termes sonore que le designer intégrera comme cahier des charges pour sa création. Cependant, nous devons aussi tenir compte des contraintes physiques et fonctionnelles liées à chacun des six marqueurs sur lesquels les identité seront déployées. Nous avons fais l'hypothèse que ces contraintes pouvaient également être traduites à l'aide des termes du lexique sonore développé dans la première partie (cf. § **??**). Dans le chapitre 2, nous avons présenté différentes méthodes utilisées en design pour effectuer la traduction d'intentions en paramètres de design : des méthodes créatives (planches de tendance, jeu de cartes, diagramme...) et des méthodes expérimentales (expériences perceptives). Nous proposons d'intégrer ces deux types de méthodes dans notre démarche. Dans le chapitre 8, nous présenterons trois outils créatifs : le logiciel lié au lexique sonore, le jeu de cartes sonores et les planches de tendances. Ces outils seront

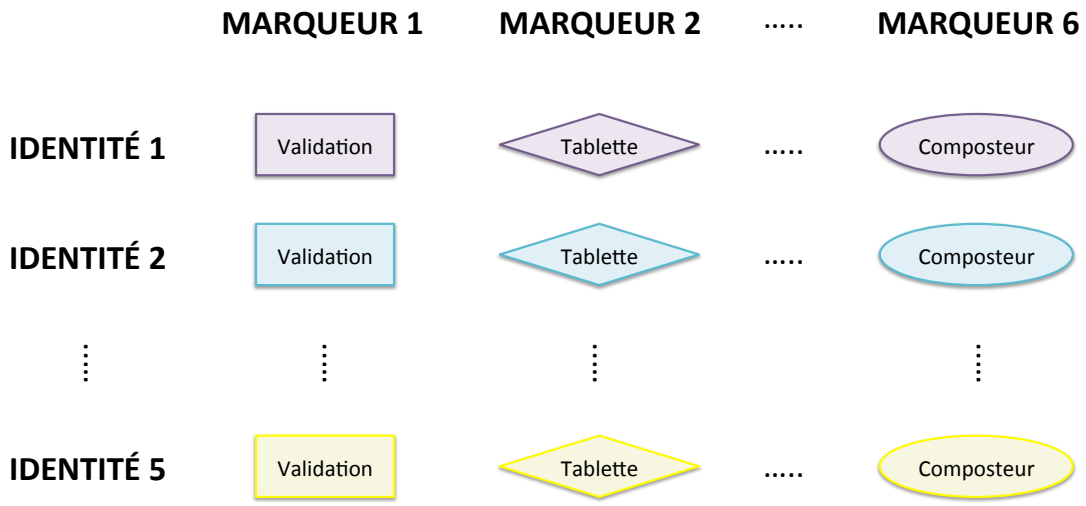


FIG. 4.2: Cadre d'application de nos travaux de recherche : déclinaison de cinq identités sonores sur six marqueurs SNCF (identifiés par les formes). L'objectif est alors de créer cinq sons pour chaque marqueur, chacun étant représentatif d'une identité de marque (identifiées par les couleurs).

utilisés pour effectuer la transformation sémantique des cinq identités de marque en cinq identités sonores exprimées avec les mots du lexique, constituant **les spécifications identitaires** pour l'étape de création sonore. D'autre part, une analyse fonctionnelle des six marqueurs sera réalisée à partir du résultat de deux expériences perceptives. Les données de l'expérience d'indexation (**expérience E2**, chapitre 7) seront confrontées aux résultats d'une expérience d'identification de la fonction, l'**expérience E3**. Le but de cette analyse est de dégager pour chaque marqueur les invariants fonctionnels (caractéristiques sonores propres à la nature ou la fonction) ainsi que les leviers de design sonore (caractéristiques sonores sur lesquelles on peut jouer pour le design de l'identité). Ces invariants et leviers constitueront **les spécifications fonctionnelles** pour l'étape de création sonore. Enfin, dans le chapitre 9, nous présenterons le processus de création sonore des identités. Les spécifications identitaires et fonctionnelles exprimées à l'aide du lexique seront communiquées à une agence de design sonore (LAPS), pour la création de 30 sons identitaires (5 identités x 6 marqueurs). Une expérience de tri orienté (**expérience E4**) permettra d'évaluer la discrimination et la reconnaissance des cinq identités sonores de marque par des auditeurs. Cette expérience constituera la phase de validation de la démarche de design sonore.

Conclusion

Ce chapitre a présenté nos questions de recherche ainsi que les différentes hypothèses que nous avons formulées. Les différentes étapes de notre démarche méthodologique ont été exposées. Nos travaux s'organisent selon deux axes de recherche, auxquels correspondront respectivement les parties II et III de notre manuscrit :

1. Définir un vocabulaire spécifique pour le design sonore (chapitres 5, 6 et 7) : l'objectif est de générer un lexique représentatif des propriétés du son, adapté à la communication au sein d'un processus de design sonore (interdisciplinaire).
2. Définir et véhiculer une identité sonore sur un ensemble de marqueurs identitaires : l'objectif est de s'appuyer sur le lexique pour construire une méthodologie de design sonore identitaire, et de l'appliquer au cas de l'identité sonore SNCF (chapitres 8 et 9).

Notre travail s'appuiera sur une enquête auprès de la communauté des professionnels du son, et sur quatre expériences perceptives. Les chapitres suivants vont présenter en détail notre méthodologie et son application. Nous proposerons une synthèse générale ainsi qu'une discussion de l'ensemble de nos travaux dans le chapitre 10.

Deuxième partie

Définir un vocabulaire spécifique pour le design sonore

Chapitre 5

Approches perceptives et phénoménologiques de la description des sons

Notre première hypothèse de travail (H1) est que l'on peut associer aux valeurs identitaires de la marque des mots représentatifs des différents paramètres de conception du son. Cette approche, dite « transformation sémantique », nécessite de disposer d'un ensemble de mots pertinents pour décrire les différents aspects d'un son. De plus, dans une optique de communication au sein du projet de design, cet ensemble de mots doit pouvoir être utilisé par les différents acteurs de la démarche : designers, acousticiens, responsables marketing ou communication... L'absence d'un tel vocabulaire a été identifiée comme étant un obstacle majeur au déroulement des projets en design sonore. L'objectif de ce chapitre est de comprendre, à travers une analyse de la littérature sur la description verbale, quels moyens nous avons à notre disposition pour parler des sons. Nous nous focaliserons dans un premier temps sur les études expérimentales consacrées à la perception des sons. Ces études ont parfois recours à des méthodes verbales. Nous présenterons ces études, les méthodes utilisées ainsi que leurs résultats afin de comprendre l'origine des différentes stratégies dont nous disposons pour décrire les sons. La seconde partie de ce chapitre sera consacrée à la phénoménologie du son, et en particulier aux recherches empiriques qui ont été menées par certains compositeurs du XXème siècle sur la matière sonore. Une synthèse de cette analyse bibliographique sera confrontée à notre problématique de recherche dans la troisième partie de ce chapitre.

5.1 Introduction

Comment parlons-nous des sons ? Les professionnels du son que nous avons rencontrés (voir chapitre 2, § 2.3, page 39) décrivent ce processus comme étant complexe : nous avons du mal à nous comprendre lorsque nous cherchons à imaginer ou décrire un son. Lorsque nous décrivons des objets ou des images, nous avons pourtant recours à un vocabulaire relativement consensuel : un carré rouge, par exemple, une ligne montante droite ou courbe, ... sont des notions qui parlent facilement à chacun d'entre nous. Décrire un son en revanche est une tâche beaucoup plus délicate. Porcello (2004) a observé ce phénomène lors d'une étude d'anthropologie consacrée aux métiers du son. Cette étude repose sur des enregistrements de conversations entre ingénieurs du son pendant des séances d'enregistrement en studio. L'une de ces séances est particulièrement riche en informations : elle met en scène un producteur de musique et un ingénieur du son qui débattent de la façon dont la batterie « devrait sonner ». Les deux interlocuteurs passent leur temps à essayer de se comprendre, sans succès. Ils utilisent différentes stratégies de communication, comme essayer d'imiter le son désiré, avoir recours à des métaphores de forme ou de volume, décrire un moyen technique pour produire le son, faire référence à d'autres musiciens ou à des enregistrements célèbres... Nous pouvons faire le parallèle entre une telle conversation et l'interaction entre un designer sonore et un industriel : dans les deux cas, un expert et un non-expert du son cherchent à se mettre d'accord sur un son cible. L'étude de Porcello révèle la diversité des stratégies disponibles pour communiquer sur les propriétés d'un son. Dans la suite de ce chapitre, nous examinerons ces différentes stratégies et les différentes situations dans lesquelles nous y avons recours.

5.2 De la perception des sons à la description verbale

La perception des sons fait l'objet de recherches scientifiques depuis plus d'un siècle : des physiciens comme Helmholtz (1887) et Herrmann-Goldap (1907) (cités dans Traube (2004)) s'intéressaient déjà à la manière dont les différentes sonorités des instruments de musique pouvait être reliées aux propriétés du son. L'étude des sensations auditives fondamentales par les méthodes psychophysiques a donné naissance à une discipline, la psychoacoustique, consacrée à l'étude des relations entre les paramètres physiques du son et des percepts auditifs. Un son est décrit par des paramètres fondamentaux que sont sa hauteur (lié à la fréquence fondamentale), son intensité, sa durée, et son timbre. L'objectif de la psychoacoustique est d'étudier expérimentalement les percepts auditifs afin de développer des modèles permettant de les prédire à partir de grandeurs physiques (voir Moore 2003 pour une introduction à la psychoacoustique). Si l'intensité, la durée et la hauteur sont relativement bien décrites par les modèles existants, ces grandeurs seules

ne permettent pas de caractériser la grande diversité des sons que nous entendons au quotidien. Pourtant, nous avons du mal à décrire verbalement les autres sensations auditives plus complexes. Les recherches sur le timbre (Grey 1977, Wessel 1979, Krumhansl 1989, McAdams *et al.* 1995) ont mis en évidence son aspect multidimensionnel. Les mots que nous employons pour le décrire sont souvent peu consensuels et ne correspondent pas nécessairement à des grandeurs acoustiques mesurables. Dans la section qui suit, nous présenterons différents travaux expérimentaux sur la perception auditive ayant recours à la description verbale de différents types de sons. Dans la mesure où les protocoles expérimentaux utilisés ont une influence forte sur le type de mots produits, les différentes méthodes employées pour étudier la perception des sons seront également présentées.

5.2.1 Processus de catégorisation des évènements sonores

Notre audition nous permet de détecter, de discriminer et d'identifier des objets et évènements de notre quotidien. Afin de comprendre de quelle manière nous structurons notre perception des différents signaux sonores, de nombreuses études expérimentales ont recours à des expériences de tri libre. Cette procédure expérimentale (voir chapitre 3 § 3.1.3.2, page 53) est souvent accompagnée d'une tâche de verbalisation durant laquelle les participants doivent décrire les catégories qu'ils ont formées. L'analyse des descriptions verbales permet de mieux comprendre les résultats de telles expériences et en particulier la nature des catégories perceptives observées. Les résultats des travaux de Vanderveer (1979) sur des sons environnementaux ont montré que les auditeurs employaient majoritairement deux stratégies pour grouper les sons : le groupement **par similarités acoustiques** (par exemple *plutôt continu*, avec une *texture rugueuse*) et le groupement **par causalité** (par exemple, *des objets qui tombent sur le sol*). Une étude conduite par Guyot (1996) sur des sons de produits a confirmé ces résultats, et a permis de préciser que les critères de causalité pouvaient être liés à la source (*une porte*, *de l'eau*) ou à l'action (*déchirer*, *frapper*, *remplir*) responsables de la production du son. Enfin, une troisième stratégie a été observée dans certaines études de classification (Gérard 2004, Guastavino 2007, Marcell *et al.* 2000) : cette stratégie consiste à regrouper les sons **par similarités sémantiques**, c'est-à-dire évoquant un même lieu (*« j'entends ces sons pendant mon petit déjeuner »*), une même activité (*les loisirs*, *l'industrie*) ou une même idée abstraite (*l'hygiène*, *le rêve*). Dubois *et al.* (2006) font remarquer qu'un même stimulus peut être décrit par l'une ou l'autre de ces stratégies : par exemple, le grincement d'une porte sera catégorisé soit en tant que son de porte (avec le claquement, l'ouverture, ou le son produit par quelqu'un qui frappe à la porte) soit en tant que grincement (avec le grincement d'une fenêtre, d'un fauteuil...). Lorsque nous entendons un son, nous avons donc plusieurs façons possibles de l'interpréter. Laquelle privilégions-nous ? Le choix de

l'une ou de l'autre de ces stratégies dépend-il du type de son, ou de l'auditeur ? L'étude de Lemaitre *et al.* (2010) s'est focalisée sur cette question, et a montré que le recours à l'un ou l'autre de ces critères de similarité était fortement tributaire de l'expertise des auditeurs ainsi que de l'identification de la source du son. Des auditeurs experts (musiciens, acousticiens,...) utilisent davantage les critères de similarité acoustique que des auditeurs non-experts. De plus, des sons dont on identifie facilement la source seront plus groupés en fonction de critères de source ou d'évocation, alors que des sons abstraits ou difficilement identifiables sont regroupés selon leurs caractéristiques acoustiques. Gérard (2004) montre de plus qu'il est possible de forcer l'une ou l'autre de ces stratégies en donnant des instructions spécifiques aux auditeurs. L'auteur a conduit deux expériences de tri sur le même corpus de sons en donnant des instructions différentes à chaque groupe de participants. La consigne était dans un cas de grouper des sons susceptibles d'être entendus ensemble dans l'environnement, et dans l'autre de les grouper par similarités acoustiques. Dans les deux cas, les auditeurs adaptent leur stratégie et produisent des groupes cohérents respectant la consigne.

5.2.2 Verbalisations libres

Parmi les méthodes exploratoires utilisées pour étudier les caractéristiques perceptives des sons, la tâche de verbalisation libre est une méthode très répandue. Il s'agit simplement de présenter des sons à des auditeurs et de leur demander de décrire ce qu'ils entendent à l'aide de leurs propres termes. Cette méthodologie a été proposée par Solomon (1958) lors d'une étude sur les sons de sonar. Les résultats de ses expériences lui ont permis d'élaborer des échelles sémantiques sur lesquelles les sons de sonar pouvaient être évalués (nous y reviendrons dans le § 5.2.3). Dans une étude plus générale sur la perception auditive, Peters (1960) utilise (parmi d'autres méthodes) la verbalisation libre pour comprendre de quelle manière nous décrivons les sons. Si des mots descriptifs habituels tels que *grave*, *aigu*, *fort*... sont fréquemment utilisés pour décrire des sons de synthèse, ils ne sont utilisés que par une minorité de participants lorsqu'il s'agit de décrire des sons environnementaux[1]. D'autres études expérimentales conduites sur des sons de tonalités (Taylor *et al.* 1974, Wright 1971) ont mis en évidence l'existence de plusieurs stratégies de description du son : la description physique du son (*court*, *aigu*), la description imagée (*sirène*, *corne de brume*) et l'utilisation d'onomatopées (*bleep*, *buzz*, *pop*). Wake et Asahi (1998) ont observé l'utilisation de stratégies similaires dans une expérience de communication lors de laquelle les auditeurs devaient décrire des sons qu'ils entendaient à un partenaire : les auditeurs décrivaient soit le son lui-même (attributs acoustiques ou imitations), soit son contexte de production (lieu, source du son, façon dont il est produit) soit

[1] Par sons environnementaux, nous entendons au sens de Vanderveer (1979) *« tout autre son que la musique ou la parole »*

Parler du son lui-même (*98%*)	**Parler de la cause du son (*60%*)**
Temporalité (*80%*)	Objet (*48%*)
Sensations (*73%*)	Action (*38%*)
Forme (*40%*)	Action sur un objet (*18%*)
Émotions (*25%*)	Contexte de la source (*11%*)
Autres qualités (*21%*)	
Intensité (*11%*)	
Énergie (*6%*)	
Imitations (*2%*)	

TAB. 5.1: Inventaire des stratégies de description du son observées lors de l'expérience de Faure (2000). Les pourcentages correspondent à la proportion de réponses (sur les 1320 verbalisations receuillies) impliquant l'une ou l'autre de ces stratégies. Les pourcentages présentés dans ce tableau ne sont pas additifs : plusieurs stratégies peuvent intervenir dans la description de la même paire de sons par le même participant.

les impressions engendrées par le son (descriptions imagées, émotions). Des études plus récentes ont proposé de nouvelles approches (adaptées des études visuelles) permettant d'analyser un grand nombre de verbalisations libres sur le timbre musical (Samoylenko *et al.* 1996) : des *unités verbales* sont identifiées et étiquetées selon trois axes : leur sens logique, leur relation au stimulus et leur contenu sémantique. Ces méthodes ont été reprises et développées dans la thèse de Faure (2000) afin d'identifier par quels mots des musiciens et des non-musiciens décrivaient le timbre musical. À partir d'une expérience de comparaison par paires sur un corpus de 12 sons instrumentaux (égalisés en sonie, hauteur et durée), Faure a rassemblé et analysé plus de 1300 verbalisations de musiciens et non-musiciens sur la description du timbre. Le tableau 5.1 montre la répartition des différentes stratégies de description observées lors de cette expérience. On remarque que même si les auditeurs avaient pour consigne de décrire le son, ils parlent de la cause du son dans 60 % des cas.

La caractérisation du timbre musical par verbalisation libre a fait l'objet de nombreuses autres études, souvent consacrées à un instrument en particulier comme l'orgue (Rioux et Västfjäll 2001), la guitare (Traube 2004), le piano (Bellemare et Traube 2005, Cheminée *et al.* 2005), le violon (Fritz *et al.* 2012, Stepánek 2006), la clarinette (Barthet 2008) ou encore le saxophone (Nykänen *et al.* 2009). Les méthodes de verbalisations libres ont aussi été appliquées à l'étude de sons non-musicaux, aussi bien des sons de l'environnement comme les bruits d'avions (Barbot *et al.* 2008) et d'hélicoptères (Namba *et al.* 1991), les ambiances sonores urbaines (Guastavino 2003) et les passages de trains (Terroir et Lavandier 2010) que des sons de produits comme les sons fonctionnels de voiture (Altinsoy et Jekosch 2012, Bergman *et al.* 2009, Nykänen et Sirkka 2009, Parizet *et al.* 2008) et même des sons abstraits (Caramiaux *et al.* 2014, McGregor 2013, Merer *et al.* 2010).

Dans une série d'études sur la description sémantique des sons de produits (Özcan 2008, Özcan et van Egmond 2005 ; 2012), les expressions utilisées par les consommateurs pour qualifier les sons de produits domestiques (sèche-cheveux, aspirateur, brosse à dents, évier...) ont été catégorisées en 11 groupes : *actions*, *émotions*, *lieux*, *matières*, *sens*, *onomatopées*, *propriétés psychoacoustiques*, *nature du son*, *sources*, *propriétés de la source* et *temporalité*. La figure 5.1 présente la fréquence avec laquelle les auditeurs utilisent ces stratégies pour décrire les sons de produits dans l'étude d'Özcan et van Egmond (2005) : les modes de descriptions les plus employés sont les descripteurs liés à la source ou l'action qui produit le son.

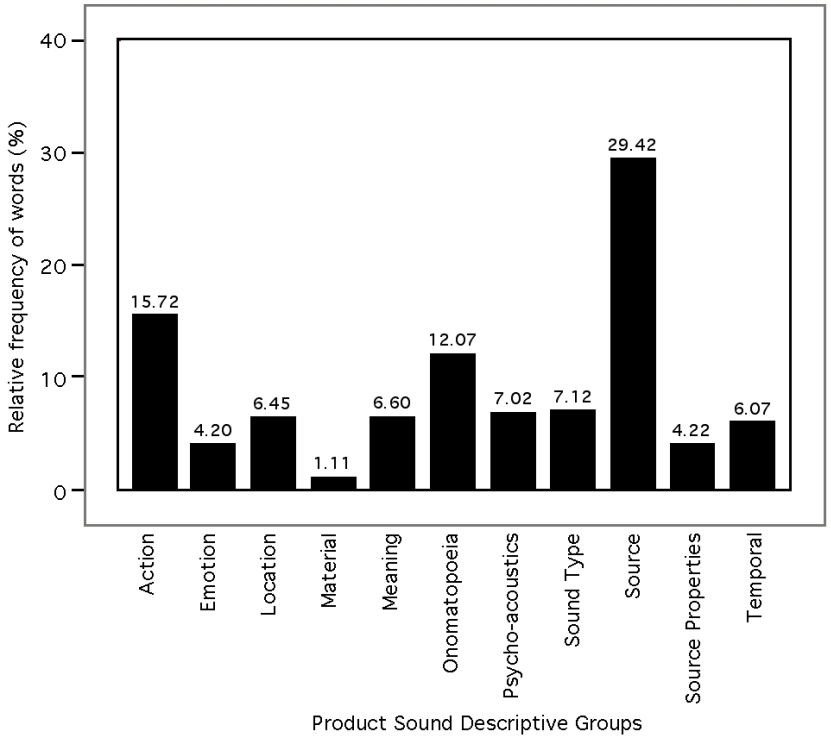


FIG. 5.1: Fréquence relative des catégories de mots utilisées pour décrire les sons de produits domestiques dans l'étude d'Özcan et van Egmond (2005).

5.2.3 Échelles sémantiques différentielles

L'utilisation d'échelles sémantiques différentielles (adaptées de la psychologie expérimentale et notamment des travaux d'Osgood (1952)) est très répandue dans l'étude de la perception des sons. L'étude préliminaire de verbalisation conduite par Solomon (1958) sur les sonars a permis de construire un ensemble de 50 échelles qui ont par la suite été utilisées pour caractériser différents sons de sonar. Von Bismarck (1974) a popularisé l'utilisation de ces échelles pour la description du timbre musical. Lors d'une expérience de différentiel sémantique, les participants écoutent un ensemble de sons et évaluent leurs

caractéristiques en donnant une note sur un ensemble d'échelles unipolaires (par exemple *« grave /non grave »*) ou bipolaires (par exemple *« grave / aigu »*). Les échelles sont les mêmes pour chaque participant et sont fournies par l'expérimentateur au début de l'épreuve. La plupart du temps, les mots sont choisis par l'expérimentateur à partir de sa propre expertise (Bjork 1985, Darke 2005, Elliott *et al.* 2013, Kerrick *et al.* 1969, Torija *et al.* 2013) ou sélectionnés à partir d'autres études similaires publiées antérieurement (Bonebright 2001, Brent 2010, Gabrielsson et Sjögren 1979, Kendall et Carterette 1993, Von Bismarck 1974). Dans certains cas (Barbot *et al.* 2008, Faure 2000, Parizet *et al.* 2008, Solomon 1958)), une étude antérieure de verbalisation permet de générer et de sélectionner les mots les plus pertinents pour décrire les sons du corpus étudié. La méthode des échelles différentielles sémantiques est devenue très courante dans le domaine de la qualité sonore. On peut citer les études portant sur les automobiles (Altinsoy et Jekosch 2012, Bisping 1997, Parizet *et al.* 2008), les aspirateurs (Ih *et al.* 2002), les ambiances sonores à bord des avions (Västfjäll *et al.* 2003) et même les scies circulaires (Horvat *et al.* 2012) et les réfrigérateurs (Jeon *et al.* 2007). Les résultats de telles évaluations sont très souvent corrélés avec des descripteurs du signal sonore et confrontés à des jugements de préférence (par exemple, confort ou gêne perçue). Dans la plupart des études que nous avons mentionnées précédemment, plusieurs types de descripteurs verbaux sont utilisés conjointement : des descripteurs de timbre (*brillant*, *rugueux*[2]), des descripteurs émotionnels (*agréable*, *ennuyeux*), des descripteurs caractéristiques d'autres modalités sensorielles (*humide*, *vert*, *froid*) ainsi que d'autres associations (*masculin*, *violent*, *familier*). La sélection des échelles sémantiques est cruciale et peut influencer les résultats de l'étude. Faure (2000) a en effet montré que certains termes verbalisés spontanément par des auditeurs à l'écoute d'un son ont par la suite été jugés inappropriés pour la caractérisation du même son (même par les participants à l'origine de ces verbalisations). À l'opposé, certains termes très peu verbalisés dans la première étape des travaux de Faure ont par la suite été considérés comme étant très adaptés à la description des sons par une majorité d'auditeurs. De tels résultats montrent les limites de l'utilisation d'échelles sémantiques et la difficulté de leur sélection. Des méthodes telles que l'analyse sensorielle que nous avons présentée au chapitre 3 permettent de s'affranchir de ces incertitudes quant à l'utilisation d'échelles sémantiques. Pourtant, leur utilisation dans les études de perception du son n'a pas encore été démocratisée.

[2]La plupart de ces études ont été conduites et publiées en anglais. Nous donnons ici une traduction de ces termes afin de faciliter la lecture. Pour plus de détails, le lecteur pourra se reporter au chapitre 6 du présent manuscrit.

5.2.4 L'analyse sensorielle appliquée aux sons

Nous avons présenté dans le chapitre 3 les méthodologies utilisées par les industriels pour décrire, caractériser et positionner des produits les uns par rapport aux autres. Bien que les démarches d'analyse sensorielle soient pratiquées dans les industries agroalimentaire et cosmétique depuis des décennies, leur utilisation pour la caractérisation du son reste peu courante. Nous proposons dans ce paragraphe d'exposer les quelques références académiques présentant des expériences d'analyse sensorielle conduites sur des sons. Nous ne reviendrons pas sur le principe et les méthodes expérimentales relatifs à cette discipline : nous les avons largement présentés dans le chapitre 3. La plupart des études d'analyse sensorielles conduites sur des stimuli sonores ont eu recours à la méthode du profil conventionnel (voir § 3.1.2.1, page 48). Parmi les applications, nous pouvons citer la caractérisation des sons de climatiseurs (Siekierski *et al.* 2001), de briquets de luxe (Lageat *et al.* 2003), de portières d'automobiles (Bergeron *et al.* 2010, Bezat *et al.* 2007) ou encore de sons produits par les machines à café (Knöferle 2012). La méthode *repertory grid* (voir § 3.1.2.2, page 50) a également été utilisée par certains chercheurs (Grill *et al.* 2011, McGregor 2013) pour caractériser les sons abstraits ou les environnements sonores. Un des principes fondamentaux de l'analyse sensorielle est de caractériser les produits sur un plan purement descriptif : l'utilisation de termes hédoniques, par exemple, est proscrite. Parmi les descripteurs générés lors des études que nous avons mentionnées, certains sont reliés au timbre comme *étouffé*, *rugueux*, *brillant*, *dur* et aux aspects temporels comme *court*, *long*, ou *chaotique*. Des attributs reliés à l'action produisant le son comme *clinquant*, *cliquetant*, ou *grésillant* ont également été générés par certains panels d'auditeurs. L'étude de (Bezat *et al.* 2007) sur les sons d'impacts liés à la fermeture des portières automobiles a même conduit à l'utilisation d'onomatopées (*BONM !* et *KE !*) en tant que descripteurs sensoriels.

5.2.5 Discussion

La revue de ces différentes études témoigne de l'existence de plusieurs stratégies de description des sons : nommer la source ou l'action responsable de la production du son, décrire les propriétés intrinsèques du son, ou encore parler du contexte, des associations auxquelles le son nous renvoie. Ces différentes stratégies ne sont pas propres à la description mais découlent bien d'une différence dans la manière dont nous percevons les sons. Les études menées sur la catégorisation auditive montrent ainsi que nous avons différentes façons d'interpréter le signal sonore. Le vocabulaire sonore propre à chacune de ces stratégies semble être riche : nous ne manquons pas, à proprement parler, de mots dans notre langage nous permettant de décrire la matière sonore. Cependant, notre

écoute en tant que non-experts est spontanément focalisée sur l'identification de l'objet ou de l'évènement à l'origine du son. L'absence de consensus sur des termes descriptifs simples trouve peut-être son origine dans cette tendance que nous avons à chercher la cause des sons. Nous avons vu néammoins qu'il est possible de forcer l'une ou l'autre des stratégies de description du son en donnant des instructions spécifiques aux auditeurs (e.g. l'étude de Gérard 2004, ou bien encore en analyse sensorielle, l'interdiction d'utiliser des termes hédoniques), ou en leur donnant une liste de descripteurs pré-établis. La diversité de stratégies d'écoute des sons peut être à l'origine des difficultés observées lorsque des personnes cherchent à communiquer autour d'un projet de design sonore. De telles situations impliquent en effet des experts et non-experts du son et concernent aussi bien des sons concrets que des sons abstraits. Ces deux paramètres ont une influence sur l'utilisation de l'une ou l'autre des stratégies que nous avons présentées. Il est donc nécessaire de s'assurer que les différents acteurs d'une démarche de design sonore s'accordent sur la même stratégie d'écoute et de description du son. Afin de mieux comprendre ces différentes stratégies et leur importance pour le design, nous nous focaliserons dans la section suivante sur des domaines empiriques ayant développé les notions de « modes d'écoute ».

5.3 Approches phénoménologiques de l'objet sonore

Dans la seconde moitié du XXème siècle, la naissance de nouvelles disciplines comme la musique électroacoustique et de nouvelles technologies comme l'informatique a conduit à des réflexions sur l'utilisation du son et de la matière sonore dans un but appliqué. Le son est devenu un matériau de travail, ce qui a mené certains compositeurs et designers sonores à développer des approches empiriques de l'écoute et de la relation que nous avons avec le son. Nous présentons dans cette section deux grands courants phénoménologiques permettant de mieux comprendre l'implication pratique des différentes stratégies d'écoute pour le design sonore.

5.3.1 Pierre Schaeffer - *l'Objet Sonore*

La première mention de différents *modes d'écoute* apparaît dans le *Traité des objets musicaux* de Pierre Schaeffer (Schaeffer 1966). Selon la théorie de Schaeffer, nous avons quatre expériences d'écoute différentes, liées aux quatre verbes *Ouïr*, *Entendre*, *Ecouter*, et *Comprendre*. Inspiré par la notion de réduction phénoménologique telle que décrite par le philosophe Edmund Husserl, Pierre Schaeffer propose une nouvelle expérience d'écoute qu'il qualifie d'« écoute réduite ». Le but est de faire abstraction de la cause du son pour se concentrer uniquement sur ses caractéristiques. Pour accéder plus facilement

à ce type d'écoute sur un son donné, Schaeffer propose de diffuser le son en boucle. Après plusieurs répétitions, l'attention de l'auditeur ne se porte plus sur la cause du son mais sur ses caractéristiques intrinsèques. C'est ainsi que Schaeffer définit l'« objet sonore », une entité sonore indépendante de tout contexte. Pour Schaeffer, cela ouvre de nouvelles perspectives pour la musique, qui ne doit plus limiter sa matière première aux sons instrumentaux, pour la plupart tonals, mais peut l'étendre à tout type d'objets sonores. Schaeffer propose alors un *Solfège de l'Objet Sonore* afin d'étendre l'idée de description et d'analyse de la musique à tout type de sons. Sept critères morphologiques sont proposés dans le *Traité des objets musicaux* pour classifier les sons : trois critères de matière (*masse*, *grain* et *timbre harmonique*), deux critères de forme (*dynamique* et *allure*) et deux critères de variation (*profil mélodique* et *profil de masse*). Des illustrations sonores de chacun de ces critères ont été réalisées par le compositeur français Guy Reibel pour accompagner les propositions de Schaeffer (Schaeffer *et al.* 1967). Les travaux de Schaeffer sont très originaux et très riches, mais également très complexes. Ils sont aujourd'hui très peu exploités dans leur forme d'origine. Les idées d'objets sonores et de morphologie du son ont néanmoins été développées pour être appliquées à l'analyse et la représentation des musiques électroacoustiques (Couprie 2003 ; 2004, Di Santo 2006). Après Schaeffer, d'autres travaux se sont consacrés à l'étude de la morphologie des sons. Le compositeur Denis Smalley a élaboré une recherche autour du concept de spectromorphologie (Smalley 1997) en se focalisant sur le spectre et son évolution dans le temps et l'espace. Dans le domaine de l'informatique musicale, la notion d'objet sonore a été étendue à celle d'« objet sémiotique » afin de proposer une terminologie constituée d'*Unités Sémiotiques Temporelles* (UST) pour décrire les effets et figures musicales (Delalande *et al.* 1996). Comme pour le solfège de Schaeffer, la théorie des UST est illustrée par des exemples sonores variés issus d'enregistrements musicaux. Les diverses théories sur la morphologie et le mouvement du son trouvent aujourd'hui leur application dans le domaine de la fouille de données dans les bases sonores ou musicales (*Music information Retrieval*). L'enjeu consiste alors à relier cette morphologie à des descripteurs du signal sonore afin de pouvoir classifier automatiquement les sons selon leur évolution temporelle (voir par exemple Bloit *et al.* (2010), Claude (2006), Eitan et Granot (2006), Minard *et al.* (2010), Peeters et Deruty (2010), Peeters *et al.* (2011), Ricard et Herrera (2004)).

5.3.2 William Gaver - *The Sounding Object*

Indépendamment des travaux de Schaeffer, l'existence de différentes formes d'écoute a été mise en évidence dans le domaine du design sonore pour les interfaces hommes-machines (IHM). Reprenant les travaux de Vanderveer (1979) sur la catégorisation des sons environnementaux, William Gaver propose une distinction similaire à celle de Schaeffer

entre différents « modes d'écoutes » (Gaver 1993). Pour Gaver, l'écoute quotidienne (« *everyday listening* ») est liée à l'identification et à la caractérisation de la source ou de l'évènement qui produit le son, alors que l'écoute musicale (« *musical listening* ») découle des propriétés intrinsèques du son. La psychoacoustique permet d'étudier précisément les sensations auditives et donc de caractériser l'écoute musicale. Pourtant dans la vie de tous les jours nous avons principalement recours à une écoute quotidienne. Pour Gaver, nous devrions imaginer une psychoacoustique « alternative » dédiée à la perception des évènements sonores et non plus des caractéristiques intrinsèques du son. Dans ses travaux, Gaver catégorise ainsi les phénomènes sonores selon l'état physique de leur source (*solide*, *liquide*, et *aérodynamique*) et propose pour chacune de ces catégories une classification des évènements sonores (*déformation*, *frottement*, *impact*...) et les attributs qui leur sont associés (*matériau*, *taille*, *force*...). Ces catégories ont été retrouvées dans les expériences perceptives menées par Houix *et al.* (2012). Le but des travaux de Gaver est d'étudier différentes stratégies de sonification pour des IHM. À la fin des années 1980, Gaver propose le *SonicFinder*, un système ajoutant du son à l'interface de navigation du Macintosh (Gaver 1989) et reposant sur le principe de l'icône sonore (*auditory icon*). Une icône sonore est un son conçu à partir d'un évènement sonore naturel dans le but de véhiculer une information par analogie avec les propriétés de l'évènement sonore. Par exemple, l'action de sélection d'un fichier sera matérialisée par un son d'impact : plus le fichier est gros, plus le son donnera l'impression que l'on a frappé sur un gros objet. Le matériau dans lequel est fait l'objet (bois, métal) indique alors le type de fichier que l'on a sélectionné (application, dossier), et si l'on déplace l'objet, on entendra un son de frottement dépendant de ces deux caractéristiques (Gaver 1993). L'approche écologique de la perception auditive proposée par Gaver a été développée dans plusieurs études qui ont montré que des auditeurs pouvaient associer le son d'un objet à ses propriétés comme sa taille ou sa géométrie (Carello *et al.* 1998, Grassi 2005, Kunkler-Peck et Turvey 2000, Lakatos *et al.* 1997), le matériau qui le constitue (Giordano et McAdams 2006), son état physique (Cabe et Pittenger 2000, Houix *et al.* 2012) et même sa température (Velasco *et al.* 2013).

5.3.3 Lien entre les modes d'écoutes et la description verbale

Dans la suite des travaux de Schaeffer et Gaver, plusieurs chercheurs ont développé l'idée de mode d'écoute et l'ont adaptée à leur contexte de recherche. Par exemple, Huron (2002) distingue pas moins de 22 stratégies d'écoute, et Tuuri et Eerola (2012) proposent une taxonomie des sons impliquant 9 modes d'écoutes. À la lumière de cette théorie des modes d'écoute, nous proposons de classifier les différents type de stratégies de discours que nous avons mis en évidence dans la première partie de ce chapitre. Nous

retenons la classification des modes d'écoutes proposée par Chion *et al.* (1994) car elle est en adéquation avec les résultats des études perceptives. Chion distingue trois grands modes d'écoutes : l'écoute réduite (au sens de Schaeffer), l'écoute causale (qui correspond à l'écoute quotidienne de Gaver) et une troisième forme d'écoute, l'écoute sémantique, qui implique d'écouter un son pour ce qu'il signifie, pour l'information qu'il véhicule. Les trois modes de Chion correspondent aux trois types de similarités observées lors des études sur la catégorisation (Lemaitre *et al.* (2010), voir 5.2.1) : similarités acoustiques (écoute réduite), similarités causales (écoute causale) et similarités sémantiques (écoute sémantique). Nous proposons de reprendre ces trois modes et de classifier les différents types de descripteurs verbaux du son en trois grandes catégories : discours réduit, discours causal et discours contextuel (contextuel correspond ici à sémantique, nous l'employons afin d'éviter toute confusion avec la notion plus générale de « sémantique » et d'« échelles sémantiques »).

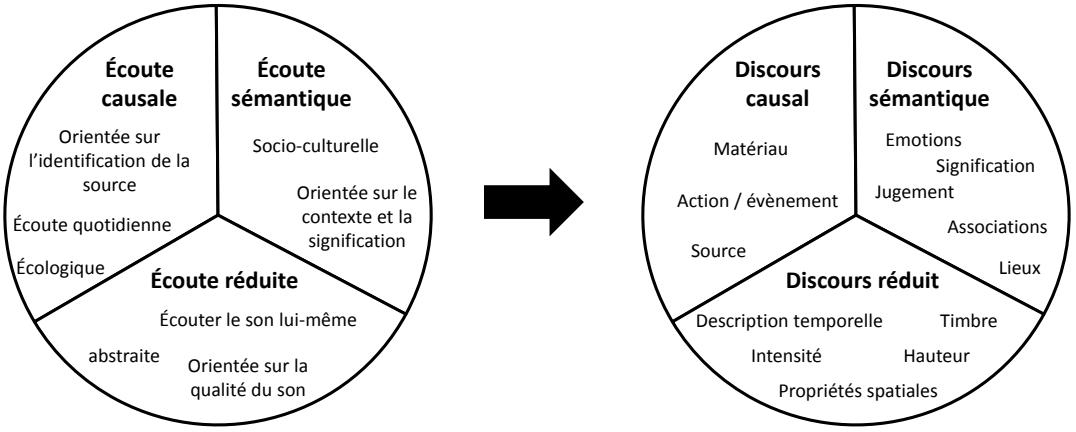


FIG. 5.2: L'écoute que nous avons des sons structure la façon dont nous avons recours aux mots pour les décrire. Nous proposons de regrouper les différentes stratégies que nous utilisons pour parler des sons en trois grandes familles dérivées des trois modes d'écoute proposés par Chion *et al.* (1994) : le discours causal, le discours sémantique et le discours réduit.

Nous proposons de résumer les sections précédentes par un schéma récapitulatif des différentes stratégies que nous utilisons pour décrire les sons (voir figure 5.3). Nos travaux de recherche se focalisent sur les stratégies de communications verbales. Les imitations gestuelles et vocales, ainsi que le langage scientifique utilisé par les experts ont été ajoutés à la classification que nous proposons. Ce dernier langage, très spécifique, est peu adapté à la communication (Hug et Misdariis 2011), il ne nous semble pas pertinent de le présenter plus en détail. Quant aux imitations gestuelles et vocales, elles constituent

une piste intéressante pour résoudre les problèmes de communication dans le domaine du design sonore et font par conséquent l'objet de travaux de recherche actuels (Ekman et Rinott 2010, Rocchesso *et al.* 2015). Les trois modes de discours dérivés des trois modes d'écoute sont présentés et détaillés sur ce schéma. Des exemples tirés des différentes études que nous avons présentées dans la première partie de ce chapitre viennent illustrer ces différentes stratégies.

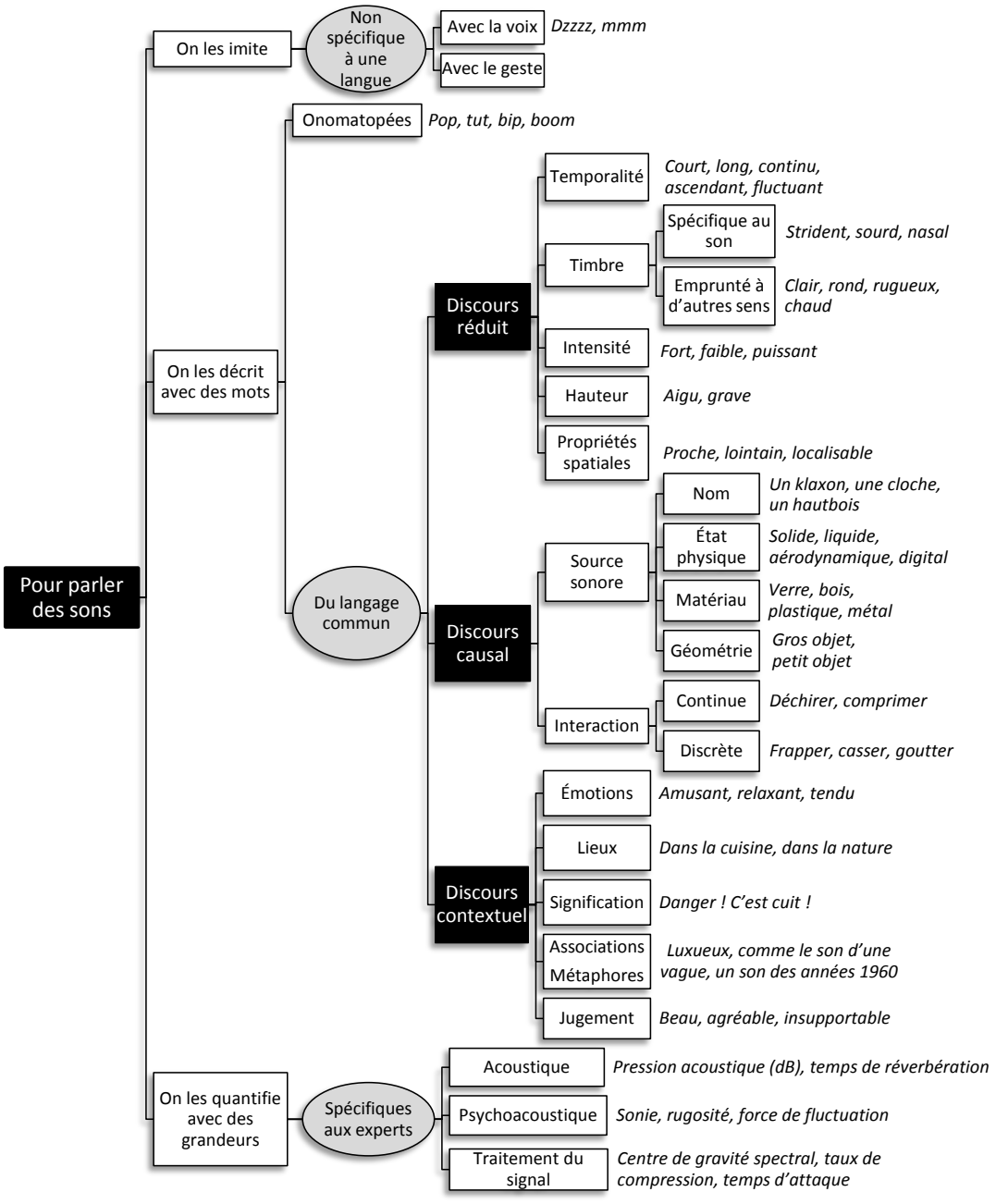


FIG. 5.3: Comment parle-t-on des sons ? Les stratégies dont nous disposons pour nous exprimer lorsque nous décrivons un son sont regroupées en trois grandes catégories, correspondant aux trois modes de discours que nous proposons : le discours réduit, le discours sémantique, et le discours causal.

5.4 Intérêt pour le design sonore

La théorie des modes d'écoute a inspiré plusieurs auteurs dans la recherche de méthodologie pour le design sonore d'interfaces (Hug 2008, Liljedahl et Fagerlönn 2010, Tuuri *et al.* 2007) ainsi que pour le design sonore au cinéma (Chion *et al.* 1994). De récentes études se sont focalisées sur le design des sons de notre environnement sonore quotidien (Özcan 2008). Les auteurs de ces travaux proposent de faire le lien entre un vocabulaire descriptif des sons de produits et les différentes catégories perceptives de sources (par exemple *machine*, *alarme*, *impact...*). Özcan et van Egmond (2005) proposent de décomposer le son d'un produit complexe selon les différentes sources qui le composent (par exemple pour un aspirateur, *bouton-poussoir*, *moteur*, *ventilateur*) et d'étudier la description de ces sources au cours du temps. L'objectif recherché est d'obtenir une représentation graphique simple du son qui permet de l'analyser et de communiquer plus facilement. Nous proposons dans cette section une réflexion sur le rôle des trois modes de discours que nous avons proposés (discours contextuel, discours causal, discours réduit) dans une démarche de conception sonore. La figure 5.4 présente l'articulation de ces trois modes de discours en prenant l'exemple fictif de la conception d'un son d'alarme.

Mode contextuel : Ce mode de discours est directement relié aux intentions de design que l'on veut faire entendre dans le son cible. Une partie des recherches en design sonore se focalise aujourd'hui sur ce mode d'écoute ou de discours. On peut citer les études sur la sémiotique du son (Jekosch 2005), sur les associations émotionnelles transmises par le son (Asutay *et al.* 2012) ou sur les métaphores sonores (Fahlenbrach 2008, Pirhonen 2014). Les intentions recherchées, qu'il s'agisse de valeurs identitaires, de fonctions ou d'émotions, doivent être exprimées de manière claire dès le début de la démarche de conception.

Mode causal : Ce mode de discours est le plus spontané pour des auditeurs non-experts. En revanche dans la plupart des cas, la source du son ou l'action qui le produit est une donnée connue lors d'un processus de design sonore. Lorsque le son est produit mécaniquement, la nature du dispositif à l'origine du son peut restreindre les possibilités de design (par exemple, en imposant une certaine morphologie). Les choix de matériau ou de forme de l'objet peuvent néanmoins influencer le son qui en résulte. Lorsque le son est synthétisé, les contraintes sont beaucoup moins fortes. Ce mode de discours peut alors être adapté à la métaphore comme l'a proposé Gaver (1993) avec son idée d'icônes sonores.

Mode réduit : Le travail qui a été proposé par Schaeffer (1966) sur l'écoute réduite et l'objet sonore a ouvert de nombreuses perspectives pour la composition musicale. Un travail similaire appliqué au design sonore permettrait de définir un langage indépendant de la source et du contexte d'un son à concevoir. Le mode de discours réduit peut être vu comme l'analogue des formes, couleurs et textures dans le design graphique. Dans les premières étapes de conception, lorsque le son n'existe pas encore mais que l'on cherche à définir un son cible, il est nécessaire que tout le monde puisse se mettre d'accord autour des caractéristiques objectives désirées.

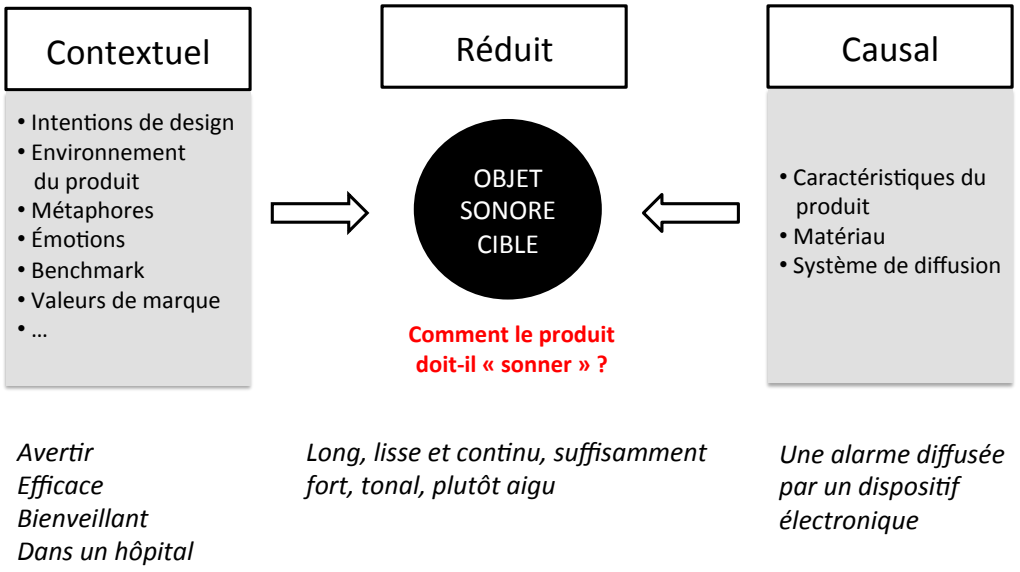


FIG. 5.4: Rôle des différents modes d'écoute et de discours dans un processus de design sonore.

Ces trois modes jouent chacun un rôle nécessaire dans le design sonore. Pourtant, certains sont plus accessibles que d'autres (en particulier, le mode causal qui correspond à l'écoute quotidienne que nous pratiquons spontanément). De plus, ils ne sont pas dissociés, et souvent dans les discussions, les différents intervenants passent de l'un à l'autre sans le savoir. Donner un cadre formel au discours sonore est une première étape pour répondre aux problèmes de communication observés en pratique dans le design sonore. Dans la suite de nos travaux, nous nous focaliserons sur le mode de discours réduit (i.e. vocabulaire descriptif de la matière sonore). Ce mode est indépendant de la nature du son, ce qui en fait un outil de conception adapté à la discussion sur les caractéristiques désirées d'un son cible. Comme il est moins spontané que les deux autres, il nécessite un travail de recherche approfondie. La question est en effet de savoir si on peut établir une terminologie descriptive des sons tout en faisant abstraction de leur cause. Comme le

souligne Michel Chion, *« Schaeffer a montré que c'était possible, mais il n'a pu qu'ouvrir la voie, en proposant un système de classification dans son Traité des objets Musicaux, système qui n'est certes pas achevé ni à l'abri de toute critique, mais a l'immense mérite d'exister »* (Chion *et al.* 1994). La complexité de la terminologie de Schaeffer la rend inadaptée à la communication (particulièrement pour des auditeurs non-experts) mais sa démarche est une source d'inspiration majeure pour nos travaux.

Conclusion

L'analyse de la littérature que nous avons proposée dans ce chapitre montre qu'il existe une grande diversité de stratégies de description des sons. Ces stratégies peuvent être regroupées en trois grands modes de discours correspondant aux modes d'écoute réduit, causal et sémantique. Chacun de ces trois modes d'expression verbale dispose d'un vocabulaire riche qui lui est propre. Nous avons, à travers une analyse de la littérature scientifique et des courants phénoménologiques liés à l'émergence de nouvelles pratiques du son, proposé une organisation générale des descripteurs verbaux dont nous disposons dans notre langue pour communiquer autour des sons. L'organisation que nous proposons n'est sans doute pas parfaite, mais offre cependant une bonne synthèse des moyens d'expressions sur le son qui, à notre connaissance, n'apparaît pas aussi clairement dans la littérature. Nous proposons dans la suite de ce manuscrit de nous concentrer sur la stratégie de description réduite, liée aux propriétés intrinsèques de la matière sonore indépendamment de la cause du son. Nous avons choisi de nous focaliser sur ce mode en particulier car nous avons conjecturé qu'il constituait le langage le plus adapté pour traduire les intentions de design. Notre objectif sera donc de générer un vocabulaire adapté à la communication découlant exclusivement de ce mode de discours. Le chapitre suivant sera consacré à la génération d'un tel lexique.

Chapitre 6

Génération d'un vocabulaire centré sur le son

L'objectif de ce chapitre est d'établir un lexique de référence adapté à la communication dans un projet de design sonore. Ce vocabulaire doit constituer une base d'éléments de design sonore, représentatifs des paramètres pertinents sur lesquels le designer peut intervenir. Nous recherchons un tel vocabulaire afin de pouvoir traduire les intentions identitaires (hypothèse H1) en directions de design sonore. Au cours du chapitre précédent, nous avons identifié plusieurs stratégies auxquelles il était possible de recourir pour décrire verbalement des sons. Nous avons établi que la stratégie de description **réduite** (description des propriétés intrinsèques du son) était la plus adaptée à nos objectifs. Le but de la démarche que nous proposons dans ce chapitre est de vérifier l'hypothèse H2, à savoir qu'il est possible de générer un lexique spécifique de termes représentatifs des différentes caractéristiques des sons. Nous avons présenté dans le chapitre 3 un ensemble de méthodes issues de l'analyse sensorielle permettant de générer des lexiques spécifiques à un produit ou à une famille de produits. Notre objectif est légèrement différent : nous cherchons à élaborer un lexique non-spécifique à un type de son donné, mais permettant de spécifier des directions de différenciation sur un grand nombre d'objets. Après une courte introduction sur la notion de lexique et sur les préconisations issues de l'analyse sensorielle quant à leur génération, nous présenterons la méthodologie que nous avons suivie pour créer et illustrer notre vocabulaire sonore.

6.1 Méthodologie de génération du lexique

La démarche que nous avons suivie pour générer le lexique sonore peut être comparée à la génération de lexiques descriptifs des produits en analyse sensorielle. Dans le paragraphe

suivant, nous présentons rapidement les préconisations issues de cette discipline quant au développement de lexiques descriptifs. Nous présenterons ensuite les différences majeures qui existent entre nos objectifs et ceux de la caractérisation de produits en analyse sensorielle. Enfin, nous présenterons la méthodologie que nous avons suivie et le détail de ses différentes étapes.

6.1.1 Les lexiques en analyse sensorielle

De tels lexiques facilitent la communication sur les qualités des produits à différents niveaux (ingénieurs, consommateurs, marketing...) et peuvent servir de référence dans un domaine défini. Lawless et Civille (2013) soulignent l'importance de ces lexiques pour l'industrie et encouragent leur publication. L'American Society for Testing and Materials (ASTMDS72 2011 cité dans Lawless et Civille 2013) résume le développement de lexiques sensoriels en cinq étapes :

1. Définir le « cadre d'application » du lexique (nature des produits à caractériser).
2. Générer des termes qui décrivent les produits concernés.
3. Définir des références pour caractériser les termes, ainsi que des définitions.
4. Identifier des exemples permettant aux panels sensoriels de mieux comprendre les termes.
5. Organiser la liste finale des descripteurs.

Lawless et Civille (2013) préconisent de générer les termes par un panel sensoriel ayant suivi un entraînement intensif. Les auteurs distinguent les « références », qui doivent être les plus singulières possibles dans l'illustration d'un attribut, des « exemples », qui sont moins restreints et peuvent exprimer d'autres attributs. La liste des échantillons ayant participé à la génération des termes doit être précisée lors de la publication d'un tel lexique.

6.1.2 Génération du lexique sonore

Le cadre d'application de notre lexique est celui de la conduite de projet en design sonore. Contrairement au cadre classique de l'analyse sensorielle, nous ne cherchons pas à rendre ce lexique spécifique à un produit. Au contraire, notre objectif est de pouvoir traduire des intentions (et en l'occurence des intentions identitaires) afin de pouvoir les véhiculer à travers le design de différents marqueurs sonores. À la manière d'une charte visuelle, elle doit pouvoir s'appliquer par la suite à plusieurs objets choisis pour véhiculer l'identité. Ceci constitue une différence fondamentale avec la démarche d'analyse sensorielle qui

cherche à établir des lexiques spécifiques à un type de produit. Nous devons donc imaginer une nouvelle méthode de génération pour le lexique que nous cherchons à construire. En particulier, la question des stimuli se pose : quels sons utiliser pour générer notre vocabulaire, sachant que celui-ci doit pouvoir s'appliquer à tout type de sons ?

Une première idée consisterait à considérer un ensemble de sons le plus varié possible, comprenant aussi bien des sons musicaux, électroniques, environnementaux. Des expériences de verbalisation peuvent alors être conduites sur un tel corpus, permettant d'isoler les mots de vocabulaire pertinents pour décrire les caractéristiques du son. Le problème de ce raisonnement est que, spontanément, les auditeurs (surtout les non-experts) ont une écoute causale des sons. Le vocabulaire le plus efficace pour caractériser et différencier un corpus de sons très hétérogène est naturellement celui lié au nom de la source ou de l'évènement qui produit le son (voir chapitre 5). De plus, la génération d'un lexique en analyse sensorielle est une démarche généralement très longue et très couteuse (Lawless et Civille 2013). L'ASTM recommande une durée minimale de 43 heures de formation (ASTME1490 2011 cité dans Lawless et Civille 2013), certaines études reportent des durées bien plus longues (plus de 120 heures d'entraînement pour Drake *et al.* 2003). Même en imaginant de focaliser les panellistes sur l'écoute réduite (à l'aide d'instructions spécifiques), un tel processus pourrait être d'autant plus long que le corpus est hétérogène et étendu.

Une deuxième idée consiste alors à mettre à profit l'ensemble des travaux existants portant sur la description verbale des sons. Une grande partie des études que nous avons présentées au chapitre 5 reposent sur la génération (par verbalisation) de termes adaptés à la description d'un type de son particulier, allant du timbre des violoncelles au bruit de passage des trains à grande vitesse. Les ensembles de descripteurs résultant de ces différentes études sont tous spécifiques à un objet ou un contexte donné, pourtant certains termes apparaissent dans plusieurs études. Une analyse par recoupement des différents travaux que nous avons cités dans le chapitre précédent permettrait alors d'isoler les mots de vocabulaire décrivant des sons de différentes natures dans différents contextes. Ces mots constitueraient alors des candidats adaptés à la description du son indépendamment de sa nature ou de son contexte. La critique principale de cette démarche est que le seul critère d'occurence dans la littérature scientifique ne garantit pas qu'un mot est bien adapté à la description du son. De plus, un mot utilisé pour caractériser un son peut avoir autant de significations possibles que de personnes qui l'utilisent (Cheminée *et al.* 2005).

Nous avons choisi toutefois de développer cette seconde direction. La figure 6.1 présente la démarche que nous avons suivie dans la recherche et l'illustration d'un lexique pour le

design sonore. Cette approche est originale dans le sens où nous **partons des mots pour aller vers les sons**, contrairement à la démarche traditionnelle de génération de lexique, qui a pour point de départ un corpus de stimuli pour arriver à un ensemble de mots. La première étape de notre approche est la recherche des descripteurs sonores apparaissant le plus fréquemment dans la littérature, à travers une analyse d'un large corpus d'études scientifiques et empiriques. Ceci nous permettra d'extraire les mots susceptibles de décrire différents types de sons. Nous confronterons dans un deuxième temps ces mots à un panel d'experts. Une enquête menée auprès d'un ensemble de professionnels du son et de la musique nous permettra de sélectionner parmi les mots de l'étape 1 ceux qui sont les plus utilisés en pratique par les experts. Des entretiens complémentaires permettront d'examiner le sens donné à ces termes par les experts : un recoupement des définitions et exemples donnés par chacun des participants nous permettra de ne garder que les mots faisant consensus au sein du panel.

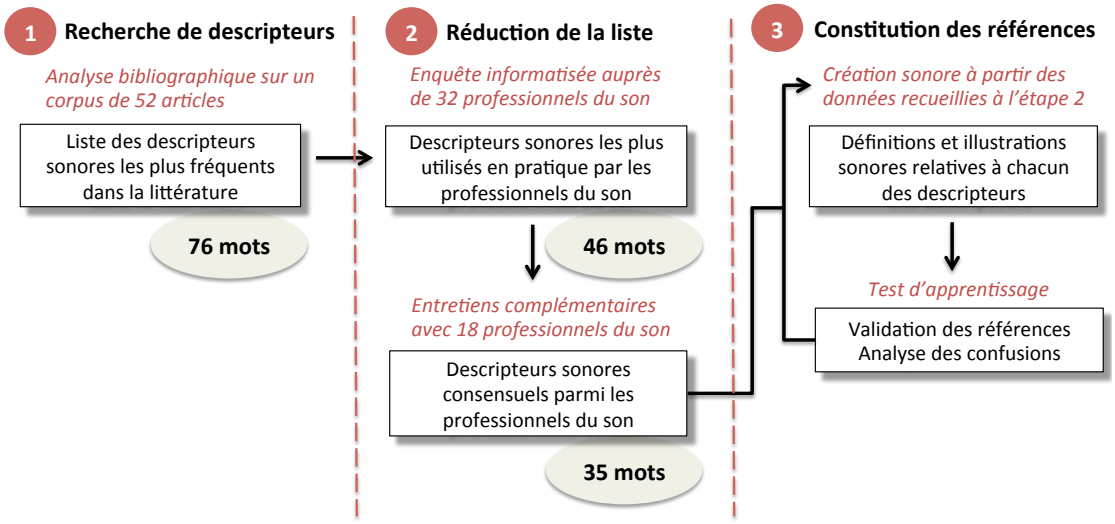


FIG. 6.1: Schéma résumant les trois étapes de génération du lexique sonore. La première étape a permis d'isoler un ensemble de 76 mots correspondant aux descripteurs les plus fréquents dans un corpus de 52 articles. La seconde étape a permis de confronter cette sélection à un panel de 32 experts du son. Les 46 mots les plus utilisés par ces professionnels dans leur quotidien ont été retenus. Des entretiens complémentaires ont permis de réduire cette liste à une selection finale de 35 termes. Ce lexique a été illustré par des exemples sonores lors de la troisième étape.

Enfin, dans une troisième étape, nous chercherons à constituer un ensemble de références et d'exemples sonores afin d'illustrer chacun des termes retenus. Pour cela, nous ferons appel à un designer sonore qui travaillera à partir des données recueillies lors des entretiens avec les experts (étape 2). Un test de validation (expérience E1) nous permettra de confronter le lexique et ses illustrations sonores à des auditeurs, afin de mettre en évidence l'apport des exemples sonores et d'identifier les sources potentielles de confusion.

À l'issue de cette démarche, nous mettrons en place une expérience d'analyse sensorielle permettant de vérifier que le lexique permet de caractériser et différencier les sons de différents objets. Cette expérience fera l'objet du chapitre 7. Dans les sections qui suivent, nous présentons le détail des différentes étapes de notre démarche.

6.2 Première étape : Recherche de descripteurs

La revue bibliographique que nous avons présentée au chapitre précédent nous a montré que la langue française comme la langue anglaise étaient dotées d'un grand nombre de mots adaptés à la description des sons. Une exploration approfondie des mots verbalisés dans les différentes études révèle que certains termes comme *brillant*, *rugueux*, ou *chaud* sont utilisés dans une grande majorité d'études concernant aussi bien des sons musicaux que des sons abstraits et des sons de l'environnement. La première étape de notre approche a donc consisté en l'analyse d'un corpus d'articles afin d'identifier les mots les plus fréquemment utilisés. Pour des raisons pratiques, nous avons choisi de séparer la recherche de mots décrivant les aspects liés au timbre des sons et la recherche de mots décrivant la morphologie du son et son évolution dans le temps. En effet, ces deux aspects du son ne sont pas traités de la même façon dans la littérature. Cette distinction n'a pas été conservée lors des étapes ultérieures (étapes 2 et 3) de la génération de vocabulaire.

6.2.1 Recherche de descripteurs du timbre

Nous avons considéré un corpus de 45 articles répartis en quatre catégories, présentés dans le tableau 6.1. Ces articles sont issus de la revue bibliograhique que nous avons présentée au chapitre précédent. Les mots utilisés dans ces études et appartenant au mode de discours réduit ont été identifiés et classés selon leur pourcentage d'occurrence. Nous n'avons considéré que les termes ayant été utilisés dans au moins deux études de verbalisations ou différentiel sémantique. Les éléments totalisant plus de cinq occurrences (c'est-à dire 10 % du corpus) ont alors été retenus. La plupart des articles du corpus étant écrits en anglais, le comptage des occurrences a été effectué sur les termes anglais. Les termes provenant d'études concernant le vocabulaire français ont été traduits en anglais à l'aide du lexique Français/Anglais établi par Traube (2004) ainsi que de plusieurs dictionnaires en ligne pour les mots n'apparaissant pas dans ces travaux[1]. Certaines études de ce corpus (pour la plupart utilisant le différentiel sémantique) impliquent toutefois

[1]Nous avons utilisé les dictionnaires suivants :
http://www.linguee.fr
http://www.larousse.fr
http://www.wordreference.com

NATURE DES ÉTUDES	NOMBRE	RÉFÉRENCES
Verbalisation	21	Solomon (1958), Namba (1991), Samoylenko (1996), Faure (2000), Rioux (2001), Guastavino (2003), Traube (2004), Cheminée (2005), Stepanek (2006), Barbot (2008), Barthet (2008), Nykänen (2009a), Nykänen (2009b), Parizet (2008), Terroir (2010), Grill (2011), Fritz (2012), Özcan (2012), Altinsoy (2012), Caramiaux (2013), McGregor (2013)
Échelles sémantiques	13	Kerrick (1968), Gabrielsson (1968), Von Bismarck (1974), Björk (1985), Kendall (1993), Bonebright (2001), Lyon (2003), Västfjäll (2003), Darke (2005), Bergman (2009), Brent (2010), Eliott (2013), Torija (2013)
Analyse sensorielle	5	Siekierski (2001), Lageat (2003), Bezat (2010), Bergeron (2010), Knöferle (2012)
Approches phénoménologiques	6	Helmholtz (1877), Hermann-Goldap (1907), Schaeffer (1966), Schafer (1977), Chion (1983), Claude (2006)

TAB. 6.1: Liste des 45 articles du corpus étudié pour la description verbale des attributs sonores non-temporels.

quelques mots reliés aux aspects temporels du son. Dans le cas où de tels termes apparaissent dans notre sélection, nous les avons identifiés et ajoutés à la sélection des descripteurs temporels.

6.2.2 Recherche de descripteurs temporels

L'approche que nous avons privilégiée pour la recherche des descripteurs temporels n'a pas, comme pour le timbre, été fondée sur un critère d'occurrence. En effet, la plupart des études perceptives concernent le timbre et sont réalisées sur des corpus homogènes du point de vue temporel. La perception des aspects morphologiques du son a été relativement peu étudiée. Les travaux empiriques ayant développé une approche phénoménologique du son, en revanche, s'intéressent davantage à la morphologie temporelle du son. La sélection des attributs temporels a été majoritairement effectuée à partir de ces études. Nous avons considéré un corpus de 17 études, dont la liste complète est présentée dans le tableau 6.2. Six de ces études sont des études expérimentales faisant intervenir une tâche de verbalisation libre. Dans la plupart des études du corpus, les auteurs structurent les différents aspects temporels du son en plusieurs catégories, comme par exemple *profil mélodique*, *profil dynamique*, *durée*... Dans un premier temps, nous avons examiné quelles étaient les catégories les plus couramment utilisées au sein du corpus. À partir de ces observations, nous avons proposé des catégories génériques pour les descripteurs temporels. Nous avons ensuite regroupé les mots apparaissant dans les 17 études dans chacune de nos catégories. Dans le cas où certains mots avaient des significations similaires (par exemple *ascendant* et *montant*), nous les avons regroupés et nous avons choisi celui qui apparaissait le plus dans les résultats des études de verbalisations.

NATURE DES ÉTUDES	NOMBRE	RÉFÉRENCES
Verbalisation	6	Guastavino (2003), Barbot (2008), Merer (2008), Terroir (2010), Özcan (2012), Caramiaux (2013)
Approches phénoménologiques	11	Schaeffer (1966), Schafer (1977), Chion (1983), Delalande (1996), Smalley (1997), Ricard (2004), Eitan (2006), Claude (2006), Bloit (2009), Minard (2010), Peeters (2010)

TAB. 6.2: Liste des 17 articles du corpus étudié pour la description verbale des attributs sonores temporels.

6.2.3 Résultats

Les résultats de cette sélection sont présentés dans les tableaux 6.3 et 6.4. La recherche des descripteurs du timbre a mené à une sélection de 61 mots, parmi lesquels 10 mots ont été identifiés comme décrivant des aspects temporels du son (notés par une * dans le tableau 6.3). Certains termes anglais (comme *sharp* et *dull*) n'ont pas de traduction univoque en français : dans ce cas de figure, plusieurs traductions possibles ont été retenues pour cette première sélection. La recherche des descripteurs verbaux temporels a conduit à la génération de six catégories : *continuité*, *durée*, *dynamique*, *profil mélodique*, *mouvement* et *effets sonores*. 25 mots représentatifs de ces différents aspects ont été retenus et sont présentés dans le tableau 6.4. La première étape de notre démarche a donc conduit à la sélection de 76 mots qui décrivent différents aspects du son et sont communs à plusieurs études scientifiques. Rien ne garantit à ce stade que ces termes soient adaptés à la communication entre experts et non-experts. Nous ne pouvons même pas affirmer qu'un même terme sera interprété de la même façon par deux experts. Enfin, certains termes proviennent de la traduction de mots verbalisés par des locuteurs non francophones, et rien ne nous dit que la traduction littérale de ces termes (même si nous avons fait appel à un lexique bilingue établi par des musiciens) est pertinente pour décrire les sons dans le langage français. La seconde étape de génération du lexique a donc consisté à confronter cette première sélection à un panel de professionnels du son parlant le français dans leur pratique quotidienne.

Occ.	ANGLAIS	FRANÇAIS	Occ.	ANGLAIS	FRANÇAIS	Occ.	ANGLAIS	FRANÇAIS
29	Soft	Doux	9	Light	Léger	6	Uneven*	Irrégulier*
28	Dull	Sourd, mat	9	Noisy	Bruité	6	Deep	Profond
21	High	Aigu	9	Muffled	Feutré	6	Narrow	Etriqué
21	Loud	Fort	9	Large	Large	6	Tonal	Tonal
19	Low	Grave	9	Strong	Puissant	6	Cold	Froid
19	Sharp	Aiguisé, incisif	9	Resonant*	Résonant*	6	Near	Proche
19	Rough	Rugueux	8	Thin	Mince	5	Piercing	Perçant
18	Bright	Brillant	8	Long*	Long*	5	Strident	Strident
16	Smooth	Lisse	8	Continuous*	Continu*	5	Irregular*	Irrégulier*
15	Clear	Clair	8	Dark	Sombre	5	Vibrating	Vibrant
15	Round	Rond	8	Quiet	Calme	5	Constant*	Constant*
15	Rich	Riche	8	Clean	Net	5	Aggressive	Agressif
14	Nasal	Nasal	8	Calm	Calme	5	Heavy	Lourd
14	Full	Plein	8	Harsh	Rêche	5	Complex	Complexe
13	Hard	Dur	7	Shrill	Criard	5	Dynamic*	Dynamique*
11	Weak	Faible	7	Short*	Court*	5	Natural	Naturel
10	Slow*	Lent*	7	Powerful	Puissant	5	Empty	Creux
10	Fast*	Rapide*	7	Metallic	Métallique	5	Far	Lointain
10	Even*	Régulier*	7	Open	Ouvert	5	Edged	Tranchant
10	Warm	Chaud	6	Ringing	Sonnant			

TAB. 6.3: Liste des descripteurs les plus fréquemment présents dans le corpus de 45 articles. Les mots suivis d'une astérisque (*) ont été identifiés comme étant des descripteurs temporels et ont donc été ajoutés à la sélection des descripteurs temporels.

CATÉGORIES	ANGLAIS	FRANÇAIS	CATÉGORIES	ANGLAIS	FRANÇAIS
Continuité	Continuous	Continu	**Profil mélodique**	Ascending	Ascendant
	Discontinuous	Discontinu		Descending	Descendant
	Even	Régulier		Fluctuating	Fluctuant
	Uneven	Irrégulier		Constant	Constant
Durée	Short	Court	**Mouvement**	Rotating	Qui tourne
	Long	Long		Repeated	Répété
	Slow	Lent		Changing	Changeant
	Fast	Rapide		Accelerating	Accéléré
Dynamique	Attack	Attaque		Decelerating	Déceléré
	Dynamic	Dynamique	**Effets sonores**	Resonant	Résonnant
	Steady	Stationnaire		Echoed	Écho
	Crescendo	Crescendo			
	Decrescendo	Decrescendo			
	Impulse	Impulsif			

TAB. 6.4: Liste des descripteurs temporels sélectionnés à partir de l'étude du corpus de 17 articles et ouvrages théoriques.

6.3 Deuxième étape : Réduction de la liste

L'objectif de cet étape a été de réduire la sélection des termes. Ces mots issus de la littérature académique sont potentiellement inadaptés, redondants ou trop spécifiques à un certain type de sons. Nous avons donc fait appel à un panel d'experts pour confronter les termes retenus à leur pratique quotidienne. Une première enquête nous a permis d'éliminer les termes que les experts n'utilisaient pas dans leur travail pour décrire les sons. Enfin, des entretiens menés auprès d'une partie du panel d'experts ont permis de préciser le sens qu'ils accordaient à chaque terme et de recueillir des définitions et exemples typiques pour l'ensemble des mots.

6.3.1 Enquête préliminaire

6.3.1.1 Procédure

Les 76 mots retenus à l'issue de l'étape précédente ont été confrontés à l'opinion d'experts du son via une enquête. Le document qui a été envoyé par mail à chacun des participants se trouve en annexe B. Pour chacun des 76 mots de vocabulaire sonore, les personnes interrogées devaient répondre à deux questions à choix multiple concernant :

1. La fréquence à laquelle ils utilisaient le mot dans leur travail (*toujours*, *souvent*, *parfois*, *rarement* ou *jamais*).
2. Le degré de précision dans la signification du mot (le mot a un sens *précis*, *vague* ou *aucun sens*).

Les 76 termes ont été simultanément présentés sur la même page du document, dans un ordre aléatoire pour chaque participant. Les experts avaient également la possibilité d'ajouter des termes à la sélection qui leur était présentée et de répondre aux deux questions pour ces nouveaux termes. A la fin du questionnaire, un encart était présenté pour recueillir les remarques éventuelles des participants. L'enquête a été créée et testée de façon à ce que la durée totale de réponse n'excède pas 20 minutes.

6.3.1.2 Participants

L'enquête a été envoyée par mail à 60 experts, sous forme de document PDF à compléter et retourner par e-mail. Les experts contactés comprenaient des musiciens, acousticiens, ingénieurs du son, designers sonores et musicaux, psychoacousticiens, compositeurs de musique électroacoustique et experts en traitement du signal sonore. Nous avons choisi

de réaliser cette enquête auprès d'une grande diversité de domaines d'expertises afin que le lexique que nous cherchons à construire ne soit pas propre à un champ d'expertise très spécifique, mais qu'il soit partagé au sein de la communauté des professionnels du son au sens large. Seuls 32 des 60 experts contactés ont répondu à notre sollicitation. Ces 32 participants comprenaient 5 musiciens professionnels, 7 designers sonores, 4 ingénieurs du son, 8 psychoacousticiens et 8 acousticiens.

6.3.1.3 Résultats

Pour chacun des items, les pourcentages de réponse aux deux questions ont été calculés sur l'ensemble des participants. L'objectif de cette enquête est de réduire la sélection de mots en ne gardant que les plus pertinents pour la communication entre experts et non-experts. Nous avons donc choisi d'éliminer les termes peu ou jamais utilisés par les experts du son. Nous avons fixé comme critère de sélection la médiane des réponses à la première question, c'est-à-dire la fréquence d'utilisation médiane du mot. Ainsi, les 30 mots ayant comme réponse médiane *jamais* ou *rarement* (c'est-à-dire qu'au moins 50 % des experts interrogés ne les utilisent que rarement ou jamais pour décrire les sons) ont été éliminés de notre sélection. Parmi les quelques mots ajoutés par les participants, aucun n'a été cité plus de trois fois, nous n'avons donc pas conservé de termes supplémentaires. Cette première réduction de la liste a conduit à une sous-sélection de 46 termes.

6.3.2 Entretiens avec des professionnels du son

6.3.2.1 Procédure

Les 32 experts ayant répondu à l'enquête préliminaire ont été sollicités pour participer à des entretiens approfondis afin d'obtenir des informations supplémentaires sur leurs réponses. L'objectif de ces entretiens était de receuillir des données sur la signification que les experts accordaient aux mots retenus. Les participants ont été interrogés sur les mots qu'ils utilisaient « *souvent* » ou « *toujours* » et auxquels ils accordaient un sens « *précis* ». Nous avons essayé d'équilibrer au mieux le choix des mots à confronter aux participants, afin que chaque mot soit qualifié par un nombre équivalent d'experts d'une part, et afin que les entretiens aient environ la même durée pour tous les experts d'autre part. Nous leur avons demandé de fournir trois informations pour chaque mot :

- ☐ Définition non technique du mot, explication, synonymes, antonymes...
- ☐ Définition technique liée à l'expertise du participant (si possible).
- ☐ Exemples de sons quotidiens représentatifs du mot.

Ces entretiens ont été enregistrés à l'aide d'un dictaphone et retranscrits sur ordinateur. La plupart des entretiens ont été menés physiquement, cependant quelques uns n'ont pu être conduits que par téléphone.

6.3.2.2 Participants

Parmi les 32 experts du son ayant répondu à la première enquête, 18 d'entre eux ont accepté de participer aux interviews. Les entretiens ont duré une heure en moyenne. Les 18 participants ayant participé à ces entretiens comprenaient 4 musiciens professionnels, 4 designers sonores, 3 ingénieurs du son, 4 psychoacousticiens et 3 acousticiens.

6.3.2.3 Résultats

Pour chacun des 46 mots de la sélection, 3 à 10 définitions ont été obtenues (selon le nombre d'experts ayant répondu pour le mot) et compilées dans un document. Certaines définitions données par un dictionnaire académique construit par des chercheurs du CNRS, le *Trésor de la langue Française*[2] ont été ajoutées à ce document. La comparaison des définitions et exemples donnés par différents experts pour un même mot a permis d'identifier des termes qui ne faisaient pas consensus parmi les experts interrogés (par exemple, *complexe*) ou qui possédaient un caractère plus hédonique que descriptif (comme *doux*, *agressif* ou *puissant*). Ces termes ont été retirés de la sélection. De même, l'analyse des synonymes et antonymes donnés par les experts nous ont permis d'éliminer certains termes redondants (par exemple, *impulsif* est équivalent à *court* + *attaque franche*, ou bien *régulier*, *stable*, et *constant* désignent le même paramètre). Nous avons également identifié, à partir de cette analyse, des termes ayant des sens opposés, comme *grave*/*aigu*, ou bien *rugueux*/*lisse*. Ces termes ont été regroupés pour former des paires d'attributs caractéristiques du son. En particulier, les exemples sonores et les références associés à ces termes seront communs. Le seul point ambigu de ces regroupements peut être celui des paires *mat/résonant* et *sourd/brillant*. Le son *mat* est qualifié de *« son qui n'a pas beaucoup de résonance »*, *« produit dans un lieu sans reverb' »* , *« amorti »* , *« sans réverbération »*. Le son *sourd* n'a *« pas d'aigus »*, est *« coupé en hautes fréquences »*, *« filtré »*, *« à composantes graves »*. Certains points sont communs dans les verbalisations pour ces deux termes, nous avons fait le choix d'opposer *mat* à *résonant* et *sourd* à *brillant*. Même si l'opposition *mat*/*brillant* est tentante (référence naturelle à la photographie), elle nous a semblé moins pertinente dans la description du son. Pour certains termes, nous n'avons pas identifié d'opposés au sein de la sélection. Cette étape a conduit à une liste finale de 35 termes qui sont présentés dans la table 6.5. Parmi les mots

[2] Version en ligne : http://atilf.atilf.fr/tlf.htm

retenus, 28 termes appartiennent à une paire d'opposés (14 paires) et 7 termes sont des singletons. Nous avons choisi de les classifier en trois catégories : « généralités » (propriétés fondamentales du son), « mouvement temporel » (comprenant aussi bien l'évolution de la hauteur que celle de l'intensité) et « timbre et caractère ». Ces catégories ne sont pas issues d'expériences ou d'articles scientifiques mais ont été proposées par le designer lors de la phase de création (voir section suivante) afin de faciliter l'apprentissage du lexique par des utilisateurs.

GÉNÉRALITÉS	*MOUVEMENT TEMPOREL*	*TIMBRE ET CARACTÈRE*
Grave / Aigu	**Continu / Discontinu**	**Mat / Résonant**
Fort / Faible	**Constant / Fluctuant**	**Rugueux / Lisse**
Bruité / Tonal	**Ascendant / Descendant**	**Brillant / Sourd**
Court / Long	**Crescendo / Decrescendo**	**Nasal**
Dynamique	**Att. Franche / Progressive**	**Riche**
Naturel / Artificiel		**Rond**
Proche / Lointain		**Chaud**
		Métallique
		Strident

TAB. 6.5: Tableau présentant les 35 termes retenus à l'issue de notre démarche de génération du lexique.

6.4 Troisième étape : Constitution des références

Un lexique sensoriel n'est complet que lorsqu'il est accompagné des définitions de chacun de ses termes ainsi que d'échantillons de référence (Lawless et Civille 2013). Dans le domaine de l'odorat par exemple, on utilise des solutions chimiques caractéristiques des arômes principaux (Drake et Civille 2003, Ojeda *et al.* 2002). Dans le domaine du son, le solfège de Schaeffer (1966) ou encore les UST de Delalande *et al.* (1996) sont illustrés par des échantillons sonores. L'objectif de cette troisième étape est de constituer un ensemble de références pour chacun des termes du lexique. Nous avons choisi pour cela de collaborer avec un étudiant du master de design sonore de l'école des beaux-arts du Mans (ESBA-TALM), Thomas Rotureau. Ce dernier était présent lors des entretiens avec les experts, afin de prendre des notes et de relancer les interlocuteurs en vue de son futur travail de création sonore.

6.4.1 Création sonore

L'étape de création sonore a duré environ quatre mois. Thomas Rotureau a travaillé à partir du document compilant toutes les définitions et tous les exemples donnés par les experts, pour illustrer chaque terme par des sons. Au cours de cette période, nous avons contacté à nouveau certains experts pour affiner les propositions d'exemples sonores. Plusieurs séances de debrief au sein de l'équipe du laboratoire nous ont permis d'obtenir des retours experts sur les créations sonores proposées. D'autre part, Thomas Rotureau a développé une interface permettant à un utilisateur de parcourir les définitions et les exemples sonores pour chacun des mots du lexique. Cette interface permet à l'utilisateur de modifier en temps-réel les paramètres des sons pour mieux comprendre les variations associées à chacun des mots. Cette interface a été développée sous Pure Data (Puckette *et al.* 1996) et confrontée à l'avis d'experts et de non-experts au cours de son développement. Une version MATLAB de cette interface a également été développée pour les besoins de l'expérience d'indexation sonore (**expérience E2**) que nous présenterons au chapitre 7. La figure 6.2 présente un aperçu de sa structure. Les termes du lexique sonore sont présentés sur une liste à gauche de l'écran (L) qui peut être parcourue au clavier ou à la souris. Pour chacune des entrées de cette liste, trois éléments sont présentés dans la partie droite de l'écran :

1. **Définition** Une définition brève et non-technique permettant à l'auditeur de découvrir le mot et d'attirer son attention lors de l'écoute vers les paramètres du son décrits par le mot (*par exemple, la définition de ce qu'est l'attaque d'un son (figure 6.2) focalise l'utilisateur sur le début du son*).
2. **Variation** Une piste sonore associée à un curseur pouvant être manipulé par l'utilisateur (*sur l'exemple, l'utilisateur peut modifier le son en déplaçant le curseur, ce qui a pour effet de modifier continuement son attaque en la rendant plus ou moins franche*). Cette piste joue le rôle de référence (au sens de Lawless et Civille 2013), elle est conçue pour que l'utilisateur isole précisément le paramètre décrit par le mot.
3. **Exemples** Une série d'exemples sonores constituée de sons variés représentatifs du concept (*sur l'exemple, un claquement de doigt caractérise une attaque franche, alors que le son d'une fermeture éclair a une attaque progressive*).

Pour certains termes, la présence d'un curseur n'est pas pertinente, ou difficilement réalisable d'un point de vue technique. Par exemple, il est facile de donner une définition des termes *ascendant* et *descendant* et de les illustrer par des exemples sonores, mais passer continuement de l'un à l'autre n'a pas vraiment de sens. Dans ces cas (*ascendant/-descendant*, *continu/discontinu*, *constant/fluctuant*, *crescendo/decrescendo*, *dynamique*,

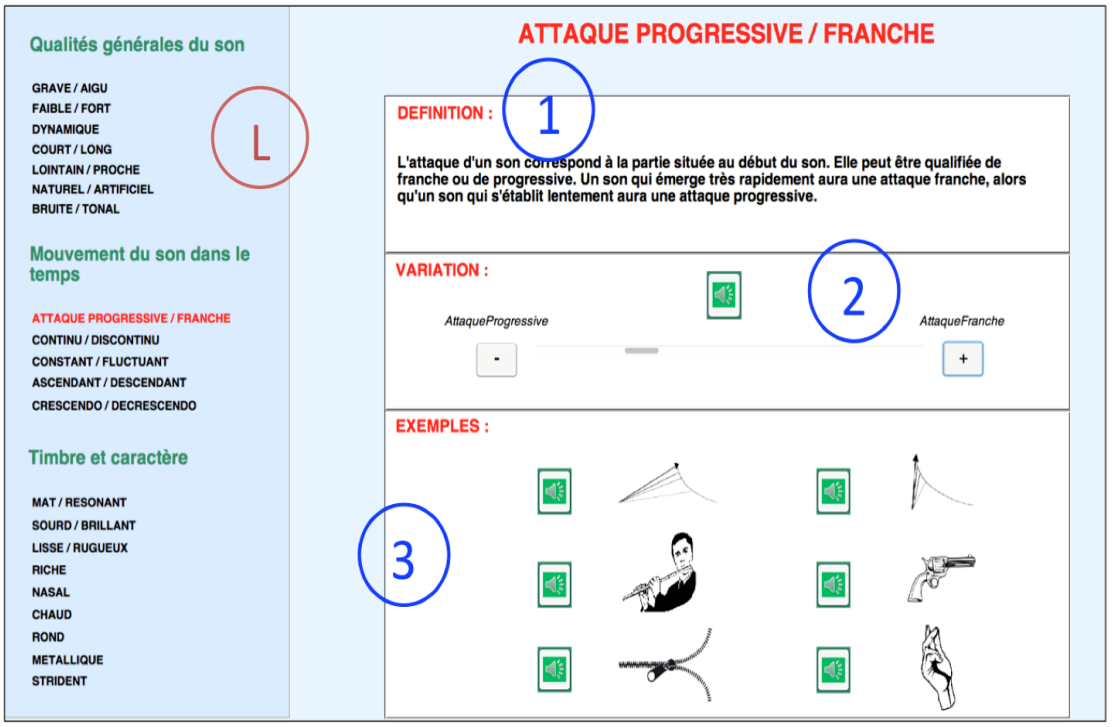


FIG. 6.2: Capture d'écran d'une page (*attaque franche/progressive*) de l'interface dédiée au lexique sonore (version MATLAB) du lexique sonore interactif. La liste (L) à gauche de l'écran permet à l'utilisateur de parcourir l'ensemble des termes du lexique. À chacun des termes est associé (1) une définition (2) un curseur permettant de faire varier un son de référence selon le paramètre associé au mot (3) une série d'exemples caractéristiques du mot.

naturel/artificiel), les deux premiers exemples sonores jouent le rôle de référence : ils sont conçus pour que le même son ne diffère que par le paramètre en question, la différence est qu'il n'y a pas de transition continue entre les opposés. Le lexique sonore est composé de 107 exemples sonores (3 à 6 pour chaque page) et de 10 pistes sonores manipulables à l'aide d'un curseur par l'utilisateur. Les sons ont été sélectionnés dans des bases de données existantes ou synthétisés par Thomas Rotureau pour illustrer les mots du lexique. L'objectif de l'interface dédiée au lexique est de permettre à un utilisateur d'apprendre rapidement ce qu'un terme signifie et d'écouter les exemples associés pour mieux comprendre quels paramètres du son il décrit. Cet outil peut apporter un support à la communication au sein de projets en design sonore : le fait de donner des références communes à tous les acteurs d'une discussion peut permettre par exemple aux intervenants non-experts de s'exprimer sur les caractéristiques désirées du son. Le chapitre 8 de ce manuscrit présente une étude de cas concrète dans laquelle nous avons utilisé cet outil. Les couples de termes *chaud* - *rond* et *métallique* - *strident* ont été regroupés sur la même page du lexique. Cette proposition de Thomas Rotureau avait pour objectif

de rassembler les termes très similaires afin d'apprendre aux utilisateurs à distinguer la nuance qui les sépare. Suite à l'expérience de validation (voir section suivante) et aux différents retours des experts de notre équipe de recherche, nous avons remarqué que cette organisation générait de la confusion quant à la compréhension des termes. Elle n'a pas été retenue et une page indépendante a été consacrée à chacun de ces quatre termes. L'ensemble des définitions et des exemples sonores associés à chaque terme du lexique sonore est présenté en annexe D de ce manuscrit.

6.4.2 Expérience E1 : validation de l'interface d'apprentissage

À l'issue de la phase de création, nous avons conduit un test de validation afin de confronter le lexique sonore et son interface dédiée à un ensemble de participants non-experts. Le principal objectif de ce test était d'évaluer si les participants pouvaient apprendre, grâce à cet outil, à caractériser les sons avec des mots. L'expérience que nous avons conduite consistait à comparer la performance de deux groupes, l'un ayant été entraîné à l'aide du lexique et l'autre non, dans une tâche de description verbale des sons.

6.4.2.1 Stimuli

À partir des 107 sons et des 10 pistes sonores du lexique, nous avons construit 45 paires de sons. L'objectif de cette sélection était d'extraire des couples de sons ne différant que par un attribut : c'est le cas des extrémités des pistes sonores, mais aussi de certains exemples (que nous avons mentionnés dans le § 6.4.1) jouant un rôle similaire à celui des pistes lorsque celles-ci ne sont pas présentes sur une page. La sélection d'une paire de sons représentative d'un mot, et ne différant que par le paramètre sonore lié à ce mot, n'a pas été possible pour tous les termes. Les adjectifs *chaud*, *rond*, *métallique*, et *strident* ont été laissés de côté. Ces adjectifs ne présentent pas d'opposés, et nous n'avons pas réussi à créer une piste sonore satisfaisante pour les illustrer. D'autre part, plusieurs termes étaient regroupés sur une même page (une page pour *chaud* et *rond*, une page pour *métallique* et *strident*). Les exemples sonores associés à ces termes permettaient de les distinguer les uns par rapport aux autres. Enfin, la piste sonore opposant les mots *proche* et *lointain* a été jugée inadéquate pour cette expérience car elle différait par un grand nombre d'autres propriétés (volume, réverbération...). En définitive, 29 des 35 mots du lexique ont été impliqués dans le test de validation. Les 45 paires utilisées lors de l'expérience étaient composées de 21 paires présentées une fois dans chaque sens (« AB » et « BA ») et de 3 paires uniques (liées aux termes *riche*, *dynamique* et *nasal* n'ayant pas d'opposés dans le lexique). Certains couples d'adjectifs ont été illustrés par 2 voire 3 paires de sons différentes. Les stimuli ont été égalisés en sonie et présentés à un

niveau sonore de 65 dB, à l'exception des deux sons appartenant à la paire représentative des termes *fort* et *faible* (présentés respectivement à 75 dB et 55 dB). Les stimuli ont été générés à une fréquence d'échantillonnage de 44.1 kHz et une résolution de 16 bits à partir du logiciel MATLAB. Les deux phases de l'expérience se sont déroulées dans une cabine audiométrique IAC du laboratoire Perception et Design Sonores de l'Ircam.

6.4.2.2 Participants

40 auditeurs (20 hommes et 20 femmes, 21 à 55 ans) ont participé à l'expérience. Ils ont été recrutés à partir d'une base de données de volontaires[3]. Les auditeurs étaient de langue maternelle française, n'avaient aucune expérience musicale récente et n'avaient aucune connexion avec le domaine du son. Les participants ont été répartis aléatoirement en deux groupes (10 hommes et 10 femmes dans chaque groupe) que nous désignerons par les labels groupe « entraîné » et un groupe « non-entraîné ». Aucun participant n'a déclaré avoir de trouble de l'audition.

6.4.2.3 Procédure

La tâche que nous avons choisie est une tâche de comparaison par paires. Nous nous sommes inspirés de l'étude de Faure (2000) dans laquelle les participants devaient verbaliser des mots décrivant le mieux la différence entre les paires de sons qui leur étaient présentées. Dans notre cas, les paires ont été construites pour ne différer que par un attribut (cela constituait précisément un objectif de la phase de création). La tâche de comparaison par paires nous permettra d'observer si le mot associé à une paire de sons est bien choisi par des auditeurs pour qualifier cette paire.

Apprentissage Les 20 participants du groupe « entraîné » ont disposé d'une heure pour parcourir le lexique sonore. Une phase de démonstration du fonctionnement de l'interface a été proposée avant le début de l'apprentissage. Un guide récapitulatif des commandes de l'interface a été laissé aux utilisateurs pendant la phase d'apprentissage. Chaque participant s'est vu remettre une feuille d'évaluation sur laquelle ils avaient la consigne d'évaluer leur compréhension sur une échelle de 1 à 5 pour chacune des pages du lexique (*1 = je n'ai pas compris* à *5 = j'ai très bien compris*). L'objectif de cette évaluation était double : en plus de fournir un retour sur la compréhension des concepts par les participants, elle a permis de s'assurer qu'ils ont bien parcouru l'ensemble du lexique. La feuille d'évaluation est présentée en annexe C de ce manuscrit.

[3] http://www.risc.cnrs.fr/

Évaluation La tâche d'évaluation a été effectuée par les deux groupes, et a pris la forme d'une comparaison par paires. Les 45 paires de sons ont été présentées aux auditeurs dans un ordre aléatoire. Pour chaque paire de sons (c'est-à-dire un son A suivi d'un son B), les participants avaient pour consigne de choisir parmi les 29 mots présentés sur l'interface de test le mot plus approprié pour décrire la différence entre les deux sons de la paire. Ils devaient ainsi compléter la phrase à trou :

Le son A est plus ..... que le son B.

Ce type de phrase a été utilisé par Faure (2000) lors d'une expérience de comparaison par paires. Une telle syntaxe lui a permis d'isoler la dimension du timbre liée à la différence entre les sons et de la relier à des mots. Dans notre cas, cette phrase est particulièrement adaptée puisque les paires que nous présentons aux participants ne diffèrent a priori que par un attribut. Les participants pouvaient réécouter la paire de sons autant de fois qu'ils le souhaitaient, avant de valider leur réponse et de passer à la paire suivante.

6.4.2.4 Résultats

La figure 6.3 présente les moyennes sur les 20 sujets du groupe test de la note de compréhension donnée à chaque concept sur la feuille d'évaluation collectée à l'issue de la séance d'apprentissage. Ces notes ont une moyenne de 4.43/5 sur l'ensemble des mots, ce qui traduit une bonne compréhension des concepts présentés dans le lexique sonore, en tous cas d'après l'auto-évaluation des participants. Cependant, un concept semble poser plus de problèmes que les autres : la page présentant les notions de chaleur et de rondeur du son est la moins bien comprise par les participants (moyenne de 2.85). Les pages présentant les notions *nasal*, *sourd*/*brillant*, et *franc*/*progressif* sont légèrement moins bien notées que le reste. Les scores relatifs à chacun des attributs correspondant au pourcentage de bonnes réponses (lorsque le sujet a choisi dans la liste l'adjectif dont la paire était représentative) ont été calculés pour les deux groupes. Le score moyen du groupe entraîné est de 57.6 %, nettement supérieur au score du groupe non-entraîné qui est de 32.2 %. Après avoir vérifié que les distributions sont bien unimodales et non cantonnées dans les extrêmes, un test t permet de conclure à la significativité des résultats ($p < 0.001$). Les pourcentages de bonnes réponses obtenues par les participants des deux groupes sont très supérieurs au pourcentage de bonnes réponses qui serait statistiquement obtenu si les auditeurs répondaient au hasard ($1/29 = 3.45\%$). Cette comparaison montre que même des auditeurs n'ayant aucune connaissance particulière dans le domaine du son sont capables d'exprimer la différence entre deux sons, en choisissant le bon adjectif dans près d'un tiers des cas. On peut aussi noter que la moyenne des scores du groupe entraîné est relativement faible (un peu supérieure à 50 %, donc très loin de

100 %), bien que les paires utilisées pour l'apprentissage et l'évaluation soient les mêmes. Le processus d'apprentissage n'est donc pas optimal. D'après les retours oraux des sujets, la faiblesse des résultats s'explique en partie par le grand nombre de mots présentés en même temps lors de la phase d'apprentissage : 35 termes pour une durée d'une heure. Plusieurs participants ont notamment fait la remarque, à l'issue de la phase de test, qu'ils ne se souvenaient plus quels adjectifs étaient opposés dans la liste qui leur était proposée.

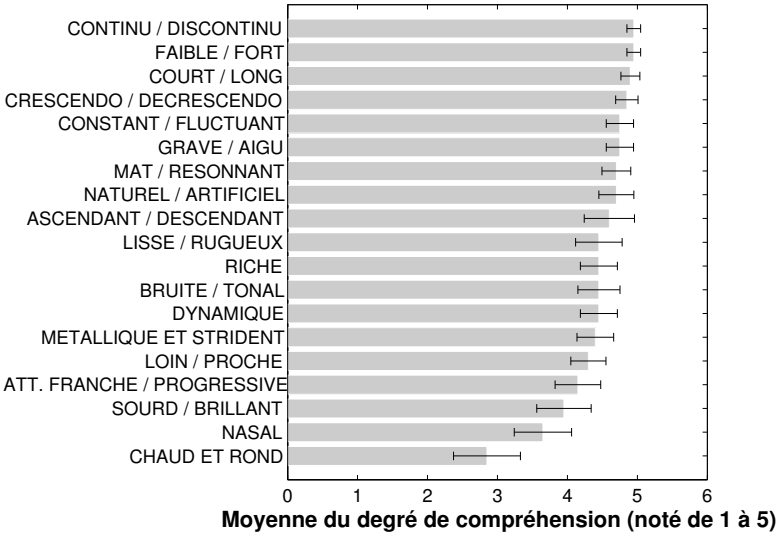


FIG. 6.3: Moyenne des notes de compréhension données par les auditeurs lors de l'apprentissage des concepts.

Des informations complémentaires peuvent être obtenues en regardant le profil des erreurs, i.e. quelles « mauvaises réponses » ont été données par les auditeurs lorsqu'ils n'ont pas sélectionné la réponse attendue. Pour cela, on peut tracer une matrice de confusion. Il s'agit d'une matrice carrée qui donne la répartition du nombre d'erreurs commises par descripteurs en fonction des réponses possibles à chaque question. Pour obtenir une matrice carrée, les paires illustrant les mêmes descripteurs ont été regroupées et les réponses moyennées. Les matrices de confusion relatives au groupe d'auditeurs entraînés et non-entraînés sont présentées respectivement sur les figures 6.4 et 6.5. La lecture de ces matrices se fait de la façon suivante : en ordonnée sont présentés par ordre alphabétique les attributs qui ont été évalués dans le test, en abscisse sont présentées les différentes réponses possibles que pouvaient donner les participants. Plus une case de la diagonale est blanche, plus le pourcentage de bonnes réponses est élevé. En revanche, en dehors de la diagonale, les cases sont d'autant plus claires que le terme en abscisse a été confondu avec le terme en ordonnée.

La comparaison des matrices de confusion obtenues pour chacun des deux groupes confirme la différence de performance entre sujets entraînés et sujets non entraînés pour

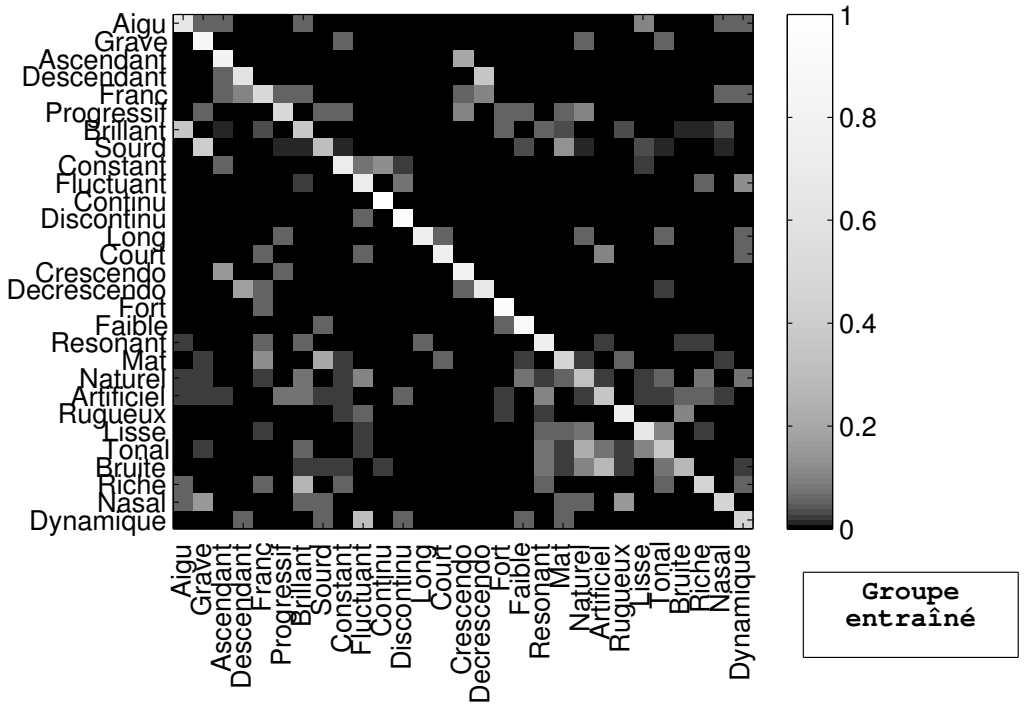


FIG. 6.4: Matrice de confusion pour le groupe des participants entraînés. Plus une case non diagonale est claire, plus la confusion est forte entre les termes concernés. Les cases diagonales représentent le pourcentage de réponses correctes.

cette tâche. Les scores totaux que nous avons présentés précédemment (57.6 % et 32.2 %) correspondent à la moyenne de ces diagonales. On remarque que dans le cas du groupe non entraîné, la diagonale est moins claire, et le reste de la matrice présente un fond constellé de taches d'intensité moyennes. En revanche pour le groupe des sujets entraînés, les erreurs sont plus localisées. Les principales confusions sont :

Brillant/sourd et *aigu/grave* : cette confusion est présente dans les deux groupes. Cette confusion n'a lieu que dans un sens : les auditeurs répondent *aigu* à la place de *brillant* ou *grave* à la place de *sourd*, mais jamais l'inverse. Pour les auditeurs entraînés, les erreurs sur la paire *sourd/brillant* sont pratiquement toujours relatives à cette confusion. Chez les auditeurs non entraînés, la diagonale est plus faible et les erreurs plus variées. Un examen séparé de chacune des trois paires illustrant le concept *brillant/sourd* révèle que cette confusion est présente dans les trois cas.

Ascendant/descendant et *crescendo/decrescendo* : cette confusion est présente dans les deux groupes. L'erreur est dans les deux cas plus forte lorsque la paire illustre le concept *ascendant/descendant*. Elle existe cependant aussi dans l'autre sens. L'absence d'autres erreurs indique qu'il y a réellement une forte confusion entre les termes. Les deux caractéristiques du son sous-jacentes à ces concepts concernés sont toutes deux liées à l'augmentation d'un paramètre au cours du temps (volume et hauteur tonale), ce qui

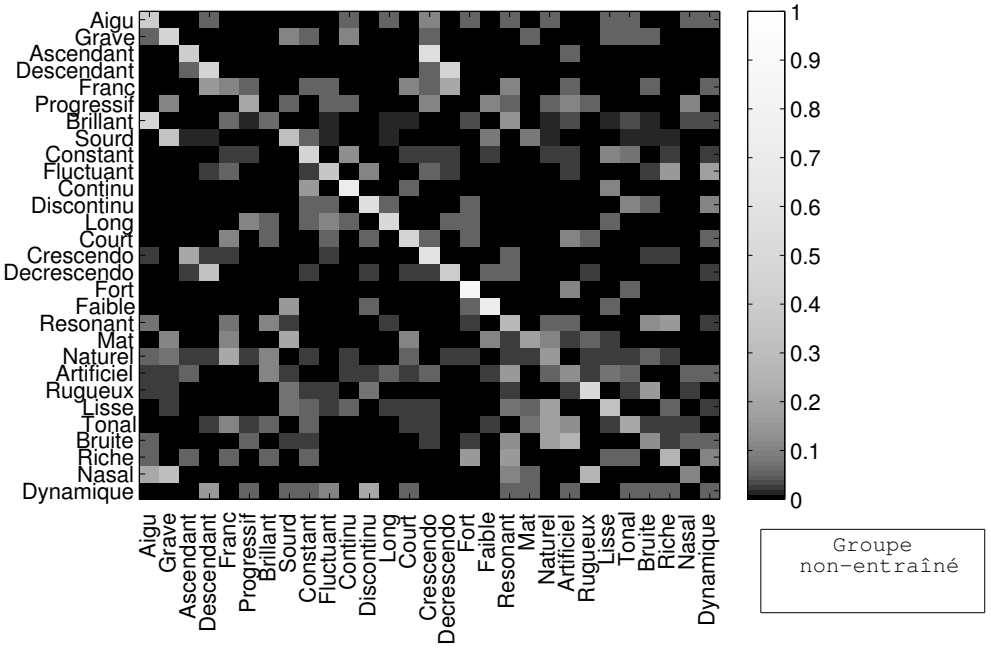


FIG. 6.5: Matrice de confusion pour le groupe des participants non-entraînés. Plus une case non diagonale est claire, plus la confusion est forte entre les termes concernés. Les cases diagonales représentent le pourcentage de réponses correctes.

explique cette confusion. Nous ne pouvons cependant pas conclure si la confusion se fait dans la perception des deux attributs ou dans leur association aux termes qui décrivent ces sensations.

Tonal/bruité et *naturel/artificiel* : cette confusion est présente dans les deux groupes. Une réécoute des paires de sons évaluées permet de comprendre cette confusion. Bien que conçus pour illustrer le concept *tonal/bruité*, les sons utilisés dans les deux paires évaluées présentent en effet des différences dans le caractère *naturel/artificiel* du son. Dans la première paire, le son tonal est un son de synthèse, et le son bruité qui lui est opposé ressemble à un son de souffle (vent, ou son de détente d'un gaz) et paraît ainsi plus naturel. A l'inverse pour la seconde paire, le son tonal est un son de piano que l'on identifie. Le son bruité correspondant possède la même morphologie temporelle mais est peu identifiable par rapport au piano, ce qui lui confère un aspect artificiel.

On observe un phénomène surprenant pour certains termes : il existe des confusions propres au groupe des auditeurs entraînés. C'est le cas pour le terme *riche* pour lequel les participants répondent *brillant* ou du terme *dynamique*, pour lequel les sujets répondent *fluctuant*. Bien qu'assez léger, ce phénomène montre que l'entraînement peut aussi entraîner des confusions. Ceci correspond assez bien au phénomène que décrivent les auditeurs entraînés : pendant l'apprentissage, les concepts sont compris par les utilisateurs du lexique, en revanche ceux-ci ont un problème de mémoire lorsque vient la phase

d'évaluation. Le fait d'avoir appris les concepts *fluctuant* et *dynamique* par exemple, peut ainsi se solder par une confusion entre les termes car les caractéristiques du son sous-jacentes à ces concepts ont un lien direct. La confusion sera alors moins forte par des auditeurs non experts qui ignorent potentiellement la signification de ces termes.

6.4.2.5 Discussion

Les résultats de cette expérience tendent à montrer que notre lexique sonore permet à des sujets n'ayant aucune expérience musicale de mieux s'accorder sur le choix d'un mot pour décrire un son. Il faut cependant nuancer ces résultats en précisant que l'évaluation a été réalisée sur les mêmes exemples que ceux qui ont permis au groupe entraîné d'apprendre les termes. Malgré cela le pourcentage global de bonnes réponses pour les sujets entraînés est inférieur à 60 %. La difficulté observée peut être liée à l'apprentissage simultané d'un grand nombre de termes (35 en tout) sur une durée relativement courte. Un facteur lié à la mémorisation des termes et de leur signification intervient donc dans notre protocole. Ce facteur mériterait d'être étudié davantage, en conduisant par exemple la même expérience à des intervalles de temps réguliers (1 jour, 3 jours) pour voir si les auditeurs arrivent à intégrer les concepts proposés par notre lexique de manière durable. La compréhension instantanée de chaque concept est assez bonne (selon les évaluations des participants). Seules les notions de chaleur et de rondeur du son ne semblent pas être bien comprises par les participants. Ce résultat n'est pas surprenant dans la mesure ou ces deux termes avaient déjà été identifiés comme les plus délicats lors de la phase de création. Parmi les termes que nous avons retenus dans notre démarche de sélection, ce sont également ceux pour lesquels les experts ont eu le plus de difficultés à donner des définitions précises. Malgré cela, nous garderons ces termes pour la suite de nos travaux. Nous pourrons évaluer leur utilisation lors de futures expériences (expérience E2 par exemple). L'analyse des confusions a permis d'identifier les différences sur lesquelles insister lors d'un apprentissage plus complet. Par exemple, on peut donner des exemples de sons à la fois *sourds* et *aigus* pour insister sur la différence entre les termes *sourd* et *grave*. Certaines pages du lexique ont été retravaillées à la suite de cette expérience : les termes *chaud*, *rond*, *métallique* et *strident* ont été séparés pour former quatre pages individuelles. Des exemples sonores (par exemple pour les termes *naturel*/*artificiel*, *brillant*/*sourd*, et *nasal*) ont été modifiés. Les résultats de cette expérience ont également servi à l'élaboration des exercices d'apprentissage que nous présenterons dans le chapitre suivant.

6.5 Conclusion

En partant de notre analyse bibliographique, nous avons généré un lexique descriptif de 35 termes adaptés à la description des sons indépendamment de leur cause. Les descripteurs les plus fréquemment cités dans la littérature académique ont été confrontés à un panel de professionnels du son. Cette étape nous a permis d'extraire les mots les plus utilisés en pratique par les experts, et de ne garder que ceux qui faisaient un minimum consensus parmi eux. Cette phase d'analyse a été suivie d'une étape de création sonore visant à illustrer les mots du lexique par des exemples sonores de référence. Le vocabulaire obtenu et ses illustrations ont été intégrés à une interface d'apprentissage permettant à un utilisateur de parcourir les différents attributs du son. Une expérience de validation ainsi que des tests auprès de plusieurs utilisateurs ont permis de montrer que l'outil pouvait être facilement pris en main par des non-experts, et qu'il améliorait la compréhension de certains aspects du son. Nous avons conçu ce lexique et son interface de manière à ce qu'il soit simple et facilement compréhensible, afin de servir à des fins de communication. Nous présenterons dans la suite de nos travaux deux utilisations de cet outil. La première vise à valider expérimentalement la pertinence du vocabulaire que nous avons construit. Cette validation se fera par le biais d'une expérience d'analyse sensorielle pour laquelle l'interface servira d'outil d'apprentissage des attributs sensoriels. L'objectif sera de valider l'hypothèse H2 en montrant que notre lexique est efficace pour caractériser et différencier un grand nombre de sons. La deuxième utilisation est une utilisation pratique en tant qu'outil de communication dans un cas concret de design sonore. Celle-ci sera présentée dans le chapitre 8 de ce manuscrit.

Chapitre 7

Indexation d'une base de données sonores

Ce chapitre présente une expérience originale, l'indexation sonore, ayant pour objectif de caractériser et différencier les sons à partir d'un ensemble de descripteurs verbaux. Les études existantes sur la caractérisation verbale des sons sont en général menées à partir d'un ensemble d'échelles sémantiques, spécifiques à un corpus de sons homogène. Ainsi, des sons d'aspirateurs et des sons d'instruments de musique ne seront pas comparés avec les mêmes échelles sémantiques, du moins en partie. De même, les expériences perceptives reposant sur les jugements de dissemblance sont effectuées avec des corpus de sons homogènes. Peeters *et al.* (2011) recommandent ainsi de répéter les mêmes études sur différents corpus pour permettre une description exhaustive des sons, quelle que soit leur nature. Dans le chapitre précédent, un lexique de 35 termes représentatifs de nombreux attributs sonores a été généré à partir de l'analyse d'un grand nombre d'études publiées et menées sur la description verbale de différents corpus de sons. L'intérêt majeur du lexique obtenu est qu'il n'est pas spécifique à un corpus de sons, et par conséquent, il peut être utilisé en théorie pour décrire les similarités et les différences entre des sons de natures variées (hypothèse H2, voir chapitre 4). L'objectif de ce chapitre est de vérifier cette hypothèse. Cette étape est cruciale puisque nous utiliserons ce lexique pour exprimer des directions de design identitaires, qui devront permettre de différencier les sons de la marque de ceux des autres marques. L'expérience d'indexation que nous proposons est inspirée des épreuves descriptives d'analyse sensorielle ; la tâche principale de description des sons est précédée d'une phase de formation et d'entrainement au lexique, réalisée en partie grâce à l'interface présentant les définitions et les exemples sonores associés aux différents attributs (voir chapitre 6). La méthodologie proposée ici est originale, tout au moins dans le domaine du son. Aussi, nous avons choisi de consacrer une partie importante de ce chapitre à la présentation détaillée de la phase

de formation et d'entrainement, puis de la tâche principale d'indexation, et enfin des méthodes d'analyses statistiques appropriées. Dans un premier temps, nous présenterons le protocole expérimental étape par étape, avant d'exposer les méthodes statistiques que nous avons utilisées pour analyser les données expérimentales. Nous présenterons ensuite les résultats de ces analyses et leurs implications pour nos recherches. Afin d'anticiper les objectifs des chapitres suivants (chapitres 8 et 9), nous avons choisi de conduire l'expérience d'indexation sur un corpus de sons représentatif des six marqueurs sonores sur lesquels l'identité sera véhiculée. Nous verrons dans le chapitre 8 comment étendre les résultats de l'expérience d'indexation à la recherche des « invariants » et « leviers » relatifs à chaque marqueur.

7.1 Description de l'expérience

Cette section présente la méthodologie expérimentale que nous avons imaginé pour la description des sons par les mots du lexique, ainsi que l'étape de constitution du corpus de stimuli. En raison de la richesse et de la complexité du lexique sonore, nous avons choisi de travailler sur une description qualitative du son par les attributs du lexique plutôt que sur une description quantitative (avec des échelles sémantiques par exemple). Dans le domaine du son, l'approche qualitative est déjà largement présente dans la gestion des bibliothèques musicales (Deezer, LastFM) où les morceaux de musique sont indexés par des méta-données qualitatives (genre, artiste, tempo). Dans notre cas, l'approche qualitative nous permet de simplifier la tâche que nous demandons aux participants, ce qui permet de travailler sur un plus grand nombre de sons, et de considérer un grand nombre d'attributs à la fois.

7.1.1 Principe méthodologique

La méthodologie proposée ici est fortement inspirée des techniques de métrologie sensorielle que nous avons présentées dans le chapitre 3. Elle combine la constitution et l'entraînement d'un panel sensoriel avec la récente méthode CATA (« *Check-all-that-apply* », voir 3.1.2.3). Cette association peut sembler surprenante dans la mesure où les expériences de type CATA sont essentiellement conduites sur un grand nombre de consommateurs non-entraînés. La simplicité de la procédure et le nombre élevé de participants permettent alors de se passer de la phase d'entraînement. Dans notre cas, l'entraînement du panel est une étape nécessaire : nous avons vu que le vocabulaire appartenant au mode de discours « réduit » n'était pas spontanément utilisé par des auditeurs non-experts pour décrire les sons. La phase d'entraînement a pour objectif de familiariser les participants à l'utilisation du lexique et à la tâche de description des sons. En plus de ce simple

apprentissage du lexique, l'entraînement permet d'habituer les panellistes à privilégier l'écoute réduite au sens de Schaeffer (1966). L'interface associée au lexique sonore (voir § 6.4.1, page 100) constitue un outil fondamental pour cette phase. Nous avons choisi de travailler sur un panel d'auditeurs n'ayant aucune expertise préalable, afin d'évaluer l'apport de notre outil et de notre protocole d'entraînement.

7.1.2 Constitution du corpus de sons

Dans l'objectif de valider notre lexique, nous n'avons a priori aucune contrainte sur la nature des sons à proposer aux participants lors de l'expérience. Le corpus de stimuli doit être suffisemment varié pour évaluer la capacité de notre lexique à différencier plusieurs types de sons. Cependant, nous profitons de cette expérience pour caractériser à l'aide de notre lexique des sons représentatifs de l'univers ferroviaire, notamment dans la perspective des travaux qui seront présentés dans les chapitres 8 et 9 respectivement sur la recherche d'invariants et de leviers, et sur la création d'une identité sonore déclinée sur divers marqueurs sonores. Nous avons choisi de travailler sur six sons jalonnant le parcours d'un voyageur SNCF depuis son entrée en gare jusqu'au départ de son train. Ces différents **marqueurs sonores** ont été présentés au chapitre 4 (voir § 4.2.2 page 61) et seront les supports de l'identité sonore. Nous les rappelons ici :

- ☐ Le son électronique de validation sur une borne de retrait de billet
- ☐ Le son de compostage du titre de transport
- ☐ Le son de mise à jour du tableau général des départs (tableau d'affichage à palettes)
- ☐ Le son d'alarme avertissant de la fermeture des portes extérieures d'un TGV
- ☐ Le son d'ouverture d'une porte coulissante à l'intérieur du train
- ☐ Le son produit par le dépliement d'une tablette à la place du voyageur

Les images présentées sur la figure 7.1 permettent de visualiser les sources associées à ces sons caractéristiques. Ces marqueurs sonores seront identifiés par les labels **Validation**, **Composteur**, **FlapFlap** (tableau à palettes), **Alarme**, **Ouverture** et **Impact**. Nous rappelons brièvement les enjeux de notre second axe de recherche : l'objectif sera de concevoir des sons pour ces six marqueurs qui véhiculent les intentions de la marque SNCF. Nous avons présenté dans le chapitre 4 nos réflexions sur le lien entre l'identité et la fonction des objets sur lesquels elle est deployée. Nous avons fait l'hypothèse que les spécifications identitaires comme les contraintes fonctionnelles liées à la nature ou à la fonction de chaque marqueur pouvaient s'exprimer à l'aide des termes du lexique (hypothèse H3). En particulier, nous cherchons à identifier, pour un marqueur donné,

quels sont les traits sonores qui le caractérisent et sont propres à sa nature (nous appellons ces traits des invariants sonores) et quels sont les traits sur lesquels nous pouvons jouer indépendamment de sa fonction pour différencier les différents exemplaires de ce marqueurs (nous appellerons ces traits des leviers sonores). Pour étudier ces éléments dans le cas d'un marqueur donné, nous avons besoin de constituer un corpus de sons représentatifs de ce marqueur, suffisamment varié pour explorer différentes directions de design.

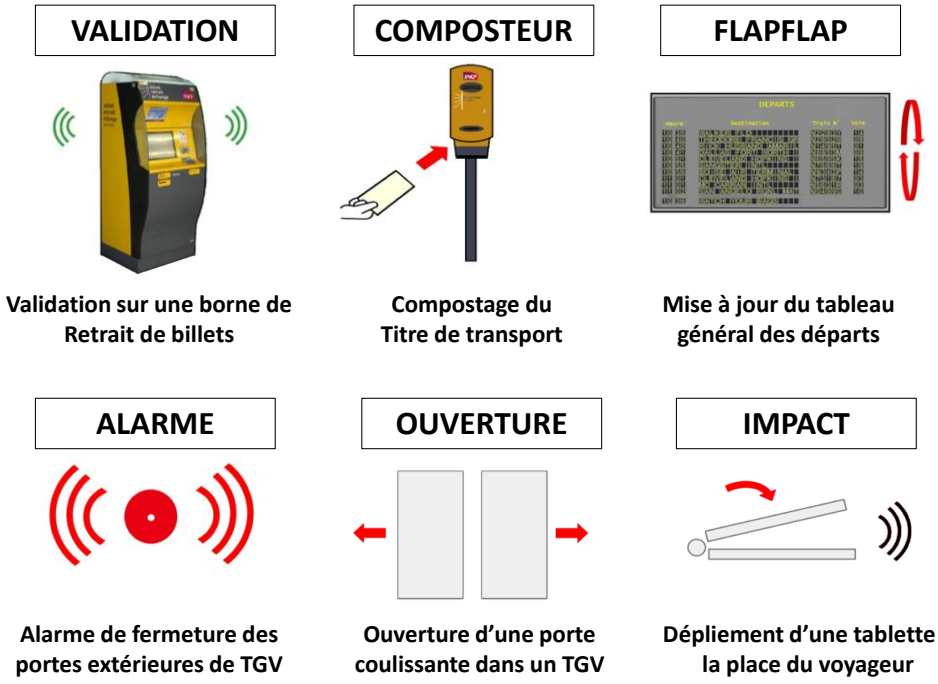


FIG. 7.1: Visuels associés aux six marqueurs sonores de l'étude : Validation, Composteur, FlapFlap, Alarme, Ouverture et Impact.

La sélection des sons que nous avons utilisés pour l'expérience d'indexation a fait l'objet d'une partie des travaux du stage de fin d'études de Thomas Buttin (UTC). Pour chaque marqueur sonore, 40 sons ont été sélectionnés dans différentes bases de données sonores[1], pour un total de 240 sons. Dans la suite de ce chapitre, lorsque nous parlerons du **corpus global**, nous ferons référence à la totalité des sons. Nous parlerons de **sous-corpus** pour faire référence aux 40 sons représentatifs d'un marqueur sonore donné. Afin de ne pas se limiter dans l'exploration des directions possibles de design, nous avons élargi la sélection à des sons plus abstraits n'étant pas nécessairement identifiables comme des exemplaires du marqueur, mais qui suggèrent la fonction du son. Par exemple le sous-corpus d'alarmes comporte des sons de tout type d'alarmes, et pas uniquement des sons

[1]Principalement : *Hollywood Edge*, *SoundScan*, *SoundIdeas*

d'alarmes de train. De même, le sous-corpus d'impacts comporte des sons correspondant à des impacts sur différents type de matériaux, et même des sons d'impact de ballons de sport. Nous présenterons dans le chapitre 8 une expérience d'identification visant à sélectionner parmi les 240 sons ceux qui sont identifiés comme étant les plus représentatifs de chaque marqueur (voir § 8.2.1 page 153). Cette démarche nous offre une liberté plus importante dans la sélection (quitte à se restreindre par la suite). La constitution du corpus a pris trois semaines. Plusieurs séances d'écoutes des sons avec l'équipe d'encadrement de nos travaux ont permis d'affiner et de compléter la sélection des sons.

7.2 Expérience E2 - Protocole expérimental

L'expérience d'indexation sonore est scindée en deux grandes phases : une phase dite d'*entraînement* que nous avons conduite pendant un jour complet, ainsi qu'une phase dite d'*évaluation*. L'objectif de la première phase est de constituer et d'entraîner un panel de participants à la description des sons par les mots du lexique. Cette étape comporte aussi bien des exercices d'apprentissage des termes décrivant le son que des entraînements à la tâche d'indexation. L'objectif de la seconde phase est d'utiliser le panel de participants entraînés pour indexer le corpus de sons que nous voulons caractériser. La figure 7.2 présente le déroulement complet de l'expérience.

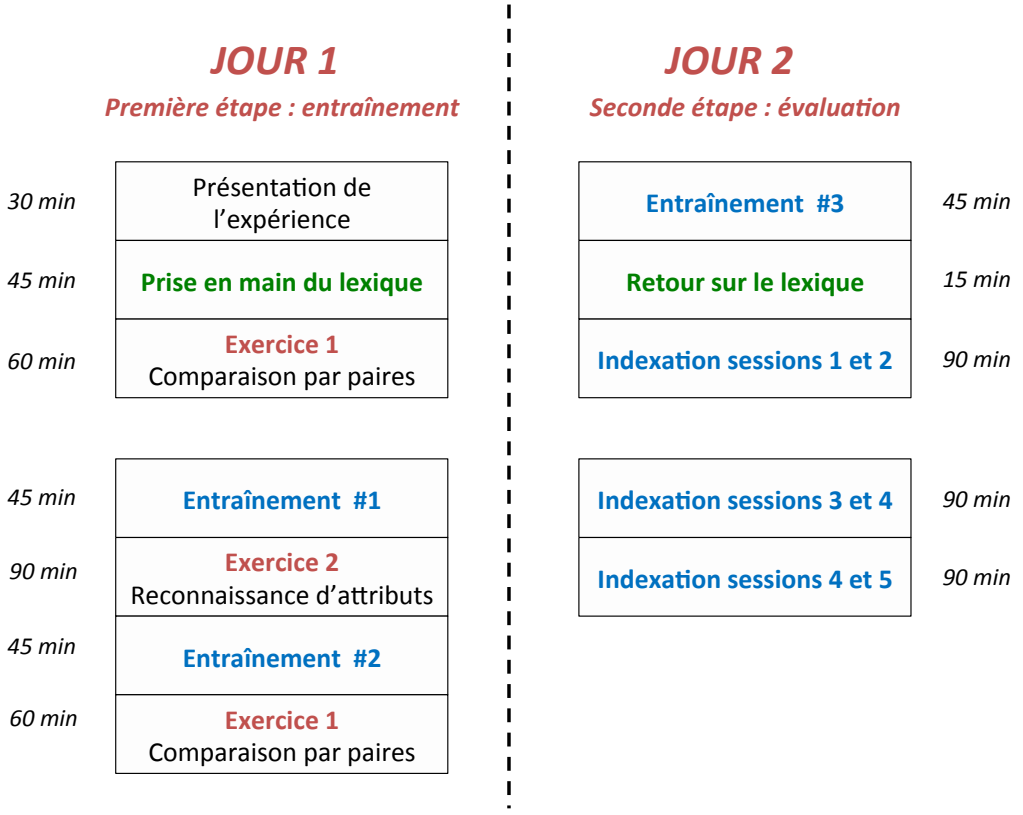


FIG. 7.2: Déroulement complet de l'expérience d'indexation. Les différentes étapes du protocole sont développées dans les sections 7.2.2 et 7.2.1.

L'expérience a été menée deux fois (**E2** et **E2bis**) pour un total de 20 participants (2 x 10 ; 11 F et 9 H). Les auditeurs ont été recrutés sur une base de données de volontaires[2]. Leur langue maternelle était le français, et ils ne possédaient aucune expertise (courante ou ancienne) dans le domaine du son ou de la musique. Chacune des expériences (**E2** et **E2bis**) s'est déroulée sur deux jours consécutifs. Les participants ont été rémunérés pour leur participation.

7.2.1 Entraînement

La phase d'entraînement du panel permet de former, à partir d'un groupe d'auditeurs « naïfs », un groupe d'auditeurs entraînés à la description verbale des sons par les mots du lexique. Cette phase s'est étendue sur une journée entière (de 9 h 30 à 18 h 00) entrecoupée de pauses régulières. Elle est constituée de deux types de sessions : des exercices d'entraînement, et des épreuves de description. Ces dernières, au nombre de trois (voir figure 7.2) préparent les auditeurs à l'épreuve d'évaluation d'une part, et permettent d'autre part de mesurer les performances du panel (pouvoir discriminant,

[2] http://www.risc.cnrs.fr/

consensus, répétabilité) pendant l'entraînement. Les résultats de **l'expérience E1** ont montré qu'un temps d'apprentissage d'une heure sur l'interface associée au lexique sonore augmentait les résultats d'une tâche de comparaison par paires, de manière assez modérée toutefois (58 % de bonnes réponses seulement contre 32 % sans apprentissage). Bien qu'encourageants, ces résultats suggèrent qu'un apprentissage plus lourd est nécessaire pour une bonne mémorisation et compréhension des termes du lexique. La littérature sur l'apprentissage des concepts (Fox et Sullivan 2007, Tennyson et Cocchiarella 1986), ainsi que les recommandations pour l'entraînement en analyse sensorielle (Depledt et SSHA 2009) préconisent en particulier l'utilisation d'exercices interactifs **avec feedback**. Nous proposons deux types d'exercices pour compléter l'apprentissage du lexique. Le premier exercice repose sur une tâche identique à celle de l'expérience E1 : les participants doivent sélectionner parmi les mots du lexique celui décrivant le mieux une paire de sons qui leur est présentée. Le second exercice propose une tâche inverse : un mot est présenté aux participants, qui doivent alors sélectionner parmi cinq sons celui qui correspond le mieux à ce mot. Dans les paragraphes suivants, nous présentons en détail les différentes étapes de la phase d'entraînement. Le titre des différentes sous-sections se réfère au protocole présenté sur la figure 7.2.

7.2.1.1 Présentation de l'expérience

Les participants ont été accueillis dans une salle de l'Ircam dédiée à la pédagogie, équipée de 10 ordinateurs (voir figure 7.3). La problématique générale de nos recherches (description verbale des sons) et les objectifs méthodologiques de l'expérience ont été expliqués aux participants, afin de les impliquer davantage (cette étape est fortement recommandée en analyse sensorielle par Nicod *et al.* (2009)). L'existence de six catégories de sons prédéfinies ainsi que les références au monde ferroviaire n'ont toutefois été mentionnées à aucun moment. Nous n'avons pas non plus exposé la notion de marque et d'identité sonore lors de cette séance. L'accueil des participants et la présentation des objectifs ont duré 30 minutes.

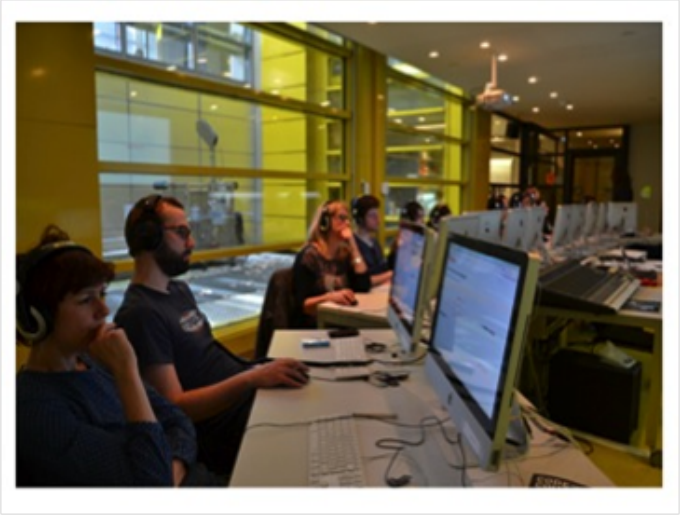


FIG. 7.3: Salle Nono du département de la pédagogie à l'Ircam. Un poste de travail fixe a été aléatoirement assigné à chacun des participants pour l'ensemble de l'expérience (entraînement et évaluation).

7.2.1.2 Prise en main du lexique sonore

Cette étape a permis aux participants de découvrir et d'apprendre le lexique sonore. Une version MATLAB de l'interface d'exploration du lexique sonore a été utilisée pour les besoins de l'expérience. Les participants disposaient d'une heure pour explorer librement les 21 entrées présentées sur l'interface. Ils avaient pour consigne de lire chaque définition et d'écouter attentivement (et plusieurs fois) les illustrations sonores correspondantes. Afin de s'assurer que les participants ont bien consulté l'ensemble du lexique, une feuille d'auto-évaluation leur a été distribuée (de la même manière que pour l'expérience E1). Pour chaque concept, les participants avaient pour consigne d'indiquer leur degré de compréhension sur une échelle de 1 à 5 (*1 = je n'ai pas du tout compris, 5 = j'ai très bien compris*). Cette étape de prise en main du lexique a duré entre 25 et 45 minutes selon les participants.

7.2.1.3 Exercice 1

Cet exercice utilise la même procédure que l'expérience E1 (voir § 6.4.2 page 102) mais propose en plus un feedback aux utilisateurs selon leur réponse. Son objectif est de s'assurer que les participants ont bien compris et acquis les concepts présentés dans le lexique.

Stimuli

À partir des 107 sons (encarts « exemples ») et des 10 pistes sonores (correspondant aux

curseurs des encarts « variation ») du lexique, nous avons construit 30 paires de sons. La plupart de ces paires étaient les mêmes que celles utilisées lors de l'expérience E1 (voir § 6.4.2.1, page 102). Nous n'avons cependant conservé qu'une paire pour un mot (ou un couple de mots) donné. Le lexique ayant été amélioré suite à l'expérience E1, les termes chaud et rond ont pu être illustrés par des paires pour cet exercice. Les mots *Proche*, *Loin*, *Rond*, *Métallique* et *Strident* ont été laissés de côté.

Procédure

La procédure étaient la même que celle de l'expérience E1 (compléter la phrase « Le son A est plus .... que le son B »). En revanche, un feedback était donné au participant après chaque essai pour lui indiquer s'il avait choisi la réponse attendue (auquel cas il pouvait passer à la paire suivante) ou s'il devait essayer à nouveau pour trouver l'adjectif le plus approprié. Suite à certaines difficultés observées lors de l'expérience **E2**, le nombre d'essais a été limité à 5 lors de l'expérience **E2bis**, après quoi la réponse attendue était communiquée au participant. L'exercice 1 a été conduit deux fois à l'identique, une fois en début de journée et une fois en fin de journée.

7.2.1.4 Exercice 2 : reconnaissance d'attributs

L'objectif de ce second exercice est d'habituer les membres du panel à pratiquer une écoute réduite (au sens de Schaeffer, voir chapitre 5 § 5.3.1) afin d'associer un attribut donné à un son. Cette fois-ci, les sons utilisés sont « nouveaux » pour les participants. Ils ont été selectionnés dans des bases de données pour illustrer les différents attributs du lexique. Cet exercice évalue donc également l'aptitude des participants à généraliser les concepts appris : les auditeurs doivent désormais associer les mots à des sons qu'ils n'ont jamais entendus auparavant.

Stimuli

Les stimuli utilisés pour cet exercice se répartissent en trois groupes de 175 sons, correspondant à trois séries de questions qui sont successivement présentées aux participants lors de l'exercice. Une série est composée de 35 questions, portant chacune sur un attribut du lexique sonore. À chaque question sont associés cinq sons : l'un des sons constitue la « bonne réponse » (le son est bien caractérisé par l'attribut) alors que les quatre sons restant constituent les « mauvaises réponses » (le son n'est pas du tout caractérisé par l'attribut). Pour un attribut donné, par exemple discontinu, nous avons donc sélectionné 3 « bonnes réponses » (une par série) et 12 « mauvaises réponses » (quatre par série), soit 3 sons continus et 12 sons non continus. Les sons choisis sont issus de bases de données sonores de sons abstraits. Pour les termes suscitant des confusions courantes (comme la

confusion *ascendant* - *crescendo*, que nous avons identifiée à la suite de l'expérience E1), nous avons veillé à proposer des « mauvaises réponses » tenant compte de ces confusions.

Procédure

La figure 7.4 présente l'interface MATLAB utilisée pour cet exercice de reconnaissance. Le mot du lexique évalué était affiché en haut de l'écran, et cinq sons étaient présentés aux participants. Ces derniers avaient pour consigne de sélectionner le son le plus représentatif du mot affiché. Les participants avaient la possibilité de réécouter chaque son autant de fois qu'ils le souhaitaient. A chaque réponse, un feedback était donné aux participants pour leur indiquer s'ils avaient choisi la réponse attendue (auquel cas ils pouvaient passer à la question suivante) ou s'ils devaient essayer à nouveau pour trouver le mot le plus approprié. La définition associée au mot évalué apparaissait en haut à droite de l'écran à partir de la première erreur. L'ordre des 35 attributs dans chacune des trois séries était tiré au sort pour chaque participant.

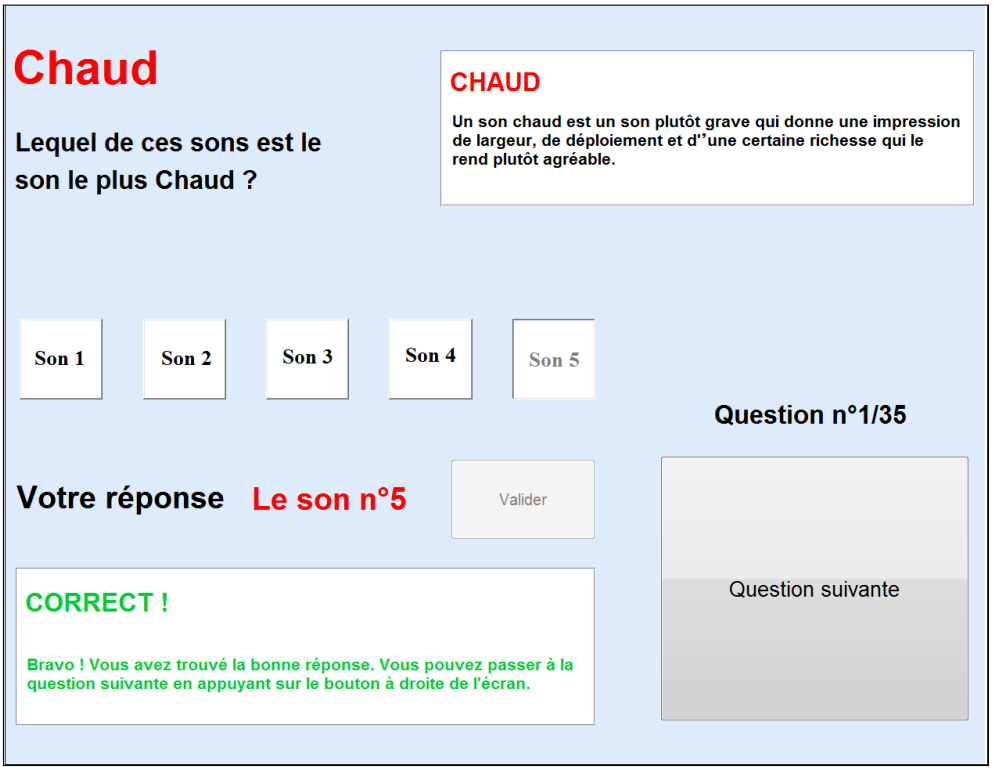


FIG. 7.4: Capture d'écran de l'interface MATLAB utilisée pour l'exercice 2. L'auditeur doit choisir un son parmi les cinq qui lui sont proposés pour l'associer au mot présenté en haut à gauche de l'écran. En cas de réponse incorrecte, la définition du mot est rappelée (encart en haut à droite) et l'auditeur doit réessayer jusqu'à trouver la bonne réponse.

7.2.1.5 Entraînement à l'indexation

L'objectif de cette étape est de familiariser les membres du panel à l'épreuve d'indexation principale qui a eu lieu le second jour. Contrairement aux exercices 1 et 2, cette épreuve demande aux participants d'évaluer simultanément plusieurs attributs du son. Cette étape a été conduite à trois reprises (voir figure 7.2). En plus d'habituer les participants à pratiquer une écoute « multidimensionnelle » des sons, ces trois séances d'entraînement nous ont permis de mesurer l'évolution des performances du panel au cours de la phase d'entraînement.

Stimuli

Les 35 sons à indexer lors de cette étape sont issus de bases de données sonores. Ils comprennent aussi bien des sons abstraits que des sons musicaux et environnementaux. La sélection des sons s'est faite de manière à ce que le corpus de stimuli soit le plus hétérogène possible. A partir d'une large banque de sons (environ 1000) annotés par l'expérimentateur, 35 sons ont été choisis de manière à ce que tous les termes du lexique soient représentés. L'objectif était d'obtenir un corpus de sons le plus hétérogène possible. Les annotations de l'expérimentateur n'ont servi qu'en tant que support d'aide à la décision dans le choix des sons, et n'ont en aucun cas été considérées comme valides par la suite. Des expériences préliminaires menées sur un petit nombre de participants ont permis de s'assurer de la pertinence de cette sélection et de la compléter.

Procédure

La procédure expérimentale est une procédure CATA (« chek-all-that-apply ») menée sur un corpus de 35 stimuli avec une liste de 35 attributs. Cette procédure, rigoureusement identique pour les trois sessions d'entraînement, est la même que celle de l'épreuve principale d'indexation. Elle est détaillée dans la section suivante (voir § 7.2.2).

7.2.2 Épreuve d'indexation

Une fois la phase d'entraînement terminée, les participants ont été soumis à la tâche d'indexation des 240 sons du corpus principal. L'objectif de cette épreuve est d'obtenir une description verbale de chacun des sons de l'étude par chaque auditeur. L'analyse de l'ensemble des descriptions (qui sera présentée dans la section 7.3) permettra de répondre à l'hypothèse H2, en évaluant la capacité du lexique sonore à décrire et différencier un large nombre de sons de natures différentes.

Stimuli

Le corpus de sons utilisé pour l'épreuve d'indexation correspond au corpus global (240 sons) que nous avons présenté dans la section 7.1.2. Parmi ces 240 sons, 30 sons ont été tirés au sort. Le tirage a été effectué séparément dans chaque sous-corpus de manière à ce que leur répartition soit équitable (cinq sons provenant de chacun des six sous-corpus). Ces 30 sons ont été dupliqués et ajoutés au corpus, pour un total de 270 sons. La comparaison des données recueillies pour les différentes occurrences d'un même son nous donnera des indications sur la répétabilité de la procédure. Les stimuli ont été égalisés en sonie dans un premier temps à l'aide des algorithmes utilisés par l'*International Telecommunication Union* (ITU 2011). Cette première égalisation a été corrigée à l'oreille à l'aide d'une procédure d'ajustement (notamment pour les sons d'impacts). Les sons ont été générés numériquement par le logiciel MATLAB avec une résolution de 16 bits et un échantillonnage de 44,1 kHz. Les participants étaient équipés d'un casque et avaient la possibilité d'ajuster l'intensité sonore au niveau qui leur convenait le mieux.

Procédure

La tâche d'indexation effectuée par les participants repose sur la procédure CATA (« *Check-all-that-apply* ») que nous avons présentée au chapitre 3 (voir § 3.1.2.3 page 51). Pour que la tâche ait une durée raisonnable et que les auditeurs ne soient pas fatigués, l'expérience a été scindée en six blocs de 45 sons (pour une durée approximative de 45 minutes par bloc). Une pause de 15 minutes séparait chaque série de deux blocs. L'ordre de présentation des sons a été tiré au sort (avant découpage en six blocs) pour chaque participant. Les sons ont été présentés successivement aux participants à l'aide d'une interface développée sous MATLAB (voir figure 7.5). Les participants avaient pour consigne de décrire individuellement chaque son en sélectionnant autant de mots qu'ils le souhaitaient parmi les 35 termes du lexique sonore. La sélection d'un terme s'effectuait en cliquant sur le bouton correspondant de l'interface. Afin de faciliter la tâche, les mots étaient regroupés par famille (hauteur, volume, timbre) et les antonymes étaient appariés. La sélection simultanée d'un terme et de son antonyme n'était pas autorisée par l'interface. Les participants ont été encouragés à répondre en utilisant les mots qu'ils jugeaient les plus pertinents pour chaque son. L'absence de « bonne » ou « mauvaise » réponse a été rappelée aux membres du panel. Les participants avaient la possibilité de réécouter un son autant de fois qu'ils le souhaitaient avant de passer au son suivant. Ils pouvaient « dé-sélectionner » les termes tant qu'ils n'avaient pas validé la réponse. Une phrase décrivant le son par les mots sélectionnés était mise à jour à chaque sélection/désélection d'un attribut (voir l'exemple sur la figure 7.5). Lors de l'indexation des 240 sons de notre corpus global, nous avons retiré aux participants la possibilité d'utiliser les termes *faible* et *fort* pour décrire les sons. Nous leur avons précisé que le volume n'était

pas un critère qui nous intéressait pour la caractérisation de ces sons, et qu'ils étaient de toute façon présentés au même niveau sonore.

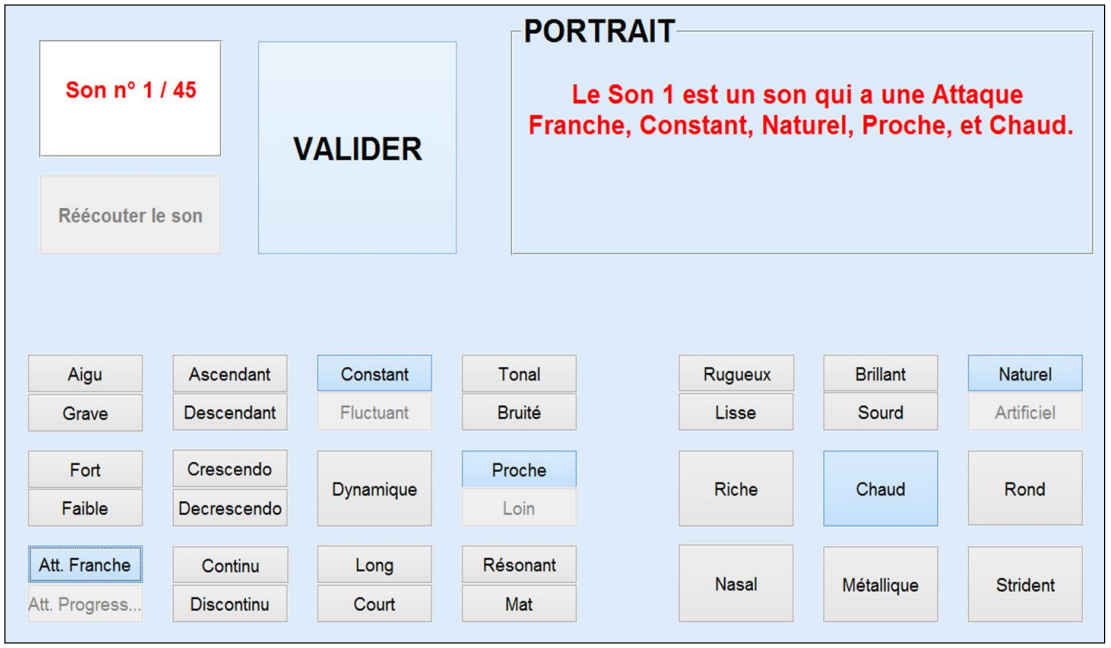


FIG. 7.5: Capture d'écran de l'interface MATLAB utilisée pour l'épreuve d'indexation. L'auditeur a la possibilité de sélectionner autant d'attributs qu'il le souhaite parmi la sélection qui lui est proposée. Une fois un attribut sélectionné, l'encart en haut à droite se met à jour. Lorsque l'auditeur est satisfait de sa description, il peut passer au son suivant en cliquant sur le bouton « valider ».

7.3 Analyses statistiques

Cette section présente les différentes méthodes statistiques que nous avons retenues pour analyser les résultats de l'expérience d'indexation d'une part, et pour mesurer les performances du panel au cours de l'entraînement d'autre part. Nous avons suivi les recommandations de Varela et Ares (2012) et Meyners *et al.* (2013) pour le traitement des données et l'interprétation des résultats d'une épreuve CATA. Dans les paragraphes suivants, nous rappelons le type de données que nous avons collectées à l'issue de l'expérience, et nous présentons les différents critères que nous avons retenus pour analyser les résultats. Les différentes méthodes que nous avons utilisées pour mesurer ces critères sont résumées dans le tableau 7.3 Le principe de chacune de ces méthodes est détaillé dans l'annexe A de ce manuscrit.

7.3.1 Format des données recueillies

Les données recueillies à l'issue de l'épreuve d'évaluation (et des entraînements) prennent la forme d'une matrice [Sons x Attributs] pour chaque participant, dont les éléments prennent la valeur $\delta_{ik} = 1$ lorsque le participant a sélectionné l'attribut i pour décrire le son k, et 0 sinon (voir table 7.1). Ces matrices seront appelées « matrices d'indexation individuelles » dans la suite du document.

Auditeur j	Aigu	Grave	Ascendant	...	Strident
Son 1	1	1	0	...	1
Son 2	0	1	1	...	0
Son 3	0	1	0	...	0
...	...	...	...	...	...
Son n_K	1	0	0	...	1

TAB. 7.1: Matrice d'indexation individuelle issue de l'épreuve CATA pour un participant. Les données recueillies sont des données binaires (présence/absence).

En additionnant les matrices d'indexation individuelles, nous obtenons la matrice des fréquences (qui est elle aussi une matrice [Sons x Attributs]), chacune des cases X_{kj} représentant le nombre de fois que l'attribut j a été sélectionné pour décrire le son k (voir table 7.2).

$\sum$ Auditeurs	Aigu	Grave	Ascendant	...	Strident
Son 1	17	1	0	...	10
Son 2	4	11	16	...	0
Son 3	5	5	0	...	2
...	...	...	...	...	...
Son n_K	20	0	0	...	18

TAB. 7.2: Matrice totale des fréquences observées pour la description des sons par l'ensemble des attributs, sur laquelle l'analyse des correspondances est réalisée.

Dans la suite du chapitre (ainsi que dans l'annexe A qui s'y rapporte), nous parlons d'*attributs* pour désigner les 35 mots du lexique. Nous utiliserons les indices i, j, et k pour faire référence respectivement aux attributs, aux participants et aux sons du corpus.

Critère	Méthode statistique	Référence
Pouvoir discriminant		
Construction de l'espace sensoriel	Analyse des Correspondances	Annexe A.1.1
Stabilité de l'espace sensoriel	Bootstrap du RV coefficient	Annexe A.1.2
Pouvoir discriminant d'un attribut	Test Q de Cochran	Annexe A.1.2.1
Consensus		
Consensus du panel sur les attributs	Kappa de Fleiss	Annexe A.1.2.2
Consensus du panel sur les sons	Kappa de Fleiss	Annexe A.1.2.2
Consensus individuel	F-score	Annexe A.1.2.2
Répétabilité		
Répétabilité individuelle	Indice global de reproductibilité (RI_j)	Annexe A.1.2.3
Répétabilité du panel	Indice de stabilité de sélection d'un attribut (SSI_i)	Annexe A.1.2.3

TAB. 7.3: Résumé des différents critères d'évaluation et des différentes méthodes statistiques employées pour les mesurer. Le détail de chacune de ces méthodes est présenté en annexe A de ce manuscrit.

7.3.2 Objectifs de l'analyse

L'objectif principal de cette expérience est de montrer que notre lexique permet bien de différencier les sons. Nous cherchons en effet à l'utiliser pour spécifier des directions de design identitaire. Nous avons fait l'hypothèse (H2) que l'on pouvait décrire les sons des produits de manière suffisamment exhaustive (pour les différencier) à partir d'un ensemble fini de termes liés au mode d'écoute réduite. Nous avons proposé un ensemble de 35 termes susceptibles de correspondre à ces attentes ; nous devons vérifier que ce lexique constitue un outil pertinent pour indiquer des directions de différenciation. De plus, notre lexique a été construit dans le but de faciliter la communication au sein des projets de design sonore : nous cherchons également à vérifier si les 35 termes que nous avons retenus constituent un support pertinent pour la communication. Dans cette optique, nous nous intéresserons aux performances du panel sensoriel. Nous avons volontairement choisi des participants non-experts, afin d'évaluer leur capacité à apprendre le vocabulaire et les paramètres du son qu'il décrit. Nous proposons différentes méthodes d'analyses afin d'évaluer les performances du panel sensoriel. Ces performances sont évaluées selon trois critères (voir chapitre 3, § 3.1.2.1 page 49) que nous rappelons ici :

- **Le pouvoir discriminant :** les différences entre les sons sont-elles bien décrites par le lexique ?
- **Le consensus :** un son est-il décrit de la même façon par les différents juges du panel ?
- **La répétabilité :** le même son est-il décrit de la même façon par le panel d'une session à l'autre ?

7.3.2.1 Pouvoir discriminant

Nous cherchons à mesurer la capacité du lexique à différencier les sons selon les attributs. Le pouvoir discriminant de la méthode sera dépendant à la fois de la pertinence du lexique et des membres du panel. La méthode utilisée pour représenter les données d'une expérience de type CATA est l'analyse des correspondances (Meyners *et al.* 2013, Varela et Ares 2012). Le principe de cette méthode est détaillée dans l'annexe A.1.1 de ce manuscrit. L'analyse des correspondances permet de visualiser les relations de dépendance entre les sons et les attributs. Le résultat de cette analyse est une configuration des sons et des attributs dans un espace multidimensionnel (l'espace sensoriel). La stabilité de cet espace peut s'estimer par une technique de bootstrap du coefficient RV (Ares *et al.* 2014b), dont le principe est détaillé en annexe A.1.2. Un coefficient $RV_{bootstrap}$ supérieur à 0,95 est recommandé par (Ares *et al.* 2014b) pour considérer qu'un espace sensoriel est stable. Nous évaluerons d'une part la stabilité de la configuration relative à la tâche d'indexation principale, et d'autre part celle des configurations issues des sessions d'entraînement. Dans le deuxième cas, cela nous permettra de juger l'amélioration du pouvoir discriminant du panel au cours de la phase d'entraînement. Dans le premier cas, si les auditeurs sont suffisamment entraînés, cela nous permettra de juger du pouvoir discriminant du lexique vis-à-vis de notre corpus. Nous complèterons ces analyses par un test Q de Cochran (voir annexe A.1.2.1) qui nous permettra de juger du pouvoir discriminant de chaque attribut.

7.3.2.2 Consensus

Le lexique sonore a été créé dans l'objectif de faciliter la communication en permettant aux différents acteurs d'un processus de design de s'entendre autour de concepts partagés. Nous cherchons donc à vérifier que notre lexique crée du consensus : Un son va-t-il être décrit de la même façon par les différents membres du panel ? Un mot va-t-il être associé aux mêmes sons par les différents membres du panel ? A notre connaissance, seuls Worch et Piqueras-Fiszman (2015) proposent une mesure du consensus entre les participants pour les données CATA. Cette technique, reposant sur l'analyse factorielle multiple des matrices individuelles, ne peut s'appliquer à notre cas car elle suppose que chaque participant utilise au moins une fois chaque terme. Plutôt que de nous inspirer de mesures de consensus traditionnellement utilisées en analyse sensorielle sur des données quantitatives, nous avons choisi d'adapter des mesures de *reliability* (ou *inter-rater agreement*) utilisées pour traiter des données binaires lors d'une annotation d'un ensemble d'objets par deux ou plusieurs juges. Nous proposons d'utiliser deux mesures de consensus, une globale et une individuelle : le kappa de Fleiss et le F-score. Ces indicateurs sont présentés en annexe A.1.2.2. De la même manière que pour le pouvoir discriminant, nous

évaluerons le consensus sur l'indexation du corpus de 240 sons, mais aussi l'évolution du consensus au cours de l'entraînement. Le F-score sera également utilisé à titre exploratoire pour comparer les données de la tâche d'indexation avec les résultats obtenus par l'expérimentateur sur la même tâche. Cette comparaison (voir § 7.4.4) nous permettra en particulier de déterminer un seuil optimal pour transformer les données CATA en données binaires (présence/absence de l'attribut pour un son donné).

7.3.2.3 Répétabilité

Le critère de répétabilité permet d'évaluer dans quelle mesure les participants utilisent les mêmes mots pour décrire le même son lors de deux sessions différentes. Des indices de répétabilité spécifiques aux données CATA ont été développés dans plusieurs études (Campo *et al.* 2008, Jaeger *et al.* 2013, Worch et Piqueras-Fiszman 2015). Ces indices sont présentés dans l'annexe A.1.2.3 de ce manuscrit. Nous utiliserons deux de ces indices : le premier, l'Indice global de reproductibilité (RI_j), nous permettra de juger la reproductibilité individuelle des réponses pour chacun des participants. Le second, l'Indice de stabilité de sélection d'un attribut (SSI_i), nous permettra d'évaluer la reproductibilité du panel pour chacun des attributs. L'évaluation du critère de répétabilité nécessite que les participants indexent le même corpus de sons à deux reprises. Nous effectuerons deux analyses de répétabilité. La première sera effectuée sur les sessions d'entraînement à l'indexation : les membres du panel ont en effet indexé le même corpus de 35 sons à trois reprises. Nous pourrons donc évaluer le critère de répétabilité entre les sessions #1 et #2, et entre les sessions #2 et #3. La phase d'entraînement se situe principalement entre les sessions #1 et #2. Les sessions #2 et #3 sont séparés par plusieurs heures (et même une nuit, voir figure 7.2). Si l'entraînement est efficace, la répétabilité devrait être faible entre les sessions #1 et #2 et plus élevée entre les sessions #2 et #3. La deuxième analyse de répétabilité sera effectuée lors de la tâche d'indexation principale, sur les 30 sons que nous avons introduits en deux exemplaires dans le corpus (voir § 7.2.2). Cette mesure nous permettra de juger la pertinence de la procédure CATA pour la description d'un son. Enfin, nous comparerons les configurations obtenues entre les différentes sessions d'indexation d'un même corpus (#1, #2, #3 et l'indexation répétée) à l'aide du RV coefficient (voir annexe A.1.2).

7.4 Résultats de l'expérience E2

Les données des participants de l'expérience E2 et E2bis ont été rassemblées et compilées dans un même tableau pour former une matrice de fréquence **[Sons x Attributs]**. Dans cette section, nous faisons référence aux différentes étapes de l'expérience de la manière suivante :

- ☐ *Entraînements #1, #2 et #3* : tâches d'indexation effectuées sur le corpus de 35 sons lors de la phase d'entraînement.
- ☐ *Indexation* : épreuve d'indexation principale effectuée sur le corpus de 270 sons.
- ☐ *Répétition* : sous-section de l'expérience d'indexation correspondant aux 30 sons répétés.

Les paragraphes suivants présentent le résultat de l'analyse des correspondances et notamment la représentation de l'espace sensoriel associé à notre corpus. Les analyses relatives à chacun des trois critères (pouvoir discriminant, consensus, répétabilité) sont détaillées. Nous proposons une discussion générale de ces résultats dans un second temps.

7.4.1 Statistiques générales

Les statistiques générales relatives aux trois sessions d'entraînement ainsi qu'à l'indexation principale sont présentées dans le tableau 7.4. La comparaison des indicateurs statistiques calculés sur les sessions #1 et #2 permet d'évaluer l'apport de la phase d'entraînement : les sujets entraînés (entraînement #2) effectuent la tâche plus rapidement (40 s par son contre 50 s pour l'entraînement #1) et utilisent en moyenne davantage de termes pour caractériser chaque son (6 contre 4,7 pour l'entraînement #1). Ces résultats sont significatifs (évalués par un test t de Student, $p < 0{,}001$ dans les deux cas). La différence entre ces indicateurs pour les sessions #2 et #3 n'est en revanche pas significative ($p = 0{,}10$ pour le nombre moyen de termes, $p = 0{,}82$ pour le temps de réponse). Enfin, le nombre moyen d'attributs dépassant une valeur d'indexation définie (par exemple dans le tableau, 25 % des auditeurs) augmente de manière significative avec l'entraînement (7,97 termes par son en #2 contre 5,51 pour #1, $p < 0{,}001$). Cette augmentation n'est pas significative entre les sessions #2 et #3 ($p = 0{,}228$). Cette donnée est intéressante dans le cas où l'on chercherait à binariser les données obtenues, en décidant pour chaque attribut s'il est « *présent* » ou « *absent* » pour le son considéré. Le seuil de 25 % pour lequel nous avons effectué le calcul correspond à une estimation du seuil optimal de détection d'un attribut (voir section 7.4.4). En revanche, le consensus entre les sujets n'augmente pas (ou très peu) lors de l'entraînement.

SESSION	Ent. #1	Ent. #2	Ent. #3	Indexation
Statistiques générales				
Nombre total de termes	3 273	4 181	4 268	30 129
Temps de réponse moyen par son	59 s	39 s	40 s	41 s
Fréq. moyenne des termes	13 %	17 %	17 %	19 %
Nombre de termes avec une Fréq. < 10 %	15/35	11/35	9/35	8/33
Nombre moyen de termes par son	4,67	5,97	6,10	6,28
Nombre moyen par son de termes sélectionnés par plus de 25 % du panel	5,51	7,97	8,40	8,60
Configuration				
% de l'inertie expliquée par la DIM.1	15,6 %	16,4 %	16,2 %	19,4 %
% de l'inertie expliquée par la DIM.2	13,8 %	16,1 %	15,7 %	15,3 %
Coefficient RV_{sons} moyen (bootstrap)	0,65	0,86	0,82	0,960
Coefficient $RV_{attributs}$ moyen (bootstrap)	0,60	0,83	0,78	0,957
Consensus				
κ_{Fleiss} moyen sur les attributs	0,174	0,175	0,183	0,192
κ_{Fleiss} moyen sur les sons	0,230	0,232	0,239	0,262
F-score moyen	0,327	0,352	0,362	0,397

TAB. 7.4: Statistiques générales calculées sur les données d'indexation de l'épreuve finale et des sessions tests.

7.4.2 Génération de l'espace sensoriel

Les matrices de fréquence d'utilisation des termes pour les trois entraînements ainsi que pour l'indexation principale ont été soumises à une analyse des correspondances. Cette dernière a été réalisée avec le logiciel R (Team 2014) à l'aide du package FactoMineR (Lê *et al.* 2008). Dans le cas de la tâche d'indexation principale, nous avons considéré une **variable supplémentaire** (voir annexe A.1.1.5) pour l'analyse : la classe d'origine du son, c'est-à-dire le marqueur dont il est représentatif. Cette variable ne participe pas à la construction de l'espace sensoriel mais est projetée sur les dimensions obtenues. Nous avons obtenu pour chaque session un espace sensoriel. Les pourcentages d'inertie expliquée par les deux premières dimensions de ces espaces sont présentés dans le tableau 7.4. Ces pourcentages sont assez faibles dans chaque cas : l'espace sensoriel est hautement multidimensionnel. La figure 7.6 présente l'inertie expliquée par les 12 premières dimensions de l'espace relatif aux données d'indexation de la tâche principale. Ces 12 dimensions cumulées expliquent 85 % de l'inertie totale (nous rappelons que l'inertie évalue l'*écart à l'indépendance* de toutes les variables). La première dimension est prépondérante par rapport aux autres. Nous pouvons observer un saut dans le pourcentage d'inertie expliquée entre la seconde et la troisième dimension, ainsi qu'un second saut entre la cinquième et la sixième dimension. Nous conserverons les deux premières dimensions pour la représentation et l'interprétation de l'espace sensoriel. Nous examinerons toutefois la représentation de l'espace sur les dimensions 3 et 4.

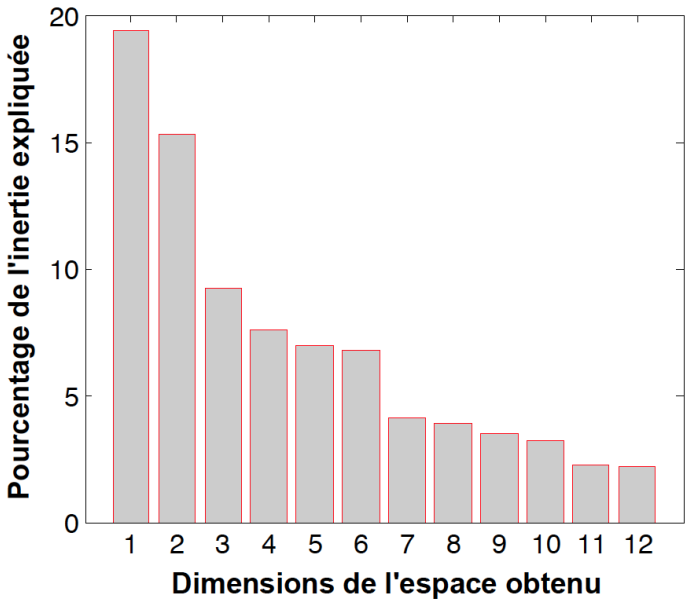


FIG. 7.6: Diagramme présentant le pourcentage d'inertie expliqué par les 12 premières dimensions de l'espace sensoriel résultant de l'analyse des correspondances.

7.4.2.1 Visualisation graphique des données

Les figures 7.7 et 7.8 présentent les représentations graphiques de l'analyse des correspondances effectuée sur les données d'indexation. Ces figures se lisent de la manière suivante : plus l'association entre deux éléments est forte, plus ils se trouvent proches dans l'espace obtenu. Ainsi, un son se trouvera d'autant plus près d'un attribut qu'il a été décrit un grand nombre de fois par cet attribut. De la même façon, deux sons seront d'autant plus proches qu'ils ont été décrits par les mêmes attributs. L'analyse des correspondances permet la représentation simultanée des sons et des attributs sur le même graphe. Les représentations des espaces sensoriels relatifs aux données d'entraînement combinent les sons et les attributs sur la même carte. Les figures correspondantes se trouvent en annexe E. Dans le cas de la tâche d'indexation principale, le nombre de sons est très élevé. Par souci de clarté, nous avons tracé le nuage des sons et le nuage des attributs sur deux graphes séparés. Les variables supplémentaires correspondant aux classes d'origine ont toutefois été placées sur les deux graphes. La figure 7.8 permet donc de visualiser les relations entre les classes de sons et les attributs. Ainsi, les sons d'ouverture ont été surtout décrits par les adjectifs *rugueux*, *naturel*, *bruité*, *progressif*, *sourd*, *grave*, *chaud* et *continu*, alors que les sons de validation sont principalement *artificiels*, *brillants*, *aigus*, *tonals* et *lisses*. L'observation de la position des sons dans l'espace sensoriel (figure 7.7) montre que l'analyse de correspondance des données CATA permet de distinguer les six corpus de sons (indiqués par des couleurs différentes) sur les deux premières dimensions de l'espace sensoriel. Ce résultat est remarquable : **les différents marqueurs se distinguent bien**

par les mots que le panel utilise pour les décrire. Cette distinction entre classes est présente dans les dimensions expliquant le plus grand pourcentage de l'inertie. Ceci montre que les propriétés du son qui sont propres aux catégories fonctionnelles sont en partie décrites par notre vocabulaire, suffisament en tout cas pour distinguer les classes par la tâche CATA. Ceci va dans le sens de notre hypothèse H3, c'est-à-dire que l'on peut exprimer des spécifications liées aux contraintes fonctionnelles par notre lexique. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre 8 de ce manuscrit.

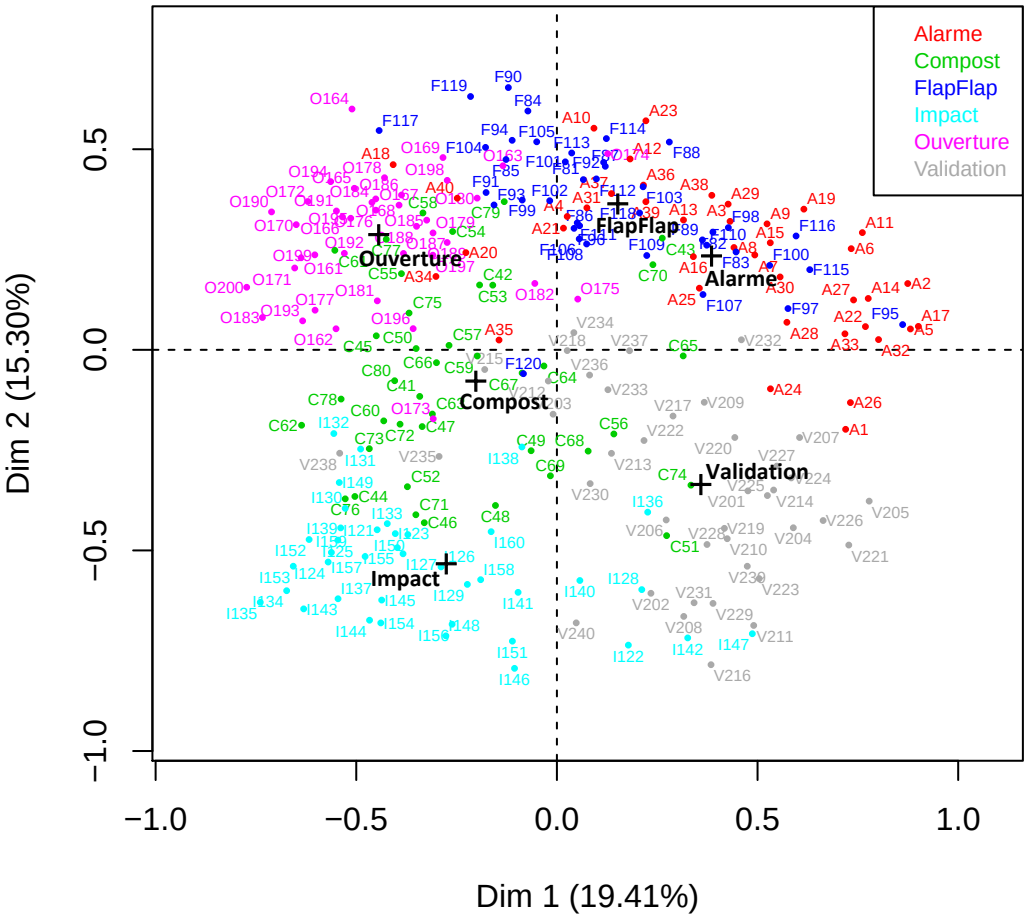


FIG. 7.7: Dimensions 1 et 2 de l'espace sensoriel obtenu par analyse des correspondances de la matrice de fréquences pour l'épreuve d'évaluation. Cette représentation permet de visualiser la position des sons (ou « profils lignes » de la matrice de données soumise à l'analyse des correspondances, voir annexe A). Les couleurs correspondent aux corpus d'origine de 40 sons. Les variables supplémentaires correspondant à l'appartenance d'un son à une catégorie sont représentées en noir : elles indiquent le barycentre de chaque classe.

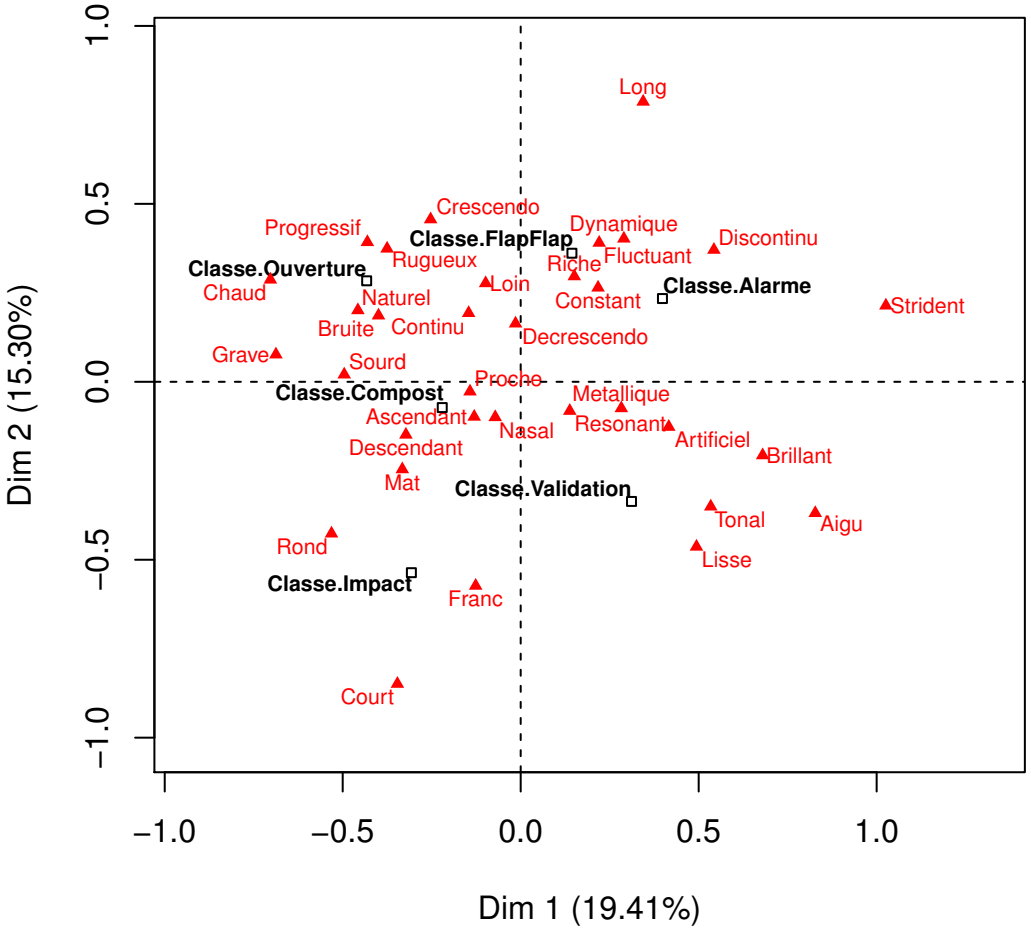


FIG. 7.8: Dimensions 1 et 2 de l'espace sensoriel obtenu par analyse des correspondances de la matrice de fréquences pour l'épreuve d'évaluation. Cette représentation permet de visualiser la position des mots (ou « profils colonnes » de la matrice de données soumise à l'analyse des correspondances, voir annexe A). Les variables supplémentaires correspondant à l'appartenance d'un son à une catégorie sont représentées en noir : elles indiquent le barycentre de chaque classe.

Les deux catégories les plus proches sont les catégories *FlapFlap* et *Alarme* qui se chevauchent en grande partie. Afin d'aller plus loin dans l'analyse des données, nous avons examiné les dimensions supplémentaires de l'espace sensoriel. Les figures 7.9 et 7.10 montrent la représentation des sons et des attributs sur les dimensions 3 et 4 de l'espace sensoriel. L'observation du graphique relatif aux sons montre que ces deux dimensions ne permettent pas de distinguer les différentes classes de sons, contrairement aux deux premières dimensions qui faisaient apparaître des frontières plus nettes entre les corpus. Les variables supplémentaires liées aux classes sont proches de l'origine : ces dimensions n'expliquent donc que très peu la différence entre les classes. En particulier, les classes

FlapFlap et *Alarme* ne sont toujours pas distinguées sur ces dimensions supplémentaires.

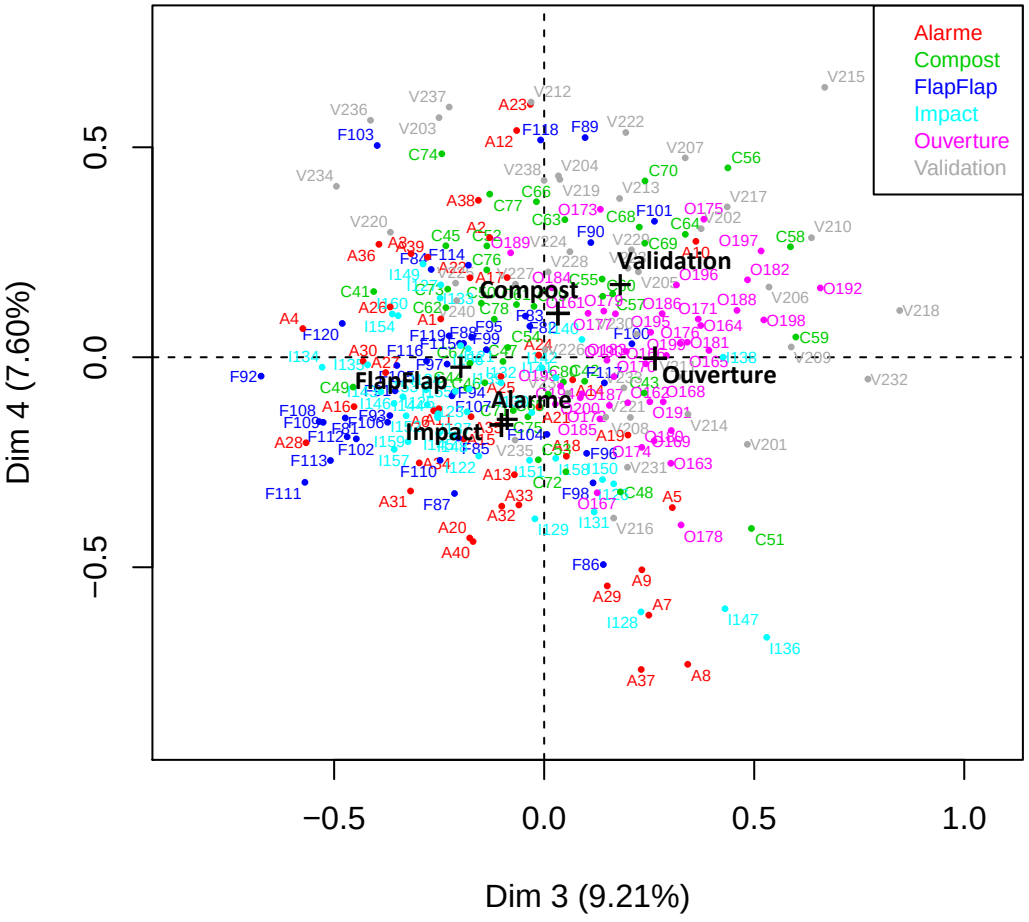


FIG. 7.9: Dimensions 3 et 4 de l'espace sensoriel obtenu par analyse des correspondances de la matrice de fréquences pour l'épreuve d'évaluation. Cette représentation permet de visualiser la position des sons (ou « profils lignes » de la matrice de données soumise à l'analyse des correspondances, voir annexe A). Les couleurs correspondent aux corpus d'origine de 40 sons. Les variables supplémentaires correspondant à l'appartenance d'un son à une catégorie sont représentées en noir : elles indiquent le barycentre de chaque classe.

Afin de mieux comprendre l'espace sensoriel que nous obtenons, nous pouvons examiner les contributions de chaque attribut à la construction des axes. Ces contributions sont présentées dans le tableau E.1 de l'annexe E. Les attributs *aigu* (15,7 %), *grave* (8,6 %), *strident* (7,5 %) et *brillant* (7,1 %) ont les contributions les plus fortes sur la première dimension. Le premier axe est donc fortement lié à la hauteur des sons. Le deuxième axe est lié aux attributs *court* (33,1 %), *long* (15,9 %) et *attaque franche* (8,3 %). Pour la troisième dimension, ce sont les attributs *discontinu* (17,8 %), *ascendant* (15 %) et

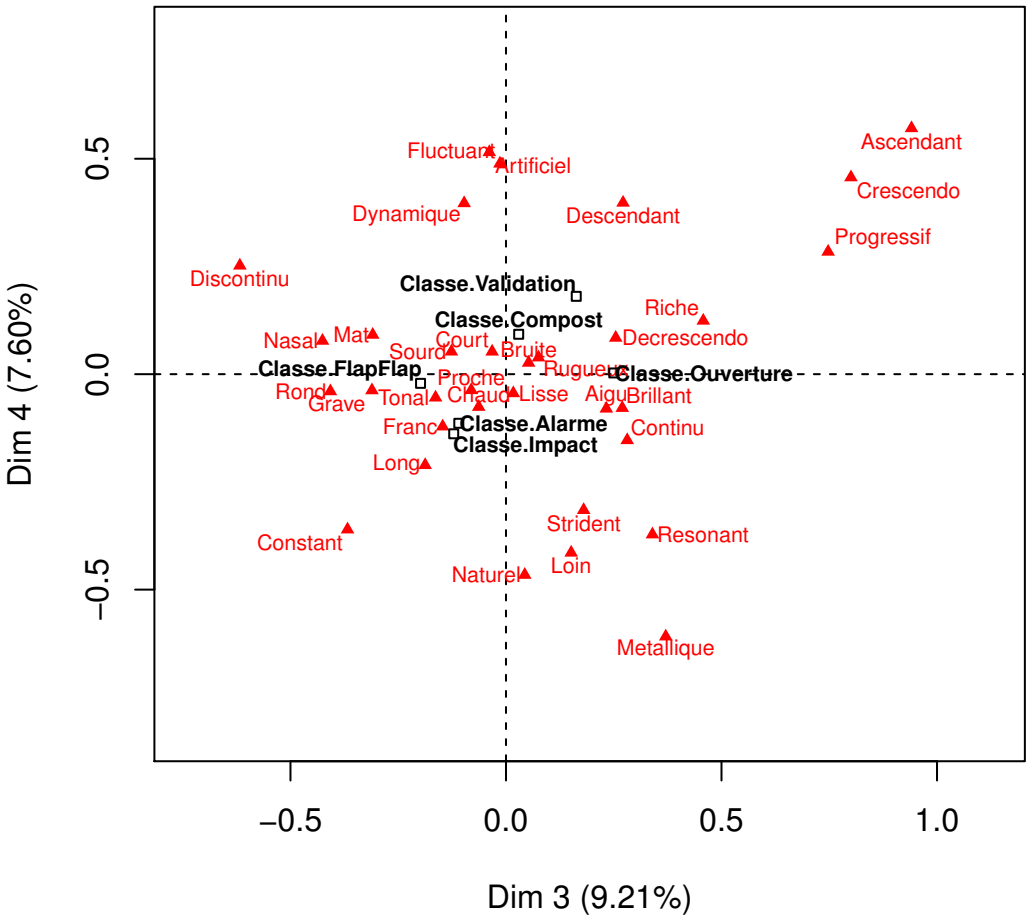


FIG. 7.10: Dimensions 3 et 4 de l'espace sensoriel obtenu par analyse des correspondances de la matrice de fréquences pour l'épreuve d'évaluation. Cette représentation permet de visualiser la position des mots (ou « profils colonnes » de la matrice de données soumise à l'analyse des correspondances, voir annexe A). Les variables supplémentaires correspondant à l'appartenance d'un son à une catégorie sont représentées en noir : elles indiquent le barycentre de chaque classe.

attaque progressive (12,4 %) qui contribuent le plus à l'inertie. Enfin, la quatrième dimension est fortement liée aux attributs *artificiel* (18,8 %), *métallique* (12,9 %), *fluctuant* (11,4 %), *naturel* (9,24 %) et *constant* (7,9 %). Les dimensions les plus importantes dans la différenciation des sons correspondent donc aux axes *grave*/*aigu* et *court*/*long*. Ces deux dimensions sont orthogonales par construction de l'espace sensoriel, ces attributs sont donc indépendants. L'espace sensoriel est construit à partir des données d'indexation mais ne tient pas compte des marges car l'analyse des correspondances repose sur la distance du χ^2 (voir § A.1.1.3 de l'annexe A). L'attribution de *grave* et *aigu* aux axes prépondérants ne traduit pas le fait que ces termes sont utilisés plus souvent que les

autres, mais traduit les relations majeures de dépendance qui existent entre les attributs. En d'autres termes, il y aura un certain type de vocabulaire (par exemple *brillant*, *strident*...) plus adapté à la description des sons aigus, un certain type de vocabulaire (*constant*, *continu*, *fluctuant*, *discontinu*) plus adapté à la description des sons longs. L'analyse des correspondances est une méthode exploratoire puissante pour visualiser ces relations. Cependant, il faut être conscient des limites de ces observations. D'une part, la tâche demandée aux participants lors de la procédure CATA est de sélectionner des termes caractéristiques du son, sans limite de nombre. Un attribut sélectionné témoigne bien de la présence de la caractéristique correspondante pour le son évalué, mais un attribut non-sélectionné n'est pas garant de l'absence de cette caractéristique. La mauvaise compréhension de certains termes par plusieurs participants peut aussi avoir une influence sur la configuration observée. Normalement, l'entraînement permet de limiter ce phénomène, mais nous rappelons que les participants n'avaient aucune expérience musicale ou sonore. Certains termes comme *bruité*, *tonal* et *rugueux* ont été plus délicats à comprendre. La limite entre certains opposés comme *continu*/*discontinu* est parfois un problème. Pour certains auditeurs, des sons répétés à une cadence très élevée sont jugés *discontinus*, alors qu'ils sont *continus* et *rugueux* pour d'autres. D'autre part, les relations de dépendance entre les attributs sont fortement liées aux sons décrits par les participants, et peuvent donc être dépendantes de la structure du corpus. Par exemple, la proximité entre les attributs *court* et *attaque franche* peut être surestimée dans la mesure où le corpus comprend un très grand nombre d'exemplaires de sons d'impact. Nous devons donc rester prudent sur l'interprétation des proximités entre attributs. En revanche, l'analyse des correspondances donne une idée claire des relations attributs/sons et des relations sons/sons.

7.4.2.2 Stabilité des configurations

Les valeurs des coefficients RV moyens obtenus par bootstrap (NB=1000 échantillons) à partir des données de la tâche d'indexation principale sont de 0,957 et 0,960 respectivement pour les attributs et les sons. D'après les préconisations établies dans la littérature Ares *et al.* (2014b), ces valeurs permettent de conclure que le nombre d'auditeurs N=20 est suffisant pour produire une configuration stable. Ceci constitue un résultat très satisfaisant dans la mesure où le nombre minimum de participants pour produire des données stables (du point de vue des attributs) dans l'étude d'Ares conduite sur plusieurs jeux de données CATA est de 40. Les valeurs de ces coefficients RV augmentant avec l'entraînement, nous pouvons supposer que le fait d'entraîner le panel conduit à une diminution du nombre de participants nécessaires à la stabilité des données CATA. La stabilité des configurations obtenues (estimée par boostrap du coefficient RV, voir annexe A.1.2) est

beaucoup plus élevée pour les sessions 2 et 3 que pour la session 1, même si elle n'atteint pas la valeur de 0,95 préconisée par Ares *et al.* (2014b). Nous pouvons noter toutefois que dans certaines études, un coefficient RV $>$ 0,8 est considéré comme satisfaisant. Ceci suggère à nouveau que l'entraînement s'est avéré efficace pour augmenter la fiabilité des données d'indexation.

7.4.3 Analyse par attribut : pouvoir discriminant et consensus par attribut

La visualisation de l'espace sensoriel a montré que le lexique permettait au panel d'auditeurs de différencier les classes de sons définies par les marqueurs. L'espace sensoriel obtenu est relativement stable, ce qui traduit une bonne fiabilité de nos données. Nous avons de plus montré que cette stabilité augmentait lors de l'entraînement. En revanche, les valeurs moyennes du consensus estimées par le Kappa de Fleiss et le F-score ne semblent pas augmenter lors de l'entraînement. Dans ce paragraphe, nous présentons les résultats des analyses spécifiques à chaque attribut (calculées sur les sessions d'entrainement #1, #2 et #3 et sur l'indexation principale) pour le pouvoir discriminant et le consensus. Le détail des résultats est présenté dans le tableau E.2 de l'annexe E. Les résultats du test Q de Cochran montrent que le pouvoir discriminant des attributs est très bon dès le début de l'entraînement. Seul l'attribut *dynamique* ne discrimine pas les sons de manière significative lors des entraînements #1, #2 et #3. Le consensus évalué par le coefficient Kappa de Fleiss ne semble pas augmenter avec l'entraînement pour tous les attributs : pour certains attributs comme *Aigu* ou *Chaud*, on constate une diminution du Kappa alors que pour d'autres comme *Court* ou *Descendant*, l'évolution n'est même pas monotone. Si des techniques de bootstrap permettant de comparer les différences de valeurs de Kappa sont préconisées dans les cas classiques (McKenzie *et al.* 1996, Vanbelle et Albert 2008), la comparaison deux à deux de ces coefficients a peu de sens dans notre cas, puisque nous avons 35 valeurs de Kappa relatives aux 35 attributs. Plutôt que de tester individuellement ces valeurs, nous proposons de considérer le consensus de manière globale et d'étudier la distribution des différences de Kappa sur l'ensemble des attributs. Pour chacun des couples de sessions, nous avons calculé la grandeur $\kappa_{Fd} = \kappa_{F2} - \kappa_{F1}$ et étudié sa distribution. Un test de Student a été effectué pour savoir si la distribution des κ_{Fd} était significativement différente de la distribution nulle. Le résultat de ce test montre que les distributions différentielles obtenues (de moyennes $\overline{\kappa_{Fd12}} = 0.0007$ et $\overline{\kappa_{Fd23}} = 0.008$) ne sont pas significativement différentes de la distribution nulle ($p = 0.93$ et $p = 0.283$, respectivement). La légère augmentation du consensus (mesuré par le Kappa de Fleiss) lors de l'entraînement n'est donc pas significative.

7.4.4 Accord entre les données du panel et les données de l'expérimentateur

Afin de conjecturer un seuil de pertinence des scores d'indexation, l'approche que nous avons choisie est de comparer les données observées avec celles générées par l'expérimentateur (à partir de son expertise du lexique). Cette analyse est très subjective mais permet d'avoir une idée de la pertinence des résultats obtenus, et en particulier du bruit de mesure. Par exemple, si 19 des 20 participants ont sélectionné un attribut pour décrire un son, il est probable que le mot décrive bien un aspect du son. Qu'en est-il pour un terme sélectionné par 5, 6 ou 10 participants ? L'interprétation d'un tel résultat est d'autant plus difficile que la non-sélection d'un attribut n'implique pas nécessairement son absence pour le son considéré. L'analyse des correspondances, reposant sur la distance du χ^2, tient compte de la fréquence de sélection. Cependant, dans certains cas, il peut être intéressant de binariser les données pour que chaque individu (dans notre cas chaque son) soit décrit par un ensemble de labels (grandeurs qualitatives). C'est le cas par exemple pour les annotations de bases de données en *machine learning* (voir Nowak et Rüger (2010)). L'approche la plus simple consiste à définir un seuil d'occurrence au-delà duquel on assigne l'attribut au stimulus concerné (lorsque ce seuil est de 50 % des participants, on parle de *vote majoritaire*). Nous proposons d'évaluer le seuil optimal de binarisation des données d'indexation en calculant le F-score entre les données observées et celles de l'expérimentateur, pour chacune des valeurs de seuil possibles (de 1 à 20). Lorsque le seuil est très bas, on risque de commettre des erreurs à cause du bruit de mesure : on assignera un mot à un son dès que quelques participants l'auront sélectionné. Il suffit alors que quelques participants aient mal compris une notion, ou se soient trompés en manipulant l'interface, pour induire une erreur. A l'inverse, lorsque le seuil est très haut, on risque de ne rien détecter. Le F-score est un indicateur naturellement adapté à cette problématique puisqu'il mesure un équilibre entre ces deux extrêmes (voir annexe A.1.2.2). La figure 7.11 présente les résultats de ce calcul : une valeur de 5 ou 6 est alors optimale pour maximiser ce score, nous avons choisi la valeur de 6 de manière à privilégier la précision au détriment du rappel.

L'intérêt de binariser de telles données est de disposer simplement pour chaque son d'une liste de caractéristiques présentes ou absentes. Une base de données ainsi indexée peut par exemple servir d'ensemble d'apprentissage pour la construction d'un modèle de classification automatique. Une des méthodes d'analyse fonctionnelle que nous proposons dans le chapitre 8 (voir § 8.2.2.2, page 162) nécessite de travailler avec les données d'indexation binarisées. Nous utiliserons alors le seuil de binarisation que nous avons déterminé ici (S = 6).

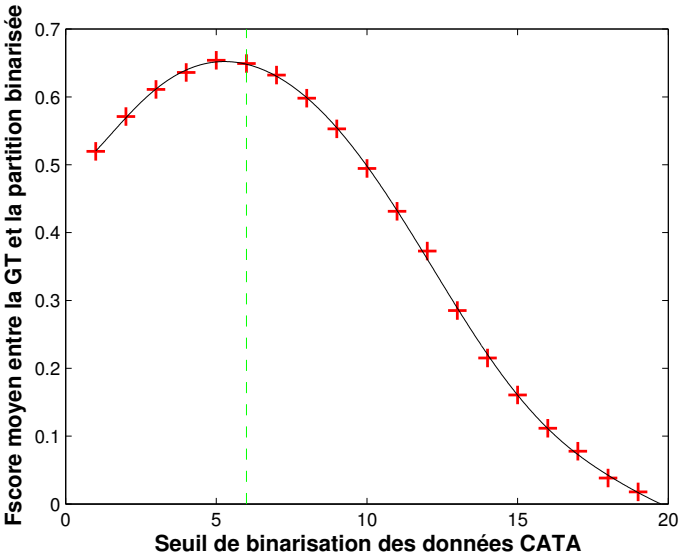


FIG. 7.11: Calcul du F-score entre l'indexation de référence (expérimentateur) et l'indexation des données, binarisée pour chaque valeur possible du seuil de binarisation.

7.4.5 Analyse de la répétabilité

Nous avons vu au § 7.3.2.3 que le critère de répétabilité pouvait s'évaluer de manière individuelle (un participant décrit un même son avec les mêmes mots) ou sur l'ensemble du panel pour chaque attribut (un attribut est sélectionné le même nombre de fois pour décrire un son). Nous avons calculé l'indice de reproductibilité R_j pour chaque participant, ainsi que l'indice de stabilité de sélection des attributs SSI pour chaque mot du lexique. Les résultats sont résumés dans le tableau 7.5. Les valeurs de ces indices pour chaque auditeur sont présentées en détail dans la table E.3 de l'annexe E. Nous avons calculé un indicateur supplémentaire pour évaluer la répétabilité globale : il s'agit du coefficient RV (que nous avons déjà utilisé dans l'analyse de stabilité de l'espace). Ce coefficient nous permet de comparer les configurations obtenues dans des conditions similaires. Les résultats de ce calcul sont également présentés dans le tableau 7.5.

Afin de pouvoir obtenir un seuil minimum de significativité pour l'indice R_j, nous avons effectué un test de permutation avec **P=10000** ré-échantillonnages des données. Puisque l'on compare deux sessions différentes, la moitié de ces ré-échantillonnages a été réalisée sur la seconde session (et comparés à la configuration d'origine de la première), et l'autre sur la première session (et comparée à la configuration d'origine de la seconde). Les P valeurs de $R_j(S)$ correspondantes (pour chaque participant) ont été calculées et leur distribution a été tracée. Pour chaque couple [auditeur, son], la p-value a été estimée en comptant la proportion de tirages sur les P effectués qui produisaient une valeur du R_jk supérieure à la valeur observée (l'échantillon original étant inclus, ce nombre est au

	Sessions #1 à #2	Sessions #2 à #3	Répétition
Coefficient RV entre les configurations des attributs	0,38	0,85	0,92
Coefficient RV entre les configurations des sons	0,42	0,85	0,93
Indice de reproductibilité R_j minimal	0,27	0,31	0,42
Indice de reproductibilité R_j maximal	0,67	0,76	0,78
Indice de reproductibilité R_j moyen	0,46	0,55	0,59
Indice de stabilité de sélection SSI_i minimal	27 %	25 %	27 %
Indice de stabilité de sélection SSI_i maximal	75 %	78 %	80 %
Indice de stabilité de sélection SSI_i moyen	47 %	56 %	54 %

TAB. 7.5: Récapitulatif des différents indices de répétabilité et de stabilité calculés entre les différentes sessions tests et sur le corpus de sons répétés lors de l'épreuve d'indexation.

minimum égal à 1/P). Ces valeurs ont été combinées à l'aide de la méthode de Fisher pour donner une p-value globale relative à chaque auditeur. Nous avons obtenus des p-value $< 10^{-11}$ pour l'ensemble des participants, quelles que soient les sessions comparées. Ce résultat signifie que la répétabilité mesurée entre les sessions est significativement plus élevée que celle qu'on observerait si les participants répondaient au hasard.

Afin de comparer les indicateurs de répétabilité entre eux (et non plus seulement au résultat produit par le hasard), nous avons calculé la grandeur $R_{jd} = R_{j23} - R_{j12}$ et étudié sa distribution. Un test t de Student a été effectué pour savoir si la distribution différentielle des R_{jd} était significativement différente de la distribution nulle. La distribution obtenue (de moyenne $\overline{R_{jd}} = 0,07$) est significativement différente de la distribution nulle ($p < 0,001$). De même, nous avons calculé la grandeur $SSI_d = SSI_{23} - SSI_{12}$ et étudié sa distribution pour savoir si la stabilité de sélection des attributs augmentait lors de l'entraînement. Un test t de Student a montré que la distribution obtenue (de moyenne $\overline{SSI_d} = 9,33\%$) était significativement différente de la distribution nulle ($p < 0,001$). Ces résultats témoignent à nouveau de l'influence de la phase d'entraînement sur la fiabilité des données produites lors de la tâche finale. Cependant, même s'ils augmentent avec l'entraînement, les indices de reproductibilité et de stabilité des attributs sont assez bas pour les sons répétés lors de l'épreuve d'indexation (respectivement 59 % et 54 %). Ceci prouve qu'il y a beaucoup de variations inter-individuelles entre l'indexation d'un son et celle de sa répétition. Ce résultat peut sembler inquiétant : comment accorder notre confiance à des portraits dont près de la moitié des mots ne sont pas sélectionnés de manière stable ? Nous pouvons comparer les configurations de l'espace sensoriel obtenu par analyse des correspondances entre les séances répétées : le coefficient RV est très élevé dans le cas des sons répétés de l'indexation principale. Cela signifie que même si la variation inter-individuelle est forte, la position relative des sons dans l'espace sensoriel reste très stable lorsque l'expérience est répétée. Les coefficients RV calculés entre les différentes sessions tests soulignent une grande différence entre la configuration de

la session #1 et celles des sessions #2 et #3. Cette différence peut se visualiser sur les figures E.1, E.2 et E.3 (annexe E) : les espaces sensoriels #2 et #3 sont similaires, mais très différents de l'espace #1. Ceci est cohérent avec nos observations précédentes sur l'efficacité de l'entraînement.

7.4.6 Discussion

Si la méthodologie expérimentale employée ici est grandement inspirée du domaine de l'analyse sensorielle, notre démarche présente des différences fondamentales avec les protocoles classiques d'épreuves sensorielles. Le vocabulaire que nous avons proposé et illustré n'est pas relatif à un certain type de produits ou de sons comme c'est le cas en analyse sensorielle, mais a été généré pour caractériser au contraire une grande variété de sons.

Caractérisation des sons

Les résultats de l'expérience E2 d'indexation sonore montrent que notre lexique permet de discriminer l'ensemble des sons étudiés. Le test de Cochran nous a montré que même les auditeurs non-entraînés discriminaient bien les sons à partir des attributs. L'observation des résultats de la tâche d'indexation montre que les différentes classes de sons relatives aux six marqueurs sonores sont situées dans des zones distinctes de l'espace sensoriel (figure 7.7). Ces zones se distinguent les unes des autres dans les deux premières dimensions de la configuration obtenue par analyse des correspondances. Seuls les catégories *alarme* et *flapflap* ont une zone de recouvrement importante. Ce résultat signifie que les premiers éléments de différenciation que l'on observe lors de la description des sons par les mots de notre lexique sont reliés à la nature des objets. Les propriétés du son liés à cette nature (ou fonction) des objets sont donc bien décrites par notre lexique. Ainsi, celui-ci constitue potentiellement un outil pour exprimer les spécifications liées aux contraintes fonctionnelles associées à la nature ou la fonction d'un marqueur, que nous appelons « invariants ». Ainsi, les impacts sont plus caractérisés par les mots *court*, *franc*, *mat* et *rond*, alors que les ouvertures sont plutôt décrites par les mots *progressif*, *naturel*, *continu*, *sourd*, *grave*, *rugueux*, *bruité*... L'espace sensoriel obtenu permet aussi d'établir des relations de proximité entre les différentes classes d'objets : les objets de type composteurs, par exemple, se trouvent à mi-chemin entre les impacts et les ouvertures. Les alarmes et les flapflaps ne sont pas fortement discriminés par le lexique. Les attributs fortement associés à ces deux objets sont en partie les mêmes, ce qui explique leur proximité dans l'espace sensoriel : ces deux classes sont plus caractérisées par les adjectifs *discontinu*, *fluctuant*, *dynamique*, *long*, et *constant*. Malgré un barycentre légèrement déplacé vers les adjectifs *strident*, *brillant*, *artificiel*, *aigu* et *tonal* pour les alarmes et vers les adjectifs *rugueux*, *crescendo*, *naturel* et *bruité* pour les flapflaps, les sons correspondant sont situés dans des zones se recouvrant presque intégralement. La carte sensorielle

obtenue par analyse des correspondances permet de visualiser beaucoup d'informations relatives aux données, mais il convient de connaître ses limites. D'abord, seul 35 % de la variance est expliquée par la représentation bidimensionnelle des données. Ensuite, la distance utilisée pour établir cette carte ne tient pas compte des fréquences d'utilisation marginales des attributs. Par exemple, si l'attribut **A** a été utilisé uniquement par quelques auditeurs et seulement pour décrire le son X, on le trouvera confondu avec le son X dans l'espace sensoriel (c'est le cas de l'adjectif *ascendant*, très peu utilisé au total, mais quand il l'est, c'est pour qualifier un son de la classe composteur). Un adjectif est d'autant plus près d'un son qu'il décrit ce son *par rapport aux autres*. La position relative des attributs et des sons d'une classe sur le graphe dépend donc fortement de la nature (et de la description verbale) de toutes les autres classes. De plus, nous demandons aux participants de sélectionner des termes caractéristiques du son, sans limite de nombre. Un attribut sélectionné témoigne bien de la présence de la caractéristique correspondante pour le son évalué, mais un attribut non-sélectionné n'est pas garant de l'absence de cette caractéristique (elle peut juste être moins saillante, comme une attaque franche sur un son long par exemple). Ceci traduit une des limites importantes de la méthodologie que nous employons.

Influence de l'entraînement

Les critères de pouvoir discriminant, de consensus et de répétabilité ont été utilisés pour mesurer les performances du panel lors de l'entraînement. L'entraînement du panel a permis de diminuer le temps d'indexation, d'augmenter la richesse des descriptions fournies par les auditeurs ainsi que la stabilité de l'espace sensoriel obtenu. Il conduit ainsi à la production de données fiables et répétables. Ces résultats sont encourageants et démontrent l'applicabilité des méthodes d'analyse sensorielle au cas des sons. Il faut garder à l'esprit que dans notre cas, l'entraînement s'est déroulé en une seule journée pour des raisons pratiques. Malgré la (relative) courte durée de cette phase (qui peut s'étaler sur près de six mois en analyse sensorielle), nous avons obtenu des résultats stables et discriminants sur un panel d'auditeurs non-experts. Des travaux de recherche plus approfondis sur la méthodologie permettraient en particulier de travailler avec des réponses quantitatives (échelles continues), et de corréler les espaces sensoriels obtenus avec des résultats de tests hédoniques (voir chapitre 3, § 3.1.1, page 46). Les approches consistant à demander aux participants de décrire le *produit idéal* (Ares *et al.* 2014a) peuvent aussi permettre d'identifier des attributs sur lesquels il est pertinent de travailler afin d'améliorer le son des produits. Enfin, une expérience comme celle-ci mériterait d'être reproduite avec des sons différents et avec d'autres panels (des experts, par exemple) afin de mieux comprendre quelles sont ses limites.

Pertinence de notre lexique

Le lexique sonore que nous avons généré au chapitre 6 a donc montré son aptitude à

discriminer un grand nombre de sons. Nous avons validé la liste de descripteurs, issue à la fois de l'analyse de la littérature scientifique et de la pratique professionnelle des experts du son, par une expérience de type CATA (« *Check-all-that-apply* »). Nous avons montré en particulier que les différentes classes de sons étaient bien différenciées par le panel d'auditeurs que nous avons formé. Cette différenciation se fait dans un espace bidimensionnel représentant 35 % de l'inertie totale des données d'indexation. Le lexique semble donc suffisamment exhaustif pour faire la différence entre des objets de nature différente, mais il permet aussi de différencier les sons au sein d'une même classe : les sons appartenant à une même catégorie sont en effet dispersés dans l'espace sensoriel. La différence entre le vocabulaire que nous proposons et les listes existantes que l'on peut trouver dans la littérature (par exemple Faure 2000, Grill *et al.* 2011...) est que nous n'avons pas généré ce vocabulaire à partir d'un corpus de stimuli : il n'est donc pas spécifique par construction à un type de son. Les lexiques que nous avons cités précédemment sont fortement dépendants des sons qui ont servi à leur génération (12 sons musicaux pour Faure 2000, par exemple). Notre lexique n'a pas été conçu pour décrire précisément le timbre musical, ni les textures sonores, ni les différentes sonorités des climatiseurs... Notre approche est plus semblable à celle de Schaeffer *et al.* (1967) : nous avons cherché à faire abstraction de l'objet sonnant pour nous concentrer sur l'objet sonore. Nous avons ensuite confronté ce lexique à un corpus de 240 sons indépendants de la manière dont il a été généré. Les résultats que nous obtenons viennent confirmer notre hypothèse H2 : il existe bien un vocabulaire descriptif permettant de qualifier les sons et de les différencier. Les 35 termes que nous avons proposés remplissent les conditions que nous avons fixée au chapitre 4 : ils ne sont pas techniques, ils permettent de caractériser et différencier les produits, et sont compréhensibles par des experts (par construction) comme par des non-experts (grâce à l'interface dédiée au lexique). D'autre part, notre lexique s'est révélé efficace dans la conduite d'analyse sensorielle. Nous ne recommandons pas pour autant de se référer systématiquement à ces termes pour toute étude en design sonore : un tel lexique peut être amené à s'enrichir et à évoluer. Notre proposition constitue néanmoins une bonne base pour travailler sur les différentes propriétés des sons, et pour communiquer ce travail aux différents acteurs d'un projet de design. Nous présenterons dans le chapitre 8 un cas pratique d'utilisation du lexique et de son interface.

7.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une expérience originale, l'indexation sonore, inspirée de nouvelles méthodes d'analyse sensorielle développées ces dernières années. La simplicité de la procédure CATA et notamment le fait de travailler sur des grandeurs qualitatives nous a permis de considérer un très grand nombre de sons. L'analyse des

correspondances menée sur les résultats de l'épreuve d'indexation a conduit à un espace sensoriel stable permettant de positionner les sons les uns par rapport aux autres. Les différents marqueurs sonores que nous avons choisi d'étudier sont situés dans des zones relativement distinctes de cet espace sensoriel. Ce résultat suggère l'existence d'attributs caractéristiques de chacun des marqueurs sonores, permettant de différencier la nature ou la fonction de chacun d'entre eux. Nous développerons cette notion dans le chapitre suivant, par une analyse plus approfondie des données d'indexation (et notamment des analyses par classes). L'entraînement que nous avons proposé a permis d'améliorer les performances du panel : durée de l'expérience, richesse des descriptions, stabilité de l'espace. Nous remarquons en particulier que la stabilité que nous avons mesurée est relativement élevée pour une épreuve de type CATA comprenant un nombre de participants aussi faible. L'entraînement a conduit à l'obtention d'une mesure discriminante et répétable, pour l'ensemble des mots de notre lexique. En revanche, le consensus entre les membres du panel est relativement faible, et n'a pas augmenté significativement au cours de son entraînement. Nous avons pris le parti de conduire cette expérience sur des auditeurs ne possédant aucune expérience dans le domaine du son ou de la musique. Le recrutement d'auditeurs experts pourrait permettre d'améliorer encore les performances de la méthode.

La deuxième partie de ce manuscrit a permis de montrer que les problèmes de communication que rencontrent les industriels et les experts sonores lorsqu'ils interagissent ne peuvent pas s'expliquer par la pauvreté du vocabulaire dont nous disposons pour décrire les sons. Au contraire, l'analyse de la littérature révèle que nous avons de multiples façons de nous exprimer lorsque nous cherchons à qualifier un son. En particulier, dans notre quotidien nous écoutons les sons afin d'identifier les objets ou les évènements qui en sont la cause, c'est pourquoi nous nous référons davantage à un vocabulaire causal pour les décrire. Ce vocabulaire qui nous est naturel est malheureusement peu adapté à la communication et à la définition d'un son cible. Pourtant, il est possible de se détacher de la cause des sons et de se concentrer sur leurs attributs intrinsèques. A travers notre analyse bibliographique et nos rencontres avec des professionnels du son, nous avons identifié un lexique de descripteurs « réduits » permettant de caractériser les propriétés intrinsèques de la matière sonore. L'expérience d'analyse sensorielle que nous avons menée a permis de confronter ce lexique à des auditeurs non-experts, et de montrer qu'il permettait bien de caractériser et différencier les marqueurs sonores de notre étude.

Troisième partie

Définir et véhiculer une identité sonore sur un ensemble de marqueurs identitaires

Chapitre 8

Spécifications fonctionnelles et identitaires

Dans le chapitre 7, l'analyse des résultats de l'expérience d'indexation a montré que le lexique sonore que nous avons construit permet de décrire les similarités et les différences entre des sons de natures variées. L'objectif du chapitre 8 est d'exploiter ces résultats pour exprimer, à partir du lexique, des spécifications pour la création d'une identité sonore et sa déclinaison sur une série de marqueurs identitaires. Les marqueurs sur lesquels nous travaillons sont les six catégories de sons que nous avons utilisées lors de l'expérience d'indexation. Nous chercherons dans un premier temps à déterminer les contraintes qui dépendent de la nature de chacun des marqueurs, et qui seront imposées quelle que soit l'identité véhiculée. Les attributs du lexique liés à ces contraintes seront appelés les « invariants » du marqueur sonore. Les attributs du lexique correspondant aux variables possibles pour définir une identité sonore seront appelés les « leviers » du marqueur sonore. La détermination de ces leviers nécessite de considérer des exemplaires sonores suffisamment variés pour chaque marqueur. Il s'agit alors de déterminer les attributs communs sur lesquels les différents exemplaires d'un marqueur se distinguent ; en d'autres termes, il s'agit de révéler les dimensions partagées par les exemplaires. Une approche similaire à l'analyse multidimensionnelle du timbre permettrait probablement de révéler ces dimensions, mais elle présente un inconvénient méthodologique majeur : elle ne permet de considérer qu'un nombre limité d'exemplaires (Giordano *et al.* 2013). D'autre part, n'oublions pas que nous cherchons à définir une identité sonore par transformation sémantique des valeurs de l'identité de marque à partir d'un lexique sonore compréhensible et partagé par les acteurs engagés dans le processus de design. Considérer une approche similaire à l'analyse multidimensionnelle du timbre nous éloignerait de cet objectif central. En revanche, les données d'indexation obtenues pour un grand nombre d'exemplaires fournissent la matière pour révéler les invariants et les leviers pour chaque

marqueur. Nous chercherons donc à exploiter les données de l'expérience E2 présentée au chapitre 7 pour exprimer les spécifications fonctionnelles liées à chaque marqueur. Dans la suite, nous donnerons tout d'abord une définition générale des notions de leviers et d'invariants, et nous discuterons leurs implications pour le design sonore. Puis, les méthodes d'analyse que nous proposons pour déterminer les invariants et leviers à partir des données d'indexation seront présentées. Enfin, nous proposerons une méthode et des outils créatifs permettant de réaliser la transformation sémantique des valeurs de marque en attributs sonores.

8.1 Identité et fonction

Dans le premier chapitre de ce manuscrit, nous avons présenté le design sonore comme une démarche visant à faire entendre une intention par le son. Nous avons distingué en particulier les intentions de forme et de fonction (voir § 1.2.2.2, page 15). L'identité de marque correspond à une intention de forme que nous cherchons à véhiculer sur différents supports pour en faire des marqueurs sonores identitaires. La marge de manœuvre pour spécifier une identité dépendra toutefois du support choisi : les directions de design possibles pour l'identité seront contraintes par la nature et la fonction du marqueur. Si le son est produit par un dispositif mécanique, celui-ci imposera certaines contraintes physiques incontournables, par exemple sur la morphologie du son. En revanche, lorsque le son est produit par un dispositif électronique, le champ des possibles est beaucoup plus étendu. On doit toutefois veiller à ce que les intentions de fonction restent clairement perçues : une alarme, identitaire ou non, doit être reconnue comme telle. Dans cette section, nous proposons de formaliser ces éléments à l'aide de notre outil de travail principal qu'est le lexique sonore.

8.1.1 Invariants et leviers

Dans le chapitre 7, nous avons présenté une expérience d'indexation sonore qui a conduit à positionner une grande diversité de sons dans un espace sensoriel construit à partir des descriptions verbales de ces sons. Nous avons choisi de pratiquer cette expérience sur un corpus constitué de six grandes catégories de sons, correspondant aux marqueurs sonores sur lesquels nous cherchons à véhiculer l'identité sonore SNCF. Les résultats (voir § 7.4.2 page 129) ont montré que les différentes classes de sons étaient situées dans des zones distinctes de l'espace perceptif. L'analyse des correspondances montre en particulier que certains termes du lexique sont caractéristiques de ces zones (voir § 7.4.6 page 140). Dans le cadre de notre démarche de design sonore identitaire, nous cherchons à ce que chacun des marqueurs véhicule l'identité de la marque. Nos travaux de recherche partent du

principe (hypothèse H1) que cette identité peut se traduire en paramètres du son. Pour un marqueur donné, il faut donc identifier quels paramètres du son sont propres à l'objet et quels paramètres vont permettre à deux exemplaires du même objet de se différencier. En analyse sensorielle, on cherche à différencier un ensemble de produits appartenant à une même classe. Dans notre démarche nous avons caractérisé à l'aide d'un même lexique six ensembles de sons relatifs à six produits (ou marqueurs) différents. Nous pouvons donc établir :

- **Des éléments de différenciation entre les classes :** sous quels critères un son appartient-il à l'une ou l'autre des classes ? Quels attributs sont spécifiques aux sons d'une même classe ?
- **Des éléments de différenciation au sein des classes :** quels attributs varient au sein d'une classe et sont responsables de la diversité de ses exemplaires ?

À partir de ces éléments et de notre lexique, nous proposons de définir la notion de leviers et d'invariants. Imaginons que nous travaillons sur un objet donné (par exemple, un composteur mécanique), l'objectif étant de créer un « nouveau son » pour cet objet. Certaines propriétés du son seront fixées du fait de son appartenance à la classe définie par l'objet. Nous appelerons ces propriétés des « invariants » de la classe. Dans notre exemple, les invariants de la classe « composteur mécanique » seront donc les propriétés sonores liées au fait que le son soit produit par un composteur mécanique. Ainsi, les différents exemplaires des sons d'une même classe possèdent nécessairement les invariants relatifs à cette classe. Les propriétés sonores qui varient entre les différents exemplaires d'une même classe de sons seront appelées des **leviers** de cette classe. Ce sont eux qui sont à l'origine de la diversité des exemplaires d'objets appartenant à une même catégorie. Dans une démarche de design, ils représentent le « champ des possibles ». Nous proposons enfin d'introduire une notion intermédiaire : celle de quasi-invariants, que nous appelerons **tendances** de la classe. Ce terme désigne des attributs typiques d'une classe, que l'on retrouvera dans la grande majorité des exemplaires de la classe, mais dont l'absence ne conditionne pas l'appartenance d'un exemplaire à la classe. Prenons un exemple fictif, par exemple celui des sons de machine à café. Imaginons que les différents exemplaires de cette famille de sons sont tous *long*, *continu* et *rugueux* : ces attributs seront des invariants (et découlent du fonctionnement de la machine). La majorité des sons de machines à café auront tendance à être *bruité*. Pourtant il existe un certain type de machine particulière qui produit un son *tonal* : cet attribut est une tendance. Par contre, la moitié des sons sont *nasals* et l'autre non : cet attribut est un levier de la classe des sons de machines à café. Cet exemple simplifié nous a permis d'illustrer notre terminologie. L'objectif est maintenant de la mettre en application au sein de notre méthodologie de design.

8.1.2 Définition du cadre de travail

Afin de mesurer la capacité de l'identité sonore à différencier et reconnaître les marques, nous avons choisi d'appliquer notre méthodologie de travail au design de cinq identités sonores liées au domaine ferroviaire (ces identités seront détaillées dans la section § 8.3, page 168). L'objectif est de traduire ces identités de marque en identités sonores et de les déployer sur une série de six objets caractéristiques de l'univers ferroviaire (les marqueurs sonores, que nous avons déjà présentés dans les chapitre 4 et 7). Pour réaliser les 30 sons correspondant aux cinq identités sonores déclinées sur les six marqueurs sonores, SNCF a fait appel à l'agence de design sonore LAPS[1] (suite à un appel d'offre, nous y reviendrons dans le chapitre 9). L'enjeu consiste alors à exprimer les spécifications fonctionnelles et identitaires à l'aide du lexique pour les transmettre à l'agence LAPS en vue de la phase de création sonore.

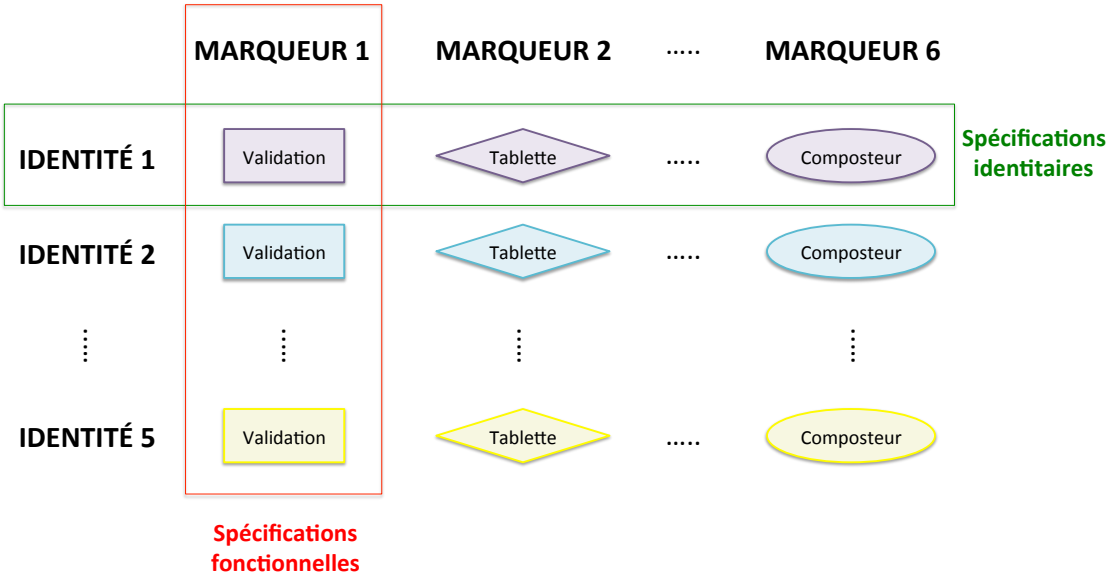


FIG. 8.1: Schéma représentant cinq identités sonores déclinées sur six objets sonores.

La figure 8.1 présente notre cadre de travail. La nature des marqueurs sonores est identifiée par des formes, alors que les différentes identités sonores sont matérialisées par des couleurs. Les sons à créer sont définis par leur appartenance à une « identité sonore » (ligne) et à une « fonction » (colonne). Les spécifications identitaires concernent donc les sons d'une même ligne (et donc représentatifs de la même identité), alors que les spécifications fonctionnelles concernent les sons appartenant à la même colonne (et donc représentatifs du même objet). L'enjeu est d'exprimer ces deux types de spécifications à l'aide du lexique sonore. Dans le cas de l'identité, ces spécifications doivent traduire les

[1] www.laps-design.com

valeurs de marque correspondantes. Dans le cas de la fonction, ces spécifications sont les invariants, tendances et leviers de chacun des marqueurs.

8.1.3 Forme des spécifications

Dans le chapitre 2, nous avons présenté différentes méthodes utilisées en design pour effectuer la traduction d'intentions en paramètres de conception : des méthodes créatives (planches de tendance, jeu de cartes, diagrammes d'associations...) et des méthodes expérimentales (expériences perceptives, analyse sensorielle...). Nous proposons d'intégrer ces deux types de méthodes dans notre démarche (voir figure 8.2). Nous partons du principe que la fonction est prioritaire sur l'identité. Ceci découle d'un des grands principes du design : « **form follows function** », énoncé par Louis Sullivan en 1860. La première étape est d'effectuer une analyse fonctionnelle permettant d'extraire les invariants et leviers de chaque marqueur. La règle pour les spécifications identitaires sera alors la suivante : on peut jouer sur les leviers d'un objet sonore pour lui donner une identité, mais cela ne doit pas (ou ne peut pas) entrer en contradiction avec les invariants fonctionnels propres à cet objet sonore.

Cette analyse fonctionnelle repose sur deux expériences perceptives : l'expérience E2 que nous avons présentée dans le chapitre 7, et l'expérience E3 qui est une expérience d'identification des marqueurs. La section suivante présente la démarche d'analyse fonctionnelle que nous proposons. Les spécifications identitaires seront établies à partir d'outils créatifs. La méthode et les outils utilisés pour effectuer la transformation sémantique des valeurs de marque en attributs sonores feront l'objet de la dernière partie de ce chapitre.

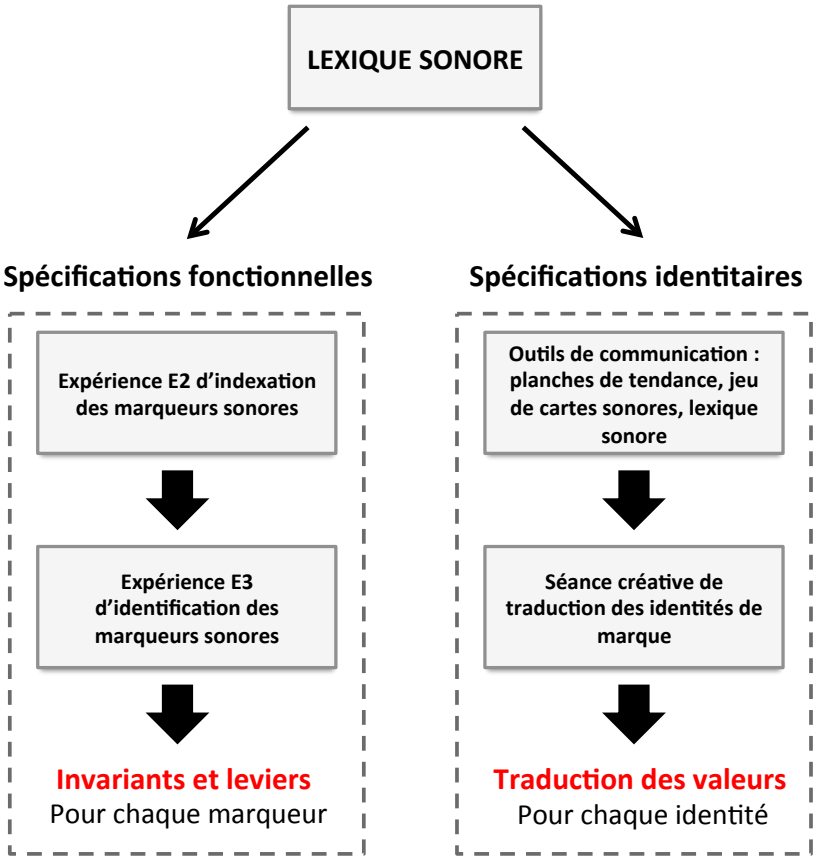


FIG. 8.2: Les spécifications identitaires et fonctionnelles sont exprimées à l'aide des mots du lexique. Deux méthodes de traduction sont utilisées : dans le cas des spécifications identitaires, la transformation sémantique sera effectuée à l'aide d'outils créatifs. Une analyse fonctionnelle reposant sur les expériences perceptives **E2** et **E3** sera privilégiée pour les spécifications fonctionnelles.

8.2 Spécifications fonctionnelles

Notre démarche d'analyse fonctionnelle repose sur une analyse de l'existant. L'idée est de s'appuyer sur les informations déjà disponibles dans notre environnement ainsi que les références culturelles ou conventions de notre société. Cela renvoie à la notion d'*affordance* (Norman 1999) : l'usage d'un nouvel objet sera d'autant plus intuitif que celui-ci présentera des analogies avec d'autres objets ou éléments naturels. La première étape consiste à effectuer un inventaire de sons représentatifs des marqueurs sonores que nous étudions. Nous avons anticipé cet inventaire lorsque nous avons mis en place l'**expérience E2** permettant de valider le lexique sonore. La constitution d'un corpus de 40 sons représentatifs de chacun des 6 marqueurs a été présentée dans la section 7.1.2 du chapitre 7 (page 113). Ces sons ont été indexés avec les mots du lexique par un panel de 20 participants entraînés lors de l'expérience E2. Nous rappelons ici un point important : la sélection des

sons a été réalisée par un petit nombre d'experts (constitué de l'équipe d'encadrement de nos travaux), avec une volonté d'explorer les possibilités de design sonore les plus larges possibles. Il est donc possible (et probable) que certains des sons appartenant aux sous-corpus définis par un marqueur ne soient pas perçus comme étant typiques de ce marqueur. Nous avons conduit une expérience d'identification, l'**expérience E3**, afin de déterminer dans quelle mesure les sons que nous avons sélectionnés sont bien attribués aux six marqueurs sonores de notre étude. Le croisement des données des expériences E2 et E3 permettra de déterminer les invariants, tendances et leviers de chacun des marqueurs sonores (voir figure 8.3)

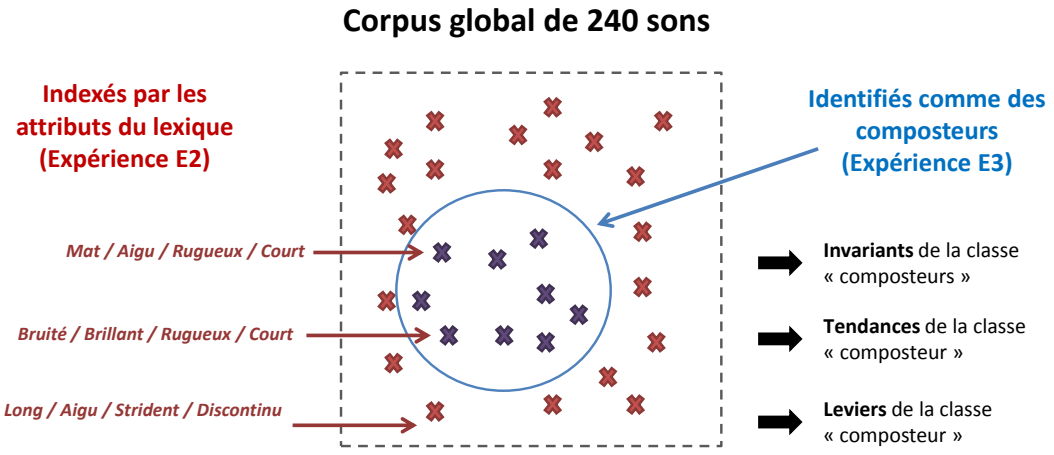


FIG. 8.3: Extraction des invariants et des leviers caractéristiques d'un objet sonore à partir des expériences E2 et E3.

8.2.1 Expérience E3 : identification des marqueurs sonores

L'objectif de cette expérience est d'étudier la reconnaissance des différents marqueurs sonores au sein du corpus que nous avons constitué. Les 240 sons qui ont été indexés par les mots du lexique lors de l'expérience E2 ont été soumis à un test d'identification à choix forcé sur un ensemble d'auditeurs non-entraînés. Les résultats de cette expérience seront mis en relation avec les descriptions verbales de chaque son afin de déterminer les invariants, tendances et leviers de chaque marqueur sonore (voir 8.3).

8.2.1.1 Stimuli

Les stimuli utilisés pour cette expérience sont les 240 sons constituant le corpus global utilisé pour l'expérience E2. Les 240 sons ont été générés numériquement par le logiciel MATLAB avec une résolution de 16 bits et un échantillonnage de 44,1 kHz. Les expériences se sont déroulées dans une cabine audiométrique IAC du laboratoire Perception et Design Sonores de l'Ircam.

8.2.1.2 Participants

24 auditeurs (13 femmes et 11 hommes, 20 à 45 ans) ont participé à l'expérience. Ils ont été recrutés à partir d'une base de données de volontaires[2] et ont été rémunérés pour leur participation. Les participants choisis étaient tous des usagers réguliers du train à grande vitesse : ce critère de sélection garantit que les auditeurs étaient familiers avec l'environnement des grandes gares SNCF. Aucun participant n'a déclaré présenter de troubles de l'audition.

8.2.1.3 Procédure

Les participants ont effectué une tâche de classification à choix forcé à six alternatives. Les six catégories ont été décrites aux participants au début de l'expérience à l'aide de pictogrammes et de descriptions verbales des marqueurs sonores (voir figure 8.4). Lors de l'expérience, les 240 sons du corpus étaient présentés successivement dans un ordre aléatoire sur une interface MATLAB. Les participants avaient pour consigne de choisir parmi les six catégories proposées celle que le son leur évoquait le plus. Ils avaient la possibilité de réécouter le son autant de fois qu'ils le souhaitaient, et avaient pour obligation de choisir l'une des six réponses proposées en cliquant sur l'image correspondante de l'interface. Avant le début de l'expérience, les participants ont écouté un extrait du corpus constitué de 30 sons tirés au sort parmi les 240. Cette étape leur a permis de se familiariser avec le type de sons à classer. Dans un second temps, les participants ont effectué la tâche de classification sur trois sons tirés au hasard en présence de l'expérimentateur, afin de s'assurer qu'ils avaient bien compris le fonctionnement de l'interface.

[2] http://www.risc.cnrs.fr/

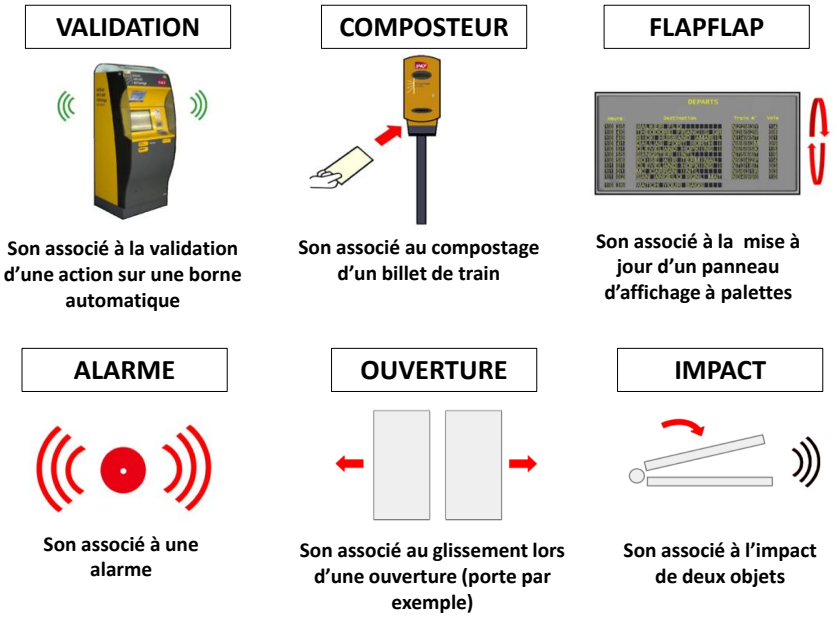


FIG. 8.4: Labels, définitions et pictogrammes associés aux six catégories proposées lors de l'expérience d'identification des marqueurs.

8.2.1.4 Résultats

Les résultats de l'expérience d'identification sont présentés sur la figure 8.5. L'abscisse correspond au seuil d'identification (en % de participants) au delà duquel un son est affecté à une classe donnée. L'ordonnée correspond au nombre de sons ayant été associés à chacune des classes pour un seuil d'identification donné. Par exemple, les sons ayant été identifiés par plus de 50 % des participants comme étant des *alarmes* sont au nombre de 47 (courbe bleu foncé) alors que pour les *impacts*, ces sons sont au nombre de 19 (courbe bleu ciel). Les données numériques sont présentées dans le tableau 8.1. Le premier constat est qu'aucun son n'a été associé par 100 % des participants à trois des six classes : *composteur*, *impact*, et *validation*. En revanche, 8 sons ont été identifiés comme des alarmes par 100 % des participants. Le choix d'un seuil optimal nécessite de faire un compromis entre la pertinence des sons retenus et leur nombre. Plus le seuil choisi est élevé, plus les sons retenus sont représentatifs des différentes classes, tout en étant moins nombreux. Par exemple, pour un seuil de 80 %, nous ne retenons que 2 sons de validation et 3 sons d'impact, ce qui limite l'interprétation de la présence ou absence des attributs les caractérisant. Dans la section suivante, nous avons choisi de fixer à 60 % le seuil d'identification d'un marqueur, ce qui permet de ne garder que les sons bien identifiés, mais qui garantit toutefois un minimum d'au moins 10 sons (9 pour les impacts). Nous présenterons dans la section 8.2.2.2 une méthode d'analyse complémentaire ne se limitant pas à ce seul choix de seuil.

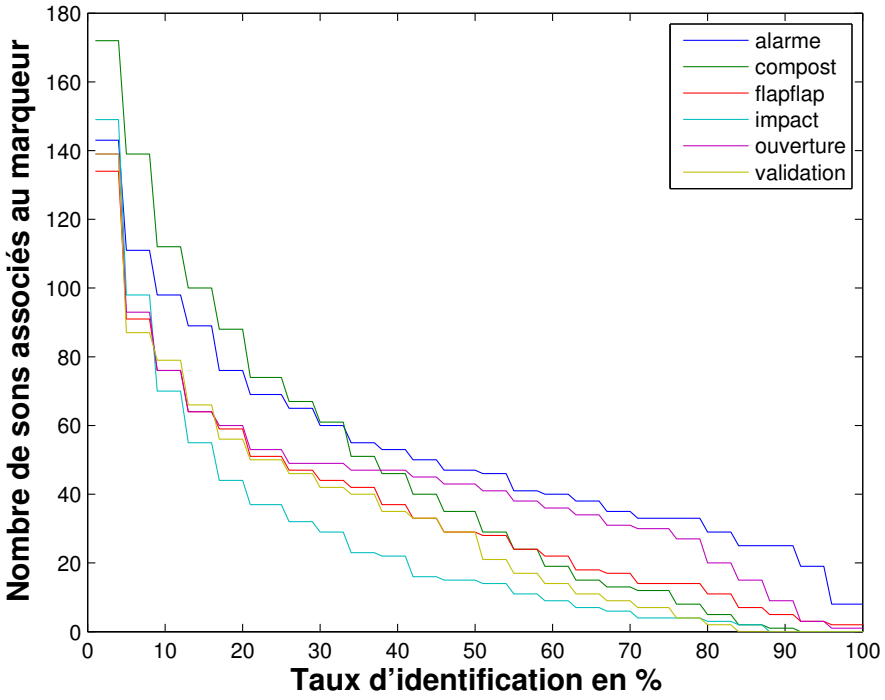


FIG. 8.5: Évolution du nombre de sons associés à une catégorie, en fonction du taux d'identification.

Seuil d'identification	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Alarme	143	98	76	60	53	47	40	35	29	25	8
Composteur	172	112	88	61	46	35	19	13	5	1	0
FlapFlap	134	76	59	44	37	29	22	17	11	5	2
Impact	149	70	44	29	22	15	9	6	3	0	0
Ouverture	139	76	60	49	47	43	36	31	20	9	1
Validation	139	79	56	42	35	29	14	9	2	0	0

TAB. 8.1: Nombre de sons affectés à chacune des six catégories en fonction du seuil d'identification choisi. Le seuil de 60 % a été retenu en tant que meilleur compromis.

8.2.2 Croisement des données des expériences E2 et E3

Dans un premier temps, nous avons cherché à visualiser les résultats obtenus à l'issue de l'expérience E3 sur la carte sensorielle du corpus que nous avons construite au chapitre 7 (voir § 7.4.2 page 129). La figure 8.6 présente la position des sons ayant obtenu un taux d'identification supérieur à 60 % lors de l'expérience d'identification (E3) sur la carte sensorielle. Quelle que soit la classe considérée, les sons jugés les plus caractéristiques des marqueurs sonores ne sont pas concentrés dans une zone réduite (par rapport aux sous-corpus d'origine) de l'espace sensoriel. Par exemple, les sons de validation bien identifiés comme tels sont répartis dans tout l'espace relatif au sous-corpus des 40 sons

d'origine. De plus, certains sons de la classe d'origine *composteur* ont été majoritairement associés au marqueur sonore *validation* lors de l'expérience E3. Pourtant, ces sons se situent près du barycentre de la classe d'origine « composteur ». Enfin, les sons associés aux marqueurs *flapflap* et *alarme* sont toujours situés dans des zones de l'espace qui se recouvrent. Ces résultats suggèrent l'existence de leviers de design : si les sons fortement associés à une classe possédaient tous exactement les mêmes propriétés, ils seraient nécessairement concentrés dans la même zone réduite de l'espace sensoriel, voire confondus. Nous observons le contraire : la dispersion des exemplaires de chaque marqueur persiste (voire augmente) lorsque l'on se restreint aux sons identifiés comme étant représentatifs de ces classes. Si cette forme de visualisation des données nous permet de positionner les classes les unes par rapport aux autres, elle ne nous permet pas d'analyser finement la variation des mots au sein de chaque catégorie de sons. Nous avons besoin pour ce faire d'une méthode d'analyse plus fine et plus spécifique. Nous proposons d'étudier les invariants, tendances et leviers de chaque marqueur sonore à l'aide de deux méthodes originales et complémentaires. Ces méthodes sont présentées dans les sections 8.2.2.1 et 8.2.2.2.

8.2.2.1 1ère méthode : ACP des données d'indexation

Une première idée est de réaliser une analyse des correspondances individuellement sur chaque classe de son. Une telle analyse permettrait d'observer la variation des attributs pour les différents exemplaires d'un marqueur sonore. Cependant, notre analyse fonctionnelle a pour objectif d'isoler les invariants relatifs aux marqueurs. L'analyse des correspondances, elle, permet uniquement de visualiser la variance. Nous proposons ici une méthode originale de visualisation des leviers et des invariants de chaque sous-corpus reposant sur l'analyse en composantes principales (ACP) de la matrice **[attributs x sons]** résultant de l'expérience E2 (indexation). Pour l'ACP, les lignes et les colonnes de la matrice de données ne jouent pas un rôle symétrique (contrairement au cas de l'analyse des correspondances). Dans notre cas, nous effectuerons l'ACP sur la transposée de la matrice de fréquence relative à chaque sous-corpus : les sons jouent alors le rôle de variables, et les attributs du lexique jouent le rôle d'individus. La représentation graphique des données après une telle transformation est présentée sur la figure 8.7 avec l'exemple des composteurs. Pour chaque marqueur, trois dimensions suffisent à expliquer 70 % de la variance au minimum (voir tableau 8.2), nous avons donc choisi de représenter uniquement ces trois premières dimensions. Les graphiques équivalents relatifs aux autres marqueurs sont présentés en annexe E de ce document.

Pour chaque marqueur, les données sont réparties au sein d'un cône dont l'axe correspond à la première dimension obtenue par ACP (i.e. celle qui explique le plus de variance). Afin

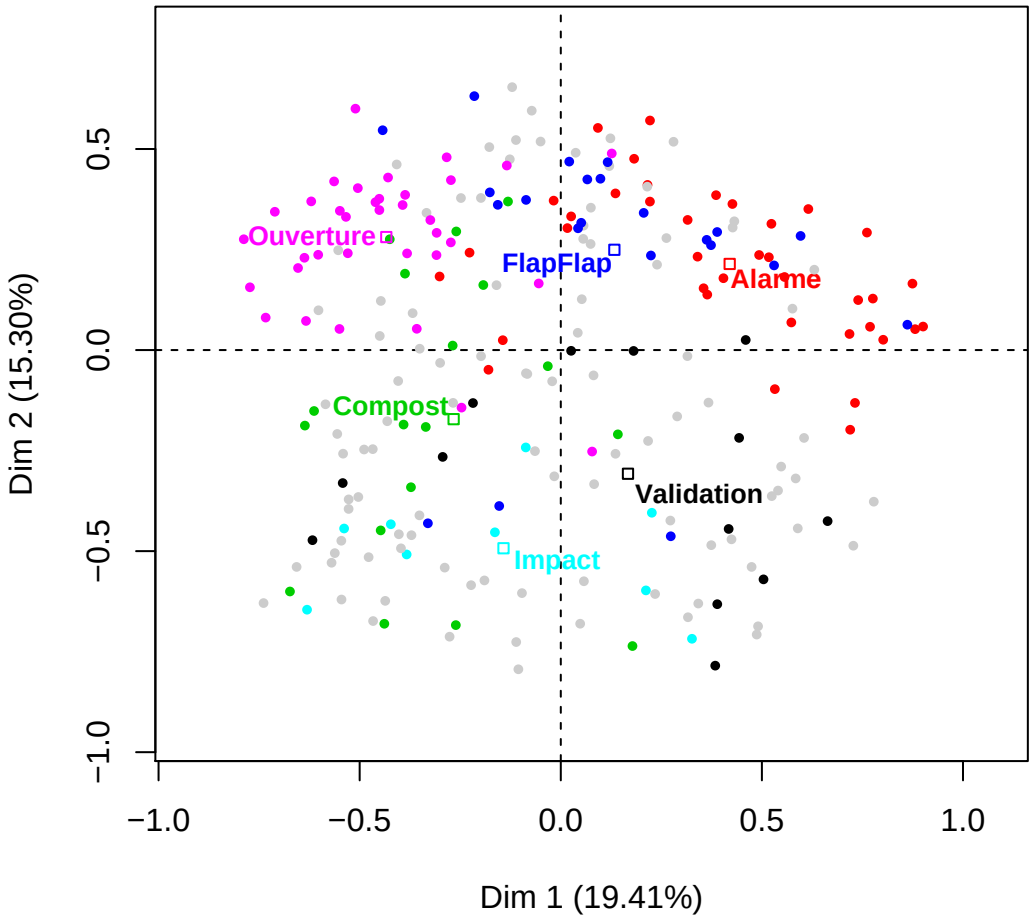


FIG. 8.6: Carte sensorielle de l'espace des 6 corpus de sons. Les sons identifiés à plus de 60% comme étant caractéristiques d'un marqueur sont indiqués en couleur.

de comprendre ce que représente cet espace, nous avons cherché à corréler la position des mots sur les dimensions observées avec les données d'indexation relatives à chacun de ces mots. Les résultats de ces corrélations pour le marqueur *composteur* sont présentés sur la figure 8.8 : la première dimension est très fortement corrélée ($R^2 = 0.988$) au nombre d'occurrences de sélection d'un attribut (c'est-à-dire le nombre de fois qu'il a été sélectionné au total pour l'ensemble des sons et pour l'ensemble des participants). La position d'un attribut sur cette première dimension permet ainsi d'évaluer la pertinence de cet attribut pour la description du marqueur. Puisque nous observons un cône, nous avons effectué la régression sur la distance à l'axe du cône plutôt que sur les dimensions 2 et 3 prises séparément. Cette distance à l'axe est corrélée ($R^2 = 0.67$) à la variance du niveau d'indexation des attributs au sein du sous-corpus. Ainsi, plus un attribut est situé près de l'axe du cône, plus son utilisation est uniforme dans la description des sons

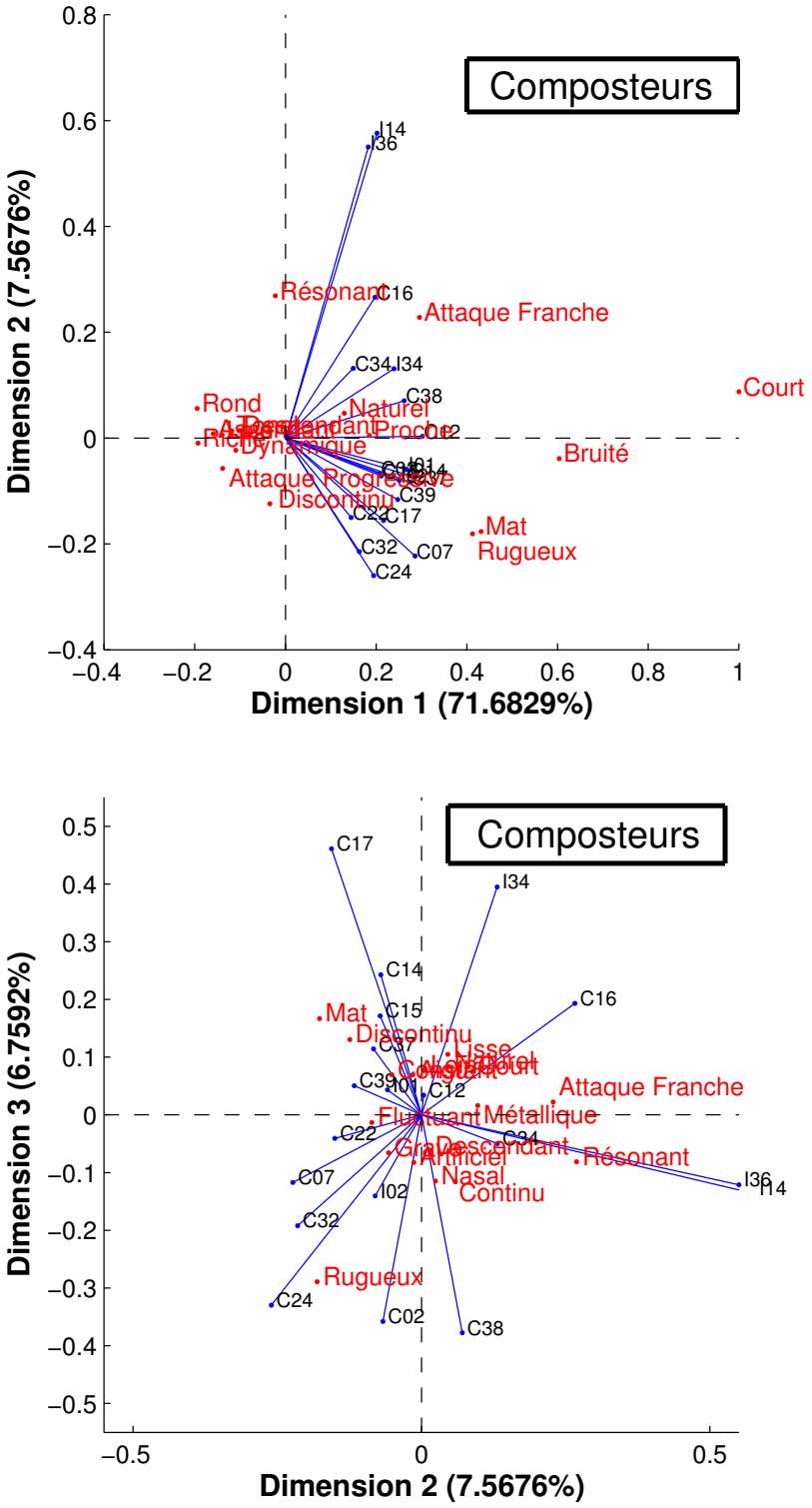


FIG. 8.7: Représentation graphique des résultats de l'ACP effectuée pour les sons associés par 60 % des participants à la classe *composteurs*. La figure du haut est une représentation selon les deux premières dimensions, la figure du bas est une représentation selon les dimensions 2 et 3. Les vecteurs bleus représentent les projections des vecteurs de l'espace d'origine (i.e. les sons) sur les dimensions de l'espace d'arrivée. Pour plus de clarté, les variables (attributs) très proches de l'origine ne sont pas représentées sur ces deux figures.

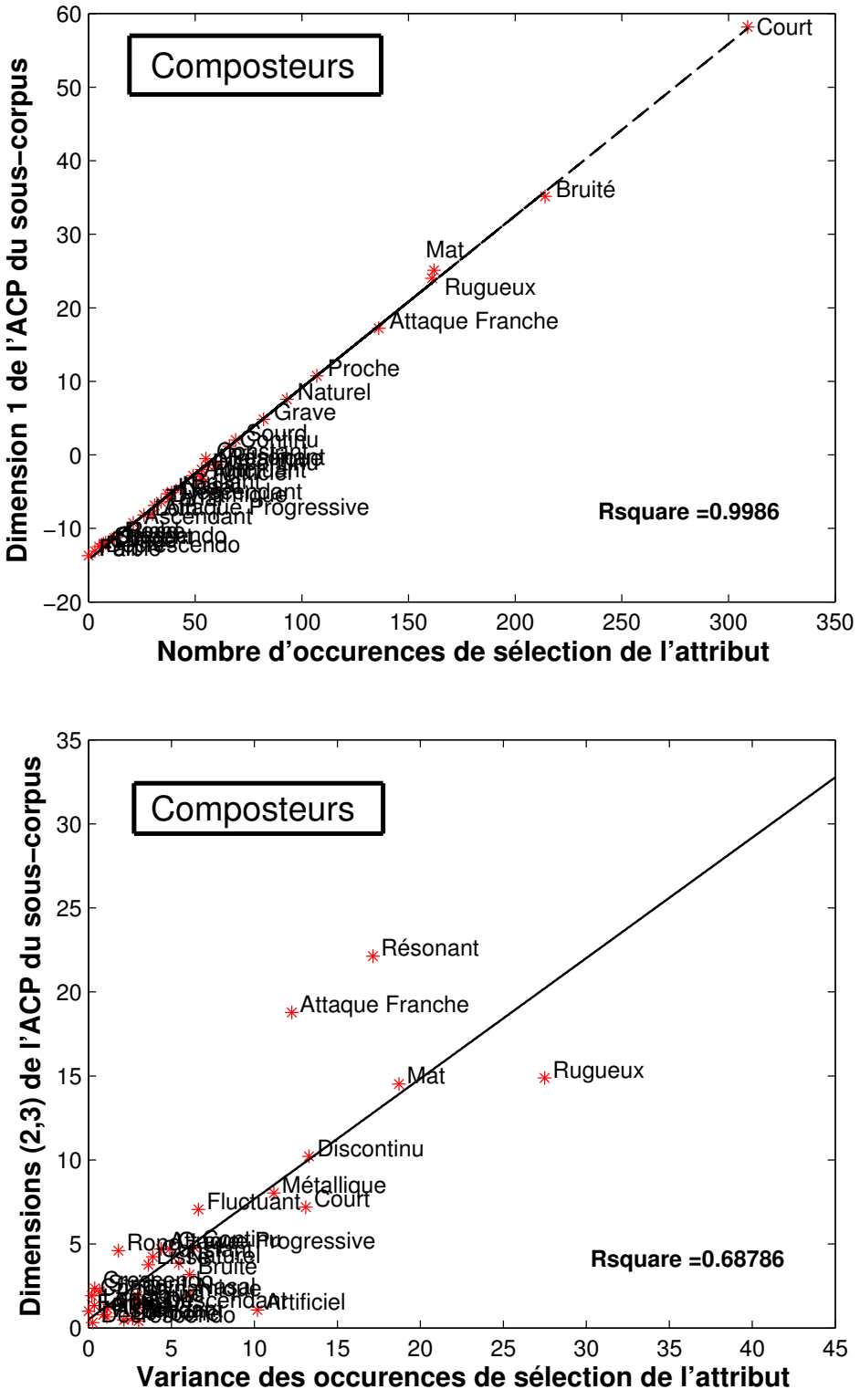


FIG. 8.8: Corrélation entre les dimensions de l'ACP effectuée sur le sous-corpus de *composteurs* et les indicateurs des données d'indexation. La dimension 1 (en haut) est parfaitement corrélée au niveau d'indexation des attributs alors que la distance à l'origine dans le plan des dimensions 2 et 3 (en bas) est corrélée à la variance du niveau d'indexation pour chaque attribut.

de la classe (cet attribut a un niveau de sélection uniforme pour tous les sons) : c'est un bon candidat pour être un *invariant*. Au contraire, un attribut placé loin de l'axe du cône a été utilisé de manière spécifique pour décrire certains sons du sous-corpus et pas d'autres : il y a donc des chances pour que ce soit un *levier*. Les tendances seront alors situées dans une zone intermédiaire. Les différentes zones que nous venons de décrire sont illustrées sur le schéma de la figure 8.9.

Marqueurs	Alarme	Composteur	FlapFlap	Impact	Ouverture	Validation
Dimension 1	45 %	60 %	52 %	66 %	68 %	55 %
Dimensions 1 et 2	60 %	69 %	65 %	76 %	75 %	66 %
Dimensions 1, 2 et 3	70 %	76 %	75 %	83 %	81 %	73 %
R^2 dimension 1	0.988	0.999	0.998	0.997	0.997	0.998
R^2 dimensions (2,3)	0.672	0.688	0.699	0.672	0.674	0.419

TAB. 8.2: Pourcentages de variance expliquée par les trois premières dimensions de l'ACP sur les sons, calculés pour chacun des sous-corpus.

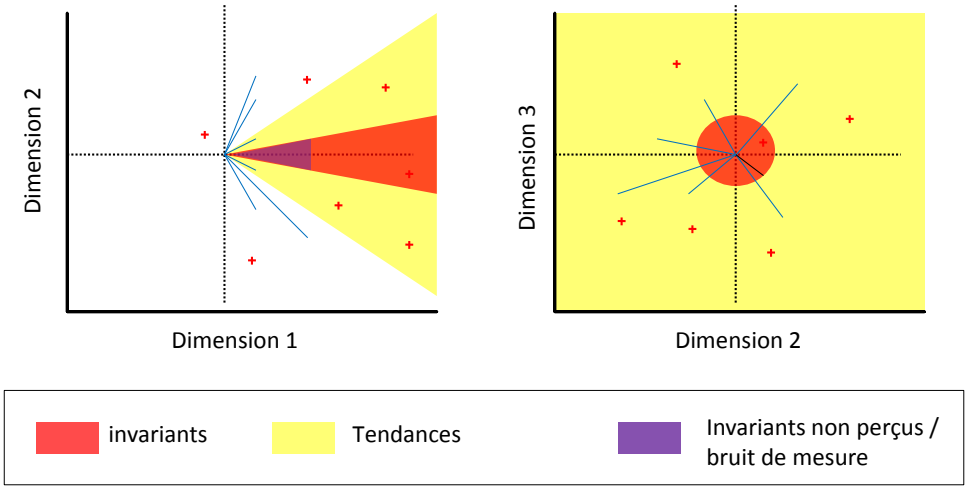


FIG. 8.9: Schéma présentant les différentes zones de l'espace obtenu par ACP, dans lesquelles sont susceptibles de se trouver les invariants et les tendances du corpus.

Nous avons tracé les espaces tridimensionnels obtenus par ACP sur les sons possédant un taux d'identification (expérience E3) supérieur à 60 %, pour chaque marqueur sonore. Nous avons déjà présenté l'espace relatif aux composteurs, les espaces relatifs aux autres marqueurs sont présentés dans l'annexe E de ce manuscrit. Pour chacun des marqueurs, le pourcentage de variance expliquée par les trois premières dimensions est présenté dans le tableau 8.2. Ce tableau indique également pour chaque marqueur les coefficients de

corrélation R^2 relatifs à la régression que nous avons présentée plus haut. Ces représentations permettent d'avoir une bonne idée des invariants et tendances de chaque marqueur. Nous n'avons toutefois pas de critère quantitatif permettant de déterminer une frontière précise entre les zones. Les mots les plus caractéristiques de chaque marqueur que nous avons extraits par cette méthode sont les suivants :

Alarme : Long, Aigu, Constant, Artificiel, Continu/Discontinu, Tonal, Strident
Composteur : Court, Bruité, Attaque Franche, Mat, Rugueux
FlapFlap : Bruité, Discontinu, Long, Constant, Rugueux
Impact : Court, Attaque Franche, Résonant, Métallique, Mat, Bruité, Sourd, Grave
Ouverture : Bruité, Attaque Progressive, Continu, Rugueux, Sourd, Grave, Naturel
Validation : Aigu, Court, Artificiel, Brillant, Lisse, Tonal, Franc

Les mots soulignés sont ceux dont la distance à l'axe est la plus faible. Ce sont les attributs qui sont les plus susceptibles d'être les invariants des marqueurs sonores de notre étude. Cependant, la simple visualisation du graphique ne nous permet pas de déterminer les invariants, tendances et leviers des différentes classes. Cela nécessiterait de fixer des critères quantitatifs, ce qui est d'autant plus compliqué que nous travaillons dans un espace relativement abstrait (dans lequel les attributs s'expriment en fonction des sons). L'ACP que nous proposons se prête très bien à la visualisation des données relatives à un corpus ; en particulier, elle permet d'identifier rapidement les attributs prépondérants dans la description des sons de ce corpus, et de conjecturer s'ils sont des invariants ou non. Dans la section suivante, nous présentons une méthode d'analyse complémentaire permettant de déterminer avec plus de précision si un attribut est un invariant ou non.

8.2.2.2 2ème méthode : Représentation des traits en fonction du seuil d'identification

L'ACP permet d'avoir une vue d'ensemble des données d'indexation relatives à un ensemble de sons défini. Dans la section précédente, nous avons fixé un seuil d'identification (60 %) afin de définir des corpus réduits caractéristiques des marqueurs que nous étudions. Dans cette section, nous proposons une analyse complémentaire ne nécessitant pas de définir un seuil d'identification. Nous proposons d'observer l'évolution des caractéristiques des marqueurs en fonction du taux d'identification. En revanche, nous avons besoin de simplifier les données d'indexation : nous travaillerons avec les données binarisées avec un seuil de 25 % (voir chapitre 7, § 7.4.4 page 137). Pour un marqueur sonore donné, nous proposons de tracer l'évolution de la présence des attributs sonores

en fonction du taux d'identification. Afin de rendre le graphe lisible, nous proposons de tracer uniquement les attributs prépondérants, c'est-à-dire ceux qui sont susceptibles d'être des invariants. Ces attributs ont été listés pour chaque marqueur dans la section précédente. Les courbes obtenues sont présentées sur la figure 8.10 pour l'exemple des sons de composteur. L'abscisse de ce graphique correspond au seuil d'identification appliqué aux données de l'expérience E3. L'ordonnée correspond au pourcentage de sons (parmi ceux dont le taux d'identification est supérieur au seuil) exprimant l'attribut étudié. Par exemple, si l'on considère les sons identifiés comme des composteurs par plus de la moitié des participants de l'expérience E3, 60 % d'entre eux ont une *attaque franche*, 67 % sont *rugueux*, 74 % sont *mats*, 97 % sont *courts* et 100 % sont *bruités*. Ce graphe permet d'évaluer la typicité de chacun des attributs : plus le taux d'identification est élevé, plus on se déplace vers une description prototypique du marqueur. Un attribut s'exprimant dans 100 % des sons associés au marqueur sera alors un *invariant* s'il atteint cette valeur à partir d'un taux d'identification faible. S'il atteint cette valeur à partir d'un taux d'identification très élevé, ce sera une *tendance*, mais pas un invariant. Enfin, un attribut ayant un pourcentage de présence non nul mais inférieur à 100 % pour les sons bien identifiés sera un *levier*. Par exemple pour les composteurs (figure 8.10), les attributs *bruité* et *court* sont présents chez 100 % des exemplaires de composteurs pour des taux d'identification de 46 % et 58 % respectivement. Ce sont des invariants de la classe composteurs. Les autres attributs (*attaque franche*, *mat* et *rugueux*) ont un taux de présence élevé mais inférieur à 100 %, pour des taux d'identification allant jusqu'à 75 %. Pour des taux d'identification plus élevés, leur taux de présence atteint 100 %. Ce sont des tendances du marqueur *composteur*. La figure 8.11 présente le même graphe réalisé pour le marqueur *alarme*. Les courbes correspondant aux attributs *long* et *constant* atteignent un taux de présence de 100 % lorsque le taux d'identification est de 100 % (ce qui correspond à un corpus de 8 sons, cf. tableau 8.1), mais pas pour des valeurs plus faibles de ce taux. Ce sont donc des tendances des alarmes. Les autres attributs ont un taux de présence compris entre 37 % (pour le mot *continu*) et 87 % (pour les mots *discontinu* et *tonal*), ce sont donc des leviers. Il n'y a pas d'invariants pour le marqueur *alarme*.

La figure 8.11 permet d'observer une asymétrie dans la présence/absence de termes opposés. Par exemple, pour les alarmes, la somme du taux de présence de l'attribut *continu* et de celui de l'attribut *discontinu* est supérieure à 100. Il y a donc des sons qui ont été caractérisés à la fois par ces deux termes pourtant opposés. Le choix d'un seuil de binarisation bas (25 %) rend cela possible. Ceci témoigne d'une limite supplémentaire de notre méthodologie. Les frontières pour certains attributs du lexique ne sont pas claires, malgré l'effort de recherche que nous avons mené pour définir et illustrer l'ensemble des termes. Dans le cas des alarmes, notre corpus est constitué d'exemplaires rappelant les

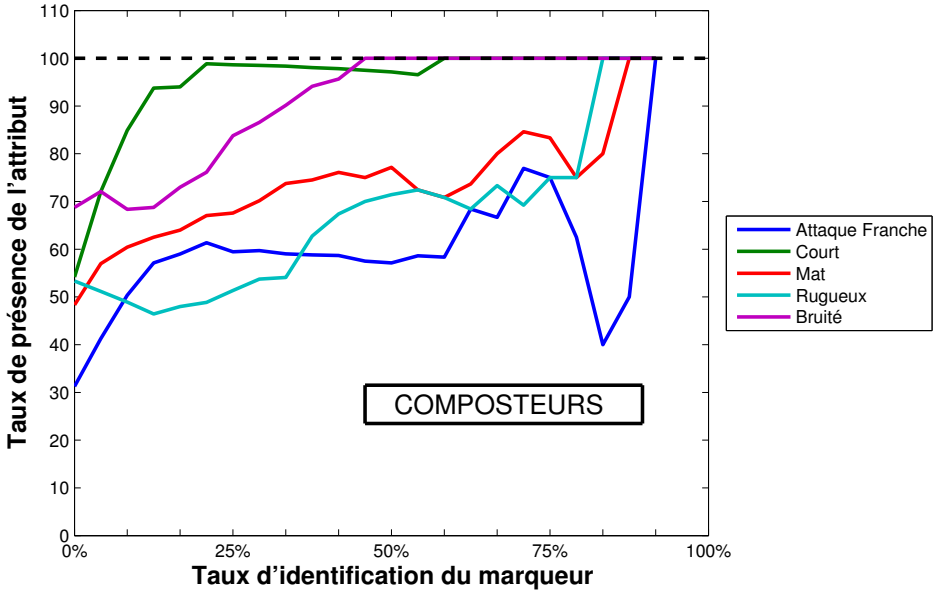


FIG. 8.10: Évolution du taux de présence des attributs au sein du corpus de sons de composteurs, en fonction du taux d'identification du marqueur. Les attributs dont les courbes atteignent rapidement le plafond de 100 % (court, bruité) sont les invariants de la classe. Ceux dont les courbes l'atteignent tardivement (mat, rugueux, bruité) sont des tendances. Les autres attributs sont des leviers. Dans le cas des composteurs, aucun des mots présentés sur cette figure ne rentre dans la catégorie des leviers.

sonneries de téléphone ou de cour de récréation. La limite entre *continuité*, *discontinuité* et *rugosité* devient délicate dans de tels cas, et les critères de décision des auditeurs ne sont pas maîtrisés. Une solution est de choisir un seuil de binarisation égal à 51 % (majority vote), afin de gagner en précision (au détriment de la quantité d'informations). Dans ce cas, il pourrait être intéressant de mener l'expérience d'indexation en sélectionnant dès le début des participants experts dans le domaine du son.

8.2.3 Tableau de spécifications

Ces analyses nous ont permis de dégager un tableau (voir tableau 8.3) recensant les attributs caractéristiques de chaque marqueur issus de notre analyse de l'existant. Nous avons indiqué les invariants et les tendances de chaque marqueur sonore ainsi que les leviers que nous avons mis en évidence. Ce tableau constitue les **spécifications fonctionnelles** de chacun des marqueurs sonores pour la phase de création. Ce tableau de synthèse a été communiqué à l'agence LAPS au début de la phase de création sonore[3]. D'autres termes sont susceptibles d'être des leviers : il suffit par exemple qu'un seul des exemplaires d'un

[3]La version du tableau fournie à LAPS était légèrement différente de celle que nous présentons ici. En effet, nous avons affiné notre méthodologie de détermination des invariants et leviers après le début de la phase de création. La version du tableau que nous avons communiquée à LAPS se trouve en annexe E.4.

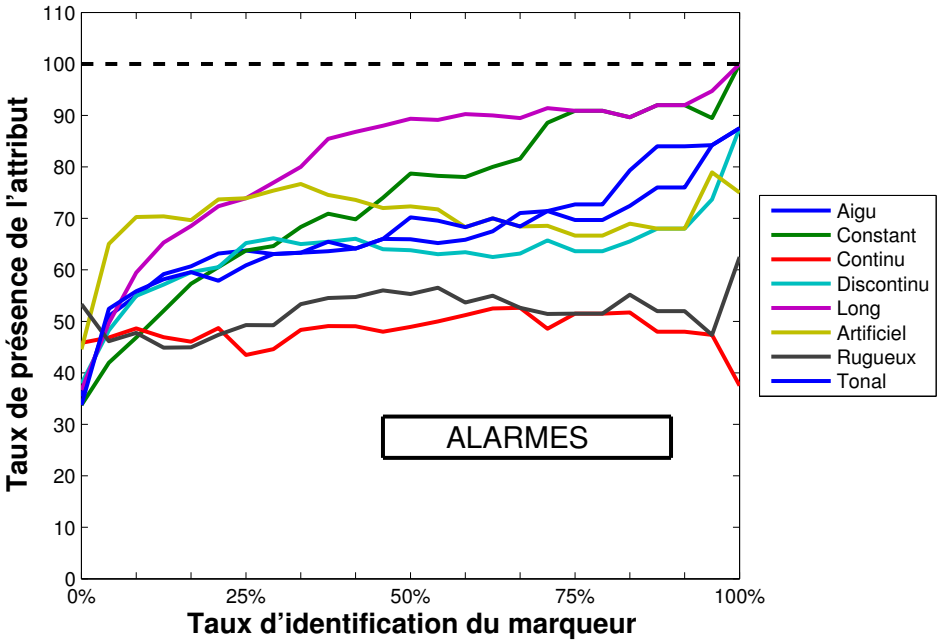


FIG. 8.11: Évolution du taux de présence des attributs au sein du corpus de sons d'alarmes, en fonction du taux d'identification du marqueur. Les attributs dont les courbes atteignent rapidement le plafond de 100 % sont les invariants de la classe, ceux dont les courbes l'atteignent tardivement (long, constant) sont des tendances. Les autres attributs sont des leviers. Dans le cas des alarmes, aucun des mots présentés sur cette figure ne rentre dans la catégorie des invariants.

corpus possède un attribut pour considérer l'attribut en question comme un levier de design. De plus, notre inventaire se limite à 40 sons pour chaque marqueur ; il peut exister pour un marqueur des leviers que nous n'observons pas dans cette sélection. Nous ne présentons dans ce tableau que les leviers que nous avons isolés à la suite de l'analyse fonctionnelle.

Marqueurs	Alarme	Composteur	Flap-Flap	Impact	Ouverture	Validation
Invariants	-	Court Bruité	Discontinu Bruité	Court Franc	Bruité	Court
Traits	Long Constant Franc	Mat Rugueux	Long Constant Rugueux Mat	Sourd Grave Bruité	Continu Rugueux Progressif Grave Sourd	Aigu Brillant Tonal Lisse
Leviers	Aigu Continu Discontinu Artificiel Rugueux Tonal	-	Proche Fluctuant	Mat Résonant	-	Artificiel

TAB. 8.3: Tableau récapitulatif des spécifications fonctionnelles pour chacun des six marqueurs sonores

8.2.4 Discussion

Nous avons choisi d'établir les spécifications fonctionnelles pour le design des six marqueurs à partir d'une analyse de l'existant. Ce choix peut paraître contraignant : pourquoi se limiter à ce qui existe déjà alors que l'on cherche à créer un nouveau son ? Une autre approche consisterait à réinventer totalement le son, en se plaçant en rupture de ce qui existe aujourd'hui. Nous rappelons cependant que nos travaux de recherche portent sur la question de l'identité sonore. Nous avons choisi de conserver les fonctions telles qu'elles existent aujourd'hui pour que le travail de design sonore se concentre sur l'identité. L'inventaire de 240 sons que nous avons réalisé nous a servi de base pour l'étude perceptive de chacun des marqueurs sonores. L'analyse fonctionnelle que nous avons proposée permet, à partir des données d'indexation de cette base, de dégager les invariants, tendances et leviers de chaque objet. Nous obtenons ainsi des portraits de chaque marqueur (tableau 8.3) plus précis que ce que l'on pouvait visualiser sur la carte de l'espace sensoriel (figure 7.4.2 du chapitre 7). En particulier, certains attributs invariants (comme le mot *court*

pour la classe *composteur*) sont situés relativement loin du barycentre de la classe correspondante dans l'espace sensoriel. Ces attributs ne sont pas exclusivement liés à une classe, mais des exemplaires de sons d'autres classes peuvent les exprimer. L'exemple de l'attribut *court* est intéressant : il est invariant de la classe des composteurs et de celle des impacts, et c'est une tendance des validations. L'analyse des correspondances tient compte de toutes les relations entre sons et mots pour générer un espace de visualisation optimal. L'analyse fonctionnelle que nous proposons permet de rentrer dans le détail des relations entre attributs et classes de sons. Un autre résultat étonnant est l'absence d'invariants pour la catégorie des alarmes. Cette classe est celle dont les exemplaires identifiés (expérience E3) sont les plus nombreux. Pourtant, il n'y a pas d'attributs communs à tous les exemplaires de cette classe. Ce phénomène n'est pas sans rappeler les propos de Wittgenstein (Wittgenstein 1953) lorsqu'il démontre qu'il n'y a pas de traits communs à *tous* les exemplaires de ce que l'on nomme « jeux », mais que les membres de cette famille sont apparentés et partagent certains traits et pas d'autres, formant ainsi un réseau d'associations complexe[4]. Nous avons des alarmes *courtes*, d'autres *longues*, la plupart sont *aiguës* mais certaines ne le sont pas ; certaines sont *artificielles* et *discontinues*, alors que d'autres sont *continues* et *naturelles*. Nos recherches ne sont pas focalisées sur les alarmes (qui dans le domaine du son constituent un sujet de recherche à part entière) mais le lexique sonore et l'analyse que nous avons faite peuvent constituer des outils pour explorer les différentes propriétés de cette classe de sons. Nous n'avons pas isolé d'invariants pour ce marqueur, mais il serait pertinent d'étudier des sous-catégories de la famille d'alarmes (par exemple, en fonction du degré d'urgence perçu). L'analyse fonctionnelle que nous avons proposée peut s'appliquer à n'importe quel ensemble de sons, et permettrait donc d'extraire les invariants relatifs à ces sous-catégories, s'ils existent.

Notre approche reste fortement dépendante de la constitution de l'inventaire de sons, et surtout de sa caractérisation par les attributs du lexique (et donc du lexique lui-même). Notre méthodologie d'analyse fonctionnelle est exploratoire et les idées d'invariants, de tendances et de leviers mériteraient de plus amples investigations. Dans notre cas pratique, cette méthodologie a néanmoins permis d'extraire pour chaque objet une liste de termes du lexique caractérisant la fonction ou la nature de l'objet. Le design sonore des marqueurs de notre étude s'appuiera sur ces caractéristiques.

[4] *« Considérons par exemple les processus que nous nommons les « jeux ». J'entends les jeux de dames et d'échecs, de cartes, de balle, les compétitions sportives. Qu'est-ce qui leur est commun à tous ? — Ne dites pas : Il faut que quelque chose leur soit commun, autrement ils ne se nommeraient pas « jeux » — mais voyez d'abord si quelque chose leur est commun. [...] Voyez, par exemple, les jeux sur damiers avec leurs multiples affinités. Puis passez aux jeux de cartes : ici vous trouverez beaucoup de correspondances avec la classe précédente, beaucoup de traits communs disparaissent, tandis que d'autres apparaissent. Si dès lors nous passons aux jeux de balle, il reste encore quelque chose de commun, mais beaucoup se perd. — Tous ces jeux sont-ils « divertissants » ? Comparez les échecs et la marelle [...]. Songez maintenant aux jeux de rondes : ici, il y a l'élément du divertissement, mais combien d'autres caractéristiques ont disparu ! Et ainsi nous pouvons parcourir beaucoup d'autres groupes de jeux ; voir surgir et disparaître des analogies. »* (Wittgenstein 1953)

8.3 Spécifications identitaires

La démarche que nous proposons pour traduire les valeurs identitaires de la marque en termes sonores repose sur des outils créatifs. Dans le chapitre 2, nous avons présenté plusieurs types d'outils couramment utilisés pour traduire des intentions en design et en communication (voir chapitre 2, § 2.1.4 page 26). Nous proposons d'établir les spécifications identitaires lors d'une séance créative faisant intervenir les différents acteurs du processus de design sonore. Dans notre cas, il s'agira de responsables marketing et communication de SNCF, des designers sonores réalisant les identités, ainsi que de l'équipe d'encadrement de nos travaux de recherche. Dans cette section, nous présentons trois outils permettant de faciliter l'interaction entre les différents participants de cette séance créative. Nous avons mis en œuvre notre démarche en l'appliquant à la traduction de cinq identités de marque en termes sonores. Nous présenterons le déroulement et les résultats de cette application dans un deuxième temps. La première des cinq identités de marque sur lesquelles nous avons travaillé est l'identité de la marque SNCF. Les quatre autres identités sont fictives : elles ont été construites en combinant certaines des valeurs SNCF avec d'autres valeurs de marque : *masculin*, *luxueux*, *authentique*, *rebelle*, *sensuel*, et *smart*. Les travaux d'Aaker (1997) sur la personnalité de marque on servi d'inspiration pour le choix de ces valeurs supplémentaires. Les cinq identités de marque et leurs valeurs caractéristiques sont présentées ci-dessous :

- ☐ **Identité 1 (SNCF) :** Simple/Direct, Bienveillant, Performant, Inventif, De Confiance
- ☐ **Identité 2 :** Masculin, Smart, Inventif, Performant
- ☐ **Identité 3 :** Rebelle, Inventif, Direct/Simple
- ☐ **Identité 4 :** Luxueux, Authentique, Bienveillant, De Confiance
- ☐ **Identité 5 :** Sensuel, Rebelle, Bienveillant

8.3.1 Outils supports

Nous proposons trois outils conçus pour faciliter l'opération de transformation sémantique des valeurs de l'identité de marque en directions de design pour l'identité sonore. Ces outils servent de support à une séance créative au cours de laquelle des experts de différents domaines sont présents. Le schéma de la figure 8.12 présente ces trois outils. Premièrement, des planches de tendances représentatives des valeurs de la marque sont utilisées pour communiquer l'identité de marque à l'aide de définitions, images et mots clefs. Le jeu de cartes sonores est un outil intermédiaire permettant de manipuler à la fois les éléments de langage de l'identité de marque, et les termes du lexique sonore. Enfin,

l'interface de présentation du lexique sonore permet d'expliciter les éléments du langage sonore via l'écoute d'exemples de références.

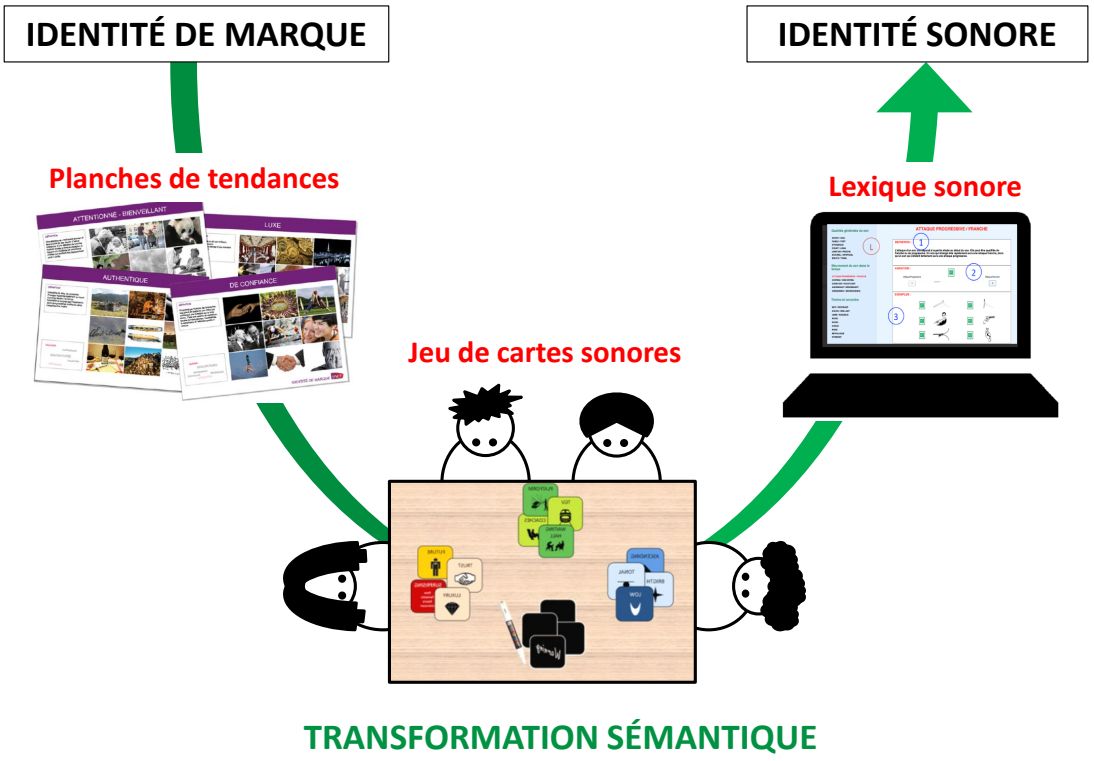


FIG. 8.12: Schéma présentant les différents outils proposés pour effectuer la transformation sémantique de l'identité de marque vers des directions de design de l'identité sonore. Les planches de tendance permettent de mieux communiquer les intentions identitaires en explicitant les différentes valeurs de la marque à l'aide d'images et de mots-clefs. Le lexique sonore permet de découvrir et d'écouter les attributs du son sur lesquels on peut jouer pour exprimer l'identité. Le jeu de cartes sonores permet aux participants de proposer et discuter des associations entre les deux langages. Il joue le rôle d'intermédiaire entre les deux autres outils.

Planches de tendances : Chacune des 11 valeurs de marque (5 valeurs SNCF et 6 valeurs complémentaires) a été explicitée à l'aide de planche de tendances constituées d'une définition, de neuf images ainsi que d'un ensemble de mots-clefs associés au trait (voir figure 8.13). Ces planches ont été créés spécifiquement par Caroline Guérin, designer travaillant à la direction Innovation & Recherche de SNCF, à partir de séances de brainstorming collectives ainsi que de documents internes relatifs à l'identité de marque. Les 11 planches de tendance ainsi conçues ont été imprimées en format A4 afin de pouvoir être manipulées par les différents acteurs de la séance créative. Ces planches se trouvent en annexe F



FIG. 8.13: Aperçu des planches de tendances associées aux valeurs de marque représentatives de la quatrième identité : (*luxueux, authentique, bienveillant, de confiance*). Chaque planche est constituée d'un encart donnant une définition de la valeur de marque (en haut à gauche), d'une série de 9 images illustrant cette valeur, ainsi que d'un ensemble de mots-clefs associés à cette valeur (en bas à gauche).

Interfaces liées au lexique sonore : Les termes du lexique constituent le langage avec lequel sont exprimées les spécifications pour la phase de création sonore. L'interface que nous avons présentée dans le chapitre 6 (voir § 6.4.1 page 100) permet d'explorer l'ensemble des termes du lexique et d'avoir une idée des propriétés du son qu'ils représentent en écoutant les différentes illustrations sonores. Une seconde interface permettant d'écouter les sons du corpus utilisé pour les expériences 2 et 3 a été développée sous MATLAB. Elle permet de parcourir la liste des 240 sons (identifiés par leurs labels et leurs numéros) et de les jouer via MATLAB. Un moteur de recherche permettant de filtrer la liste des sons en fonction de la présence ou l'absence d'un attribut donné est inclus dans l'interface. La figure 8.14 présente une capture d'écran de cette interface. Ses intérêts sont multiples : premièrement, elle permet d'enrichir les illustrations sonores du lexique en donnant la possibilité d'écouter des exemplaires de nos marqueurs sonores possédant une caractéristique donnée. Par exemple, lorsque l'on considère l'attribut *rugueux*, on peut chercher à écouter des exemples d'alarmes rugueuses et d'alarmes non-rugueuses, des exemples d'ouverture rugueuses, etc... Deuxièmement, elle permet de combiner plusieurs attributs. On peut par exemple chercher à entendre la combinaisons d'attributs « *discontinu, long, bruité et non constant* » (à condition qu'elle existe au sein du corpus). Nous avons choisi d'utiliser les données d'indexation binarisées en conjonction avec cette

interface lors de la séance créative.

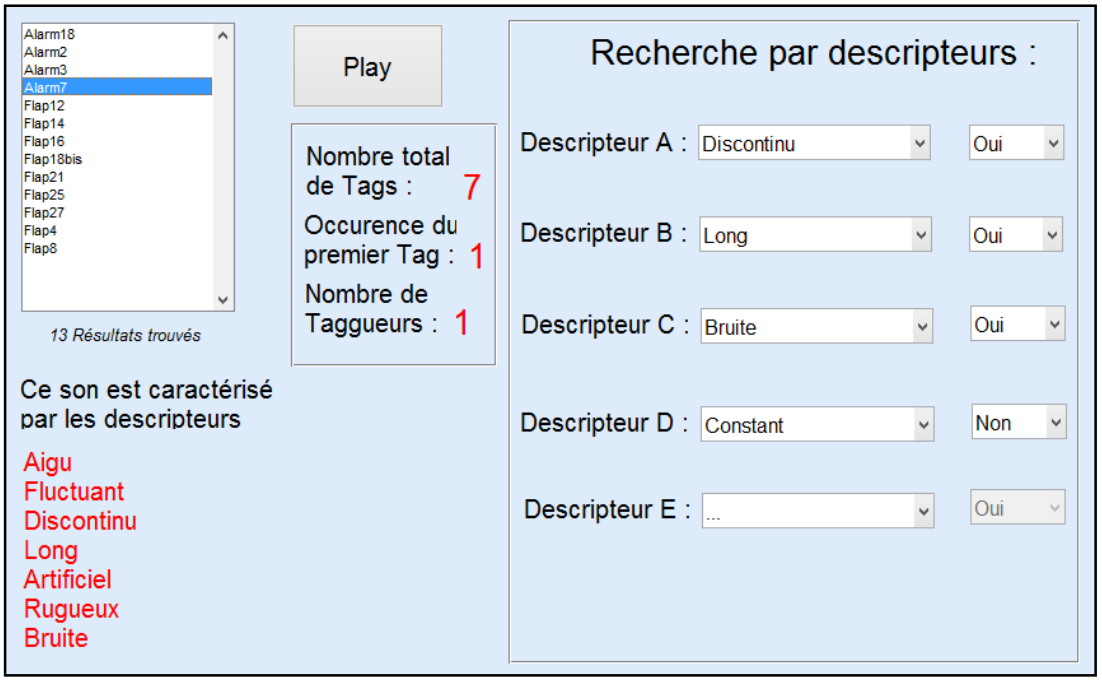


FIG. 8.14: Capture d'écran de l'interface de recherche par attributs. La module de recherche à droite de l'écran permet de filtrer la liste des sons du corpus (à gauche) en fonction de la présence ou de l'absence d'un ou plusieurs attributs. Parmi les 240 sons du corpus, il y en a 13 (4 alarmes et 9 flapflaps) qui possèdent les propriétés « *discontinu, long, bruité et non constant* » (pour un seuil de binarisation de 25 %). Le portrait d'un son sélectionné s'affiche en bas à gauche de l'écran. Le bouton PLAY (ou la touche « entrée ») permet de jouer les sons.

Jeu de cartes sonores : Afin de faciliter la discussion et l'interaction entre les participants lors de la séance de définition des identités sonores, un outil de communication a été construit à partir des 35 termes du lexique sonore et des valeurs des 5 marques concernées. Ce jeu de cartes est inspiré des *kanseï cards* (Gentner *et al.* 2013) et du *sound design deck* (Alves et Roque 2011). Il est constitué de 35 cartes représentatives des 35 termes du lexique, de 11 cartes représentatives des traits identitaires ainsi que de 17 cartes représentatives des différents environnements de la marque (quais, halls de gares, TGV...). Cette dernière catégorie n'a pas été utilisée pour nos travaux, mais a été créée conjointement aux deux autres pour de futures utilisations de l'outil. Des cartes vierges viennent compléter l'outil. L'objectif de ce jeu de cartes est de matérialiser les idées d'associations entre valeurs de marque et mots du lexique. Le jeu de cartes a été créé spécifiquement par Thomas Rotureau et Caroline Guérin, designers travaillant à la direction Innovation & Recherche de SNCF. Les illustrations, couleurs et pictogrammes ont été choisis à partir de séances de brainstorming collectives, de documents internes

relatifs à l'identité de marque SNCF et des verbalisations recueillies auprès des experts du son lors de l'enquête que nous avons présentée au chapitre 6 (voir § 6.3, page 96).



FIG. 8.15: Photographie du jeu de cartes sonore (à gauche) et détail recto/verso de la carte correspondant à l'attribut sonore *brillant* (à droite).

8.3.2 Déroulement de la séance créative

Pour réaliser les 30 sons correspondant aux 5 identités sonores déclinées sur les 6 marqueurs sonores, SNCF a fait appel à l'agence de design sonore LAPS[5]. La création sonore a été confiée aux designers sonores Ludovic Germain et Romain Barthélémy. La séance de traduction des valeurs de marque en termes du lexique a joué le rôle de brief pour le processus de design sonore. Elle s'est déroulée en trois temps. Dans un premier temps, le contexte et les enjeux de nos travaux de recherche ont été rappelés à l'ensemble des participants (un chef de projet SNCF, un responsable communication SNCF, un designer SNCF, deux designers sonores de l'agence LAPS, trois chercheurs de l'Ircam). Les outils supports de la séance ont été présentés en détail. Les 35 cartes associées aux 35 mots du lexique sonore ont alors été distribuées à l'ensemble des participants. Pour s'entraîner à l'association « mot-son-valeur » grâce aux cartes, nous avons choisi certains termes issus du site internet SNCF décrivant l'identité musicale de la marque. Nous avons demandé aux différents participants d'associer des mots du lexique sonore à ces termes en utilisant les cartes mises à leur disposition. Durant cette phase, pour chacune des cartes posées sur la table de réunion, une projection de l'interface du lexique sonore sur un grand écran permettait de lire la définition et d'écouter les exemples sonores associés. Cette première partie de la séance a duré environ une heure. Dans un second temps, les planches de tendance, le jeu de cartes et le lexique sonore ont été utilisés pour traduire chacune des valeurs de marque SNCF en termes sonores. Une troisième partie de la séance a été consacrée à la traduction des six valeurs complémentaires constitutives des autres marques fictives. Ces deux dernières étapes ont duré deux heures au total. Des

[5] www.laps-design.com

photographies prises lors de cette séance et montrant les différents outils utilisés sont présentées sur la figure 8.16.



FIG. 8.16: Photographies prises lors de la séance de brief. Le lexique sonore se trouve en support de la discussion, sur l'écran de télévision (photo de gauche). Le jeu de cartes sonores est utilisé par les différents acteurs de la démarche pour traduire les traits identitaires en attributs du lexique sonore (photo de droite).

8.3.3 Tableaux de spécifications identitaires

A l'issue de cette séance, nous avons obtenu une liste de termes sonores correspondant à chacune des 11 valeurs de marque sur lesquelles nous avons choisi de travailler. Les termes sonores ainsi obtenus constituent les spécifications identitaires pour la création des identités. Elles sont présentées dans les tableaux 8.4 et 8.5. Six termes n'appartenant pas au lexique sonore ont été associés à certaines valeurs : « *Chuchotement* », « *Harmonieux* », « *Feutré* », « *Fractal* », « *Riche Qualitatif* » et « *Bois-Minéral* ». Ces termes ont été proposés par les designers sonores lors de la séance créative et inscrits sur des cartes vierges du jeu de cartes. Les valeurs identitaires correspondant à la marque SNCF (tableau 8.4) ont été plus difficiles à traduire. Les attributs associés à ces valeurs sont peu nombreux (un à quatre attributs pour chaque valeur). Ils concernent principalement la morphologie des sons (attaque, durée, profil...) et très peu les aspects liés au timbre (seuls *chaud* et *rond* relatifs à la valeur *bienveillant* concernent le timbre des sons). En revanche, la traduction des six valeurs complémentaires a été plus prolifique : quatre à six attributs (décrivant autant la morphologie que le timbre) ont été associés à chacune de ces valeurs. Ces tableaux de synthèse ont été communiqués à l'agence LAPS au début de la phase de création sonore.

Direct/Simple	**De Confiance**	**Performant**	**Inventif**	**Bienveillant**
Attaque Franche	Mat	Fluctuant	Fluctuant	Proche
	Court	Dynamique	Dynamique	Chaud
				Rond
				Attaque Progressive

Tab. 8.4: Correspondance entre les valeurs de la marque SNCF et les termes du lexique sonore, obtenue à l'issue de la séance créative.

Masculin	**Smart**	**Luxe**	**Rebelle**	**Sensualité**	**Authentique**
Mat	Artificiel	Brillant	Dynamique	Proche	Naturel
Métallique	Bruité	Grave	Bruité	Chuchotement	Continu
Attaque	Fractal	Mat	Fluctuant	Riche	Chaud
franche	Rugueux	Feutré	Discontinu	Tonal	Riche qualitatif
Crescendo				Harmonieux	Attaque Franche
Rugueux				Rond	Bois - Minéral
					Métallique

Tab. 8.5: Correspondance entre les valeurs de marque complémentaires et les termes du lexique sonore, obtenue à l'issue de la séance créative.

8.3.4 Discussion

La traduction des valeurs de marque en attributs sonores a été réalisée lors d'une séance créative faisant intervenir aussi bien des industriels de l'entreprise SNCF (designers, responsables de la communication de l'entreprise) que des experts du son (designers sonores, chercheurs de l'Ircam). Nous avons utilisé le lexique sonore et son interface dédiée en tant qu'outil support à la communication entre les acteurs du projet de design. Nous avons également eu recours à deux outils supplémentaires : des planches de tendance permettant aux différents participants de mieux cerner l'univers des marques, et un jeu de cartes permettant d'associer physiquement les éléments de vocabulaire de plusieurs langages. Cette séance créative a joué le rôle de brief pour le processus de design, ce qui a permis d'impliquer l'ensemble des acteurs de la démarche dès le début du projet. Les cartes ont joué un rôle important : elles ont permis aux participants de considérer plusieurs

aspects du son, en se posant la question de leur pertinence vis-à-vis de l'identité. Le fait de pouvoir manipuler physiquement un attribut permet de procéder méthodiquement, en considérant successivement chaque carte et en écoutant des exemples sonores qui y sont associés. Les designers sonores n'ont pas hésité à proposer de nouveaux éléments de vocabulaire en ayant recours aux cartes vierges. Les traductions sonores que nous avons obtenues à l'issue de cette séance (voir tableaux 8.4 et 8.5) sont riches, notamment pour les valeurs identitaires complémentaires, qui sont plus « caricaturales » que les traits d'identité SNCF. Nous pouvons noter que parmi les valeurs SNCF, deux d'entre elles (*performant* et *inventif*) ont été traduites par le même couple d'attributs (*fluctuant* et *dynamique*). Ce couple d'attributs se retrouve également dans la traduction de la valeur identitaire *rebelle*. Les traductions des autres valeurs se distinguent bien les unes des autres. Encore une fois, notre approche est fortement dépendante du lexique que nous avons créé. Avoir un nombre fini de termes autour desquels s'articule la recherche d'identités sonores peut brider l'imagination de certains participants en les forçant à rechercher des associations entre concepts qui leur sont imposés. La présence de cartes vierges permet de limiter ce phénomène en proposant un moyen de sortir des limites posées par le lexique. Il est d'ailleurs intéressant de noter que les designers sonores ont eu recours à cette possibilité. La phase d'entraînement s'est avérée nécessaire pour que les participants comprennent la logique de l'exercice et s'habituent à manipuler les cartes. Nous recommandons d'avoir recours à cette phase pour de futures utilisations de l'outil. Les valeurs de marque les plus évocatrices (telles que *luxe* ou *smart*) pourraient alors servir de valeurs à traduire pour l'entraînement. Les outils que nous avons proposés ont bien permis d'effectuer la transformation sémantique en impliquant les différents acteurs du projet dès la séance de brief. Les deux designers sonores nous ont fait le retour suivant :

> *« L'atelier de début de projet qui consistait à choisir en groupe des descripteurs sonores pour parler des sons a bien servi à ouvrir les codes du sonore aux personnes présentes. Les descripteurs ont été un bon point de départ : ils ont permis de dégager un langage sonore commun dès le début du travail, sur des valeurs abstraites mais consensuelles pour le groupe réuni. Le débat qui a suivi nous a confirmé que l'on n'associe pas le même son à un mot clé mais a permis d'en débattre pour se mettre d'accord, sur certains termes en particulier. »* **(L. Germain et R. Barthélémy, agence LAPS)**

Toutefois, nous n'avons pas pu comparer cette séance avec une séance témoin « sans outils ». Une telle comparaison impliquerait de faire travailler plusieurs groupes sur des projets de design sonore similaires et d'en comparer les résultats. Cette démarche est lourde à mettre en œuvre et il est difficile de contrôler toutes les variables qui interviennent dans de tels processus créatifs (ne serait-ce que le caractère et l'imagination de

chaque participant). Un test mesurant la qualité et la quantité d'idées générées par les groupes, tel que celui utilisé par (Gentner *et al.* 2014) pour évaluer les *Kanseï cards*, pourrait éventuellement servir d'inspiration. Dans le cadre de nos travaux, nous évaluerons les différentes identités sonores à partir d'expériences perceptives sur les sons créés suite à cette séance de brief. Cette évaluation mesure aussi bien l'efficacité de cette séance et de notre méthode que le talent des designers sonores. Ces expériences seront présentées au chapitre 9.

Conclusion

Ce chapitre détaille la méthodologie que nous proposons pour spécifier des intentions lors d'une démarche de design sonore. À partir du lexique sonore de 35 termes que nous avons présenté dans la deuxième partie de ce manuscrit, nous avons imaginé deux méthodes pour traduire des intentions en termes sonores. La première méthode repose sur des expériences perceptives permettant d'évaluer l'association entre les intentions cibles et les caractéristiques du son. Nous avons appliqué cette méthode à la traduction des intentions de fonction : l'expérience E2 (indexation sonore) et l'expérience E3 (identification des marqueurs) ont permis de dégager pour chaque marqueur des invariants et tendances de la nature ou fonction de l'objet, et de mettre en évidence l'existence de nombreux leviers de design. La seconde méthode repose sur une séance créative au cours de laquelle les intentions cibles sont associées à des caractéristiques du son par les différents acteurs de la démarche de design. Nous avons proposé des outils créatifs (planches de tendance, interfaces liées au lexique sonore, jeu de cartes) pour faciliter la communication entre les différents participants de cette séance. Nous avons appliqué cette méthode à la traduction des intentions identitaires : l'atelier créatif a eu lieu lors de la séance de brief d'un projet de design sonore visant à construire cinq identités sonores de marque. La séance créative a réuni les designers sonores retenus pour ce projet, des industriels de la SNCF ainsi que des chercheurs de l'Ircam. Elle a débouché sur les traductions en termes sonores de chacune des valeurs de marque constitutives des identités. Ces deux méthodes mises en place pour traduire les intentions jouent le même rôle : elles permettent d'associer un ensemble de termes sonores du lexique à des intentions spécifiées par des termes non-sonores. Elles sont donc interchangeables : nous pourrions imaginer de conduire des expériences perceptives pour évaluer les associations *valeurs de marque/attributs sonores*, et de réunir les différents acteurs du projet autour d'outils créatifs pour spécifier les fonctions. Dans notre cas d'application, l'objectif principal de la création sonore est de construire des identités sonores, le respect des fonctions étant un objectif secondaire (bien qu'essentiel). La séance créative est alors plus appropriée puisqu'elle mobilise les différents acteurs dès le début afin de les impliquer dans le choix des directions de design. La détermination

expérimentale des invariants et leviers pour chaque objet a été appropriée dans la mesure où nous avons choisi de spécifier les fonctions à partir de références sonores à l'existant. Pour un projet de design sonore dont l'objectif principal serait de réinventer les codes du sonore associés à des fonctions (par exemple, navigation sur des interfaces homme-machine), la traduction des intentions fonctionnelles pourrait être réalisée lors d'ateliers créatifs. L'application de notre méthodologie à la traduction d'intentions fonctionnelles et identitaires a conduit à la rédaction de deux tableaux de spécifications qui ont été communiqués à l'agence de design sonore retenue pour la phase de création. La prise en compte de ces spécifications et la réalisation des sons seront détaillées au chapitre 9.

Chapitre 9

Réalisation et validation des identités sonores

L'objectif de ce chapitre est de valider notre méthodologie dans la mise en œuvre d'un projet de design sonore. La démarche de design sonore proposée par Susini *et al.* (2014) a été présentée dans le chapitre 1 (voir § 1.2.2.4 page 16). La détermination des leviers et invariants relatifs à chaque marqueur, ainsi que la traduction des valeurs identitaires à l'aide des outils créatifs constituent la phase d'**analyse** de cette démarche. Cette phase a conduit à l'établissement de spécifications pour le design des marqueurs sonores identitaires. Ce chapitre présente les étapes **création sonore** et **validation** de la démarche de design sonore. À partir des spécifications fonctionnelles et identitaires présentées au chapitre 8, une agence de design sonore, l'agence LAPS, a créé un ensemble de 30 sons correspondant à cinq identités de marque déclinées sur six marqueurs sonores. La première partie de ce chapitre présente la démarche méthodologique suivie par les designers sonores de l'agence LAPS pour répondre au cahier des charges que nous avons établi dans le chapitre précédent. La deuxième partie présente une expérience de tri orienté (**expérience E4**) constituant l'étape de validation du processus de design sonore. Cette expérience a pour objectif d'évaluer les identités sonores résultant de la phase de création sur les critères de discrimination et de reconnaissance. En d'autres termes, les créations sonores relatives aux différentes identités se distinguent-elles les unes des autres ? Sont-elles correctement associées aux identités ciblées ? Nous avons fait les hypothèses que l'on pouvait définir une identité sonore par transformation sémantique des valeurs de marques (H1) et que l'on pouvait alors la véhiculer sur des supports différents en jouant sur les leviers de ces supports (H3). Notre méthodologie repose donc sur ces deux hypothèses. Ce chapitre nous permettra d'évaluer la pertinence de ces hypothèses, en mettant en regard les résultats de la phase de validation avec nos objectifs initiaux.

9.1 Création sonore

La réalisation des 30 sons identitaires a fait l'objet d'un appel d'offres diffusé par SNCF. Plusieurs agences de design sonore ont répondu à cet appel d'offre. L'agence de design sonore LAPS[1] a été sélectionnée notamment parce qu'elle a integré la composante de recherche exploratoire dans sa proposition, comprenant ainsi l'enjeu de nos travaux. En particulier, sa proposition était centrée sur l'intégration de nos outils et de notre méthodologie dans la démarche de création sonore. La phase de création sonore s'est déroulée sur une période de trois mois. Les sons ont été réalisés par les designers sonores Ludovic Germain et Romain Barthélémy de l'agence LAPS. La création a été réalisée spécifiquement afin de servir nos objectifs de recherche, c'est pourquoi nous trouvons qu'il est pertinent de résumer la méthodologie employée par LAPS pour répondre à nos spécifications[2].

9.1.1 Déroulement de la phase de création sonore

La séance créative de traduction des identités de marque en termes sonores a joué le rôle de brief pour le processus de design. Une réunion complémentaire a eu lieu suite à cette séance pour discuter du cahier des charges, et notamment des spécifications fonctionnelles et des notions d'invariants et leviers. En effet, la séance créative de transformation sémantique des identités de marque avait volontairement éludé les contraintes fonctionnelles. Le tableau des spécifications fonctionnelles a été transmis à l'agence LAPS à l'issue de cette réunion. Une version exécutable du lexique sonore a également été fournie aux designers sonores en charge de la création afin qu'ils puissent s'en servir comme référence pour travailler avec les différents termes. Le travail de LAPS pour répondre aux spécifications s'est déroulé en trois grandes étapes que nous présentons dans les paragraphes suivants.

9.1.1.1 Étape 1 - Recherche de matière sonore

Dans un premier temps, l'agence LAPS a constitué pour chaque valeur identitaire un équivalent sonore des planches de tendances, les « soundboards[3] ». Elles sont composées d'une collection de sons variés (timbres instrumentaux, éléments sonores non musicaux) en lien avec la valeur identitaire correspondante. Les mots-clés issus de la planche de

[1] www.laps-design.com

[2] L'agence LAPS a donné son accord concernant la présentation de cette méthodologie.

[3] La présentation de ces outils fait partie de l'enseignement dispensé par Ludovic Germain à l'ESBAM dans le cours *Méthodologies créatives en design sonore* - http://lemans.esba-talm.fr/etudes/option-design-sonore/

tendance représentant la valeur apparaissent sur ces soundboards, de même que les attributs du lexique correspondants. Ces planches sont un outil de recherche de la matière sonore et les sons les constituant s'affranchissent ainsi de tout autre critère (notamment des spécifications fonctionnelles). Les designers sonores n'ont pas limité leur recherche aux attributs du lexique définis pendant le brief. Ces soundboards ont été présentées aux différents acteurs de la démarche de design sonore lors d'une première réunion de debrief entre l'agence LAPS, l'Ircam et SNCF. Les différentes sonorités issues de cette phase de recherche ont pu être écoutées et discutées par l'ensemble des acteurs de la démarche. Cette écoute a permis de valider les directions de design proposées par les designers sur la base de leur interprétation du brief. Les termes du lexique étant présents sur les soundboards, la discussion a pu s'articuler autour de mots de vocabulaire décrivant le son, mais aussi des mots-clés associés aux valeurs et aux mots proposés par LAPS (comme *fractal*, *harmonieux*). À l'issue de cette première séance de debrief, l'agence LAPS a intégré les retours des différents participants sur les différentes sonorités, ce qui lui a permis d'avoir une vision plus précise des attentes du client (SNCF).

9.1.1.2 Étape 2 - Déclinaison des traits

Dans un second temps, l'agence LAPS a créé des objets sonores correspondant aux différents marqueurs pour chaque valeur identitaire. La matière sonore rassemblée lors de la première étape a été utilisée pour ces créations. Les attributs du lexique correspondant à chaque valeur ont été pris en compte lors de cette étape. Les designers sonores les ont remis en question lorsqu'ils gênaient la bonne traduction d'un terme. Lorsque la matière sonore de l'étape 1 ne conduisait pas à des résultats satisfaisant pour une ou plusieurs fonctions, de nouvelles sonorités ont été recherchées. L'agence LAPS nous a indiqué que cela était le cas pour environ 25 % des créations. Les réalisations proposées lors de cette étape ont été présentées aux différents acteurs de la démarche de design sonore lors d'une deuxième et d'une troisième réunion de debrief. Les designers sonores ont proposé pour chaque son une auto-évaluation sur la base des mots du lexique associés à la valeur qu'ils devaient évoquer (voir figure 9.1). L'agence LAPS a parfois proposé plusieurs objets sonores pour une même fonction et une même identité. Les séances d'écoute ont donné lieu à des discussions aussi bien sur les identités que sur les fonctions.

9.1.1.3 Étape 3 - Combinaison des valeurs

Lors des étapes 1 et 2, les designers sonores ont travaillé séparément sur chacune des 11 valeurs identitaires. La troisième étape a consisté à combiner les travaux effectués pour chaque valeur, afin de travailler sur des sons représentatifs des cinq identités. Les matières

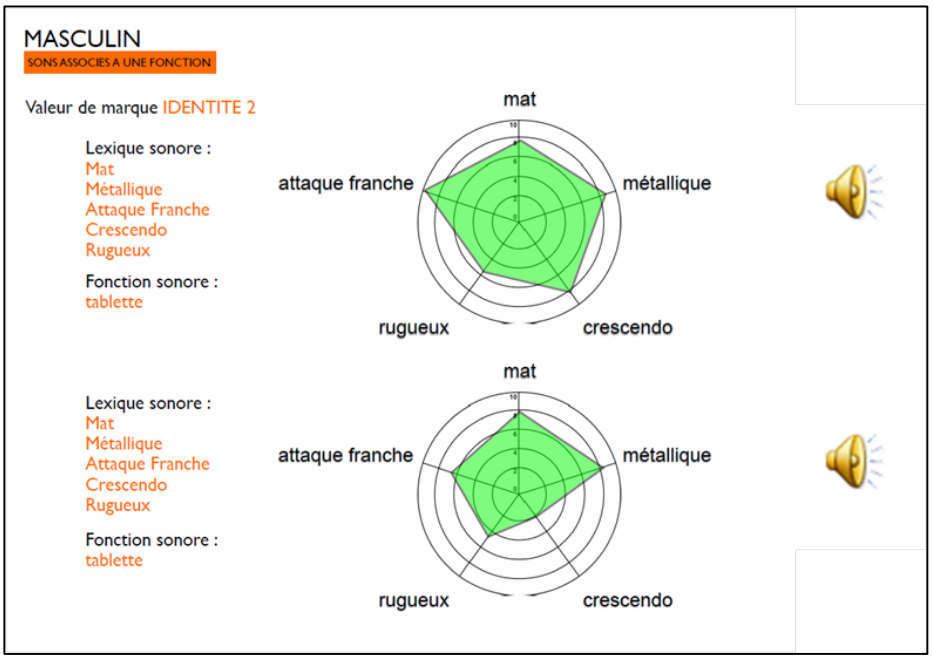


FIG. 9.1: Capture d'écran d'une présentation de créations sonores intermédiaires associées à la valeur identitaire *masculin*. Les deux sons proposés sont des études réalisées lors de la seconde étape pour le marqueur sonore *impact* de tablette. Les designers de l'agence LAPS ont évalué chacun des sons sur les attributs associés à la valeur *masculin* : *mat*, *métallique*, *attaque franche*, *crescendo* et *rugueux* (voir tableau 8.5 du chapitre 8).

sonores correspondantes ont été utilisées, et de nouvelles sonorités ont été recherchées lorsque le résultat n'était pas satisfaisant (l'agence LAPS nous a indiqué que ce cas était relativement rare). Les designers sonores ont cherché à former des familles cohérentes en termes de sonorités. Certains marqueurs (notamment les alarmes et les ouvertures) ont été retravaillés suite aux retours des réunions de debrief pour une meilleure adéquation aux spécifications fonctionnelles (invariants/traits caractéristiques/leviers). À l'issue de cette nouvelle étape de création, l'agence LAPS a proposé deux exemplaires (parfois trois) pour chaque son de chaque identité. Ces sons ont été présentés lors d'une quatrième réunion de debrief, et ont été livrés aux différents acteurs de la démarche. Une séance d'écoute réalisée par SNCF et l'Ircam a permis de discuter les derniers détails et de sélectionner pour chaque son la proposition la plus adaptée. Une dernière version des sons a été rendue par l'agence LAPS après quelques correctifs d'égalisation/compression et quelques légères modifications selon les demandes de l'Ircam et de SNCF.

9.1.2 Discussion

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté les retours que nous ont faits les designers sonores Ludovic Germain et Romain Barthélémy sur la séance créative de spécification des identités. À l'issue du projet, nous avons également eu des commentaires de la part de l'agence LAPS sur la méthodologie générale. Lors de la phase de création, les attributs du lexique se sont parfois révélés *« trop fermés ou trop définitifs »* pour les designers. Pour certains termes, ils ont jugé *« préférable de s'en servir comme d'une base pouvant être remise en question plutôt que comme cadre rigide »*. Les planches de tendances ont permis de *« mieux cerner les valeurs et d'être plus efficace dans la recherche sonore »*. L'agence LAPS a tenu à rappeler qu'une traduction des planches de tendances en sons n'est pas toujours possible ni même souhaitable, dans la mesure où certaines représentations visuelles n'ont pas d'équivalent sonore (et inversement). Les spécifications fonctionnelles ont constitué *« une contrainte peu habituelle »* pour les designers sonores. Les invariants fonctionnels ont été difficiles à intégrer au moment du processus de création car ils limitaient beaucoup la réflexion. En revanche, ils se sont avérés très utiles pour sélectionner les sons à présenter lors des différentes réunions de debrief. L'agence LAPS a toutefois jugé ces contraintes très instructives, et a suggéré d'autres méthodes que la référence à l'existant pour définir des invariants, par exemple en étudiant les modes d'interaction d'un objet avec l'usager. Les tendances ont parfois aidé les designers à mieux comprendre les fonctions et à finaliser certains sons. En revanche, les leviers que nous avions spécifiés n'ont pas été utiles pour le travail de création sonore. Comme nous l'avons fait remarquer au chapitre 8, ces leviers ne sont pas exhaustifs et indiquent seulement une partie des possibilités de design existantes : ils ne sont pas là pour contraindre, mais plutôt pour suggérer. L'agence LAPS a pris en compte les contraintes fonctionnelles définies par les invariants et les tendances, et a proposé des créations se différenciant sur d'autres leviers que ceux du tableau de spécifications (et même que ceux que l'on peut exprimer à l'aide du lexique). Ces observations ne sont pas un point négatif pour notre méthodologie : notre lexique a été développé pour donner des directions de design et pour communiquer, pas pour restreindre la création sonore. Le lexique sonore a permis de faciliter la communication lors des différents échanges en permettant de discuter les propriétés des sons proposés par l'agence LAPS. Les différents acteurs de la démarche ont essayé de toujours revenir au cahier des charges fonctionnel et identitaire pour juger les différentes propositions. Nous avons toutefois pu constater que dans certains cas, les préférences des différents acteurs rentraient en compte dans la décision. Les cinq identités sonores étant définies par plusieurs valeurs (trois à cinq), les spécifications identitaires pour une identité étaient souvent très denses. Les créations sonores ne pouvaient pas toutes respecter l'ensemble des attributs représentatifs de la combinaison des valeurs : un choix a du être fait par l'agence LAPS pour mettre en avant certains attributs par rapport à d'autres.

Nous pouvons faire le parallèle avec une charte visuelle : toutes les couleurs d'une charte ne sont pas nécessairement utilisées dans tous les objets véhiculant l'identité. Ceci remet en question le schéma 8.1 que nous avons présenté au chapitre 8. Nous ne cherchons alors pas nécessairement des invariants identitaires, mais plutôt des tendances caractéristiques représentatives de chaque identité. Nous présentons dans la suite du chapitre une séance d'écoute informelle que nous avons réalisée entre experts pour observer dans quelle mesure les attributs sonores ont été pris en compte dans la création. Enfin, nous présenterons une expérience de tri orienté, l'**expérience E4**, que nous avons conduite afin de valider les sons sélectionnés à l'issue de la phase de création.

9.2 Prise en compte des attributs dans la création

L'objectif de cette étape est d'évaluer les sons proposés par l'agence LAPS à l'issue de la phase de création sonore sur la base des attributs du lexique. Ceci doit permettre de vérifier que les créations sonores proposées sont conformes aux spécifications. Nous avons conduit pour cela une version simplifiée de l'expérience d'indexation (expérience E2, voir chapitre 7) auprès d'un petit nombre d'experts, pour la plupart internes au projet de design. Les sons créés par les designers sonores de l'agence LAPS étant beaucoup plus riches que ceux de notre analyse de l'existant, cette séance d'écoute est aussi une occasion de confronter notre lexique à des sons beaucoup plus complexes. Cinq participants experts (quatre hommes, une femme) ont participé à l'écoute. Les participants faisaient partie du laboratoire encadrant nos travaux de recherche et avaient déjà une bonne connaissance de notre sujet de recherche.

9.2.1 Déroulement

Les participants étant déjà des experts du son, nous avons choisi de simplifier la procédure expérimentale afin de concentrer nos efforts de recherche sur l'évaluation des sons et non plus sur une analyse poussée du processus d'apprentissage. Les participants ont dans un premier temps suivi une phase d'apprentissage sur l'interface du lexique sonore. Cette phase a duré approximativement 30 minutes pour chaque participant. Les participants ont alors indexé le corpus d'entraînement (voir chapitre 7, 7.2.1, page 116). Dans un deuxième temps, ils ont pratiqué l'exercice d'identification des descripteurs pour une durée moyenne d'une heure. Une fois l'exercice terminé, les participants ont indexé deux corpus de sons : le corpus d'entraînement à nouveau, ainsi qu'un corpus de 50 sons comprenant les 30 sons retenus à l'issue de la phase de création, ainsi que 20 autres sons. Ces sons supplémentaires sont issus des propositions intermédiaires de l'agence LAPS n'ayant pas été retenues lors de la sélection finale. Certains participants à cette expérience

ont été acteurs dans le processus de design sonore : nous avons volontairement ajouté ces sons pour limiter les effets de mémoire possibles. De cette façon, les participants ne se rappelaient pas précisément à quelle identité chaque son correspondait. Les stimuli ont été égalisés en sonie lors d'une expérience préliminaire d'ajustement (10 participants). Ils ont été générés numériquement par le logiciel MATLAB avec une résolution de 16 bits et un échantillonnage de 44,1 kHz, et présentés dans un ordre aléatoire différent pour chaque participant.

9.2.2 Résultats

Les cinq experts ont tous jugés la tâche difficile à réaliser. La plupart des sons créés par LAPS sont des sons complexes, composés de plusieurs sons élémentaires superposés et concaténés. Il devient alors difficile, voire impossible, de sélectionner un attribut caractérisant le son dans sa globalité. Par exemple, un son peut être *lisse* au début puis évoluer dans le temps de manière continue pour devenir *rugueux*. De la même manière, un son *aigu* possédant une *attaque franche* peut être superposé à une texture *grave* et *fluctuante* pour former un seul et même objet sonore. Dans de tels cas, une réponse binaire de type oui/non implique un critère de décision dépendant fortement de l'individu. Nous avons cherché à binariser les données par vote majoritaire (seuil de 50 %). Nous n'observons aucun invariant de cette façon, hormis le terme *discontinu* pour la catégorie *alarme*. De même, nous n'observons aucun invariant partagé par les sons représentatifs de la même identité. Ces résultats soulignent la principale limite du lexique sonore : celui-ci ne permet de décrire les sons qu'à un niveau élémentaire. Les sons formés par la combinaison de plusieurs éléments sonores deviennent alors trop complexes pour être décrits simplement par une liste d'attributs. Certaines parties du son restent caractérisables indépendamment les unes des autres mais l'attribut les décrivant ne s'applique pas nécessairement à la totalité du son.

9.3 Expérience E4 : Différencier et reconnaître des identités sonores

L'identité sonore de marque doit permettre aux usagers de reconnaître l'entreprise et la distinguer d'autres entreprises à travers les indices sonores de son environnement (voir chapitre 2, § 2.2.1 page 33). Nous cherchons à évaluer expérimentalement en laboratoire la pertinence des identités sonores créées dans le cadre de nos travaux sur les critères de **discrimination** et de **reconnaissance**. Nous proposons pour cela de conduire une expérience de tri (voir chapitre 3, § 3.1.3.2 page 53). Ce type de protocole a été utilisé

par exemple par van der Geest et Loorbach (2005) pour évaluer la cohérence entre les différents éléments de design appartenant à différents sites web. Dans notre cas, nous l'utiliserons pour positionner les stimuli identitaires les uns par rapport aux autres. Les différentes expériences de tri conduites sur les stimuli auditifs (voir chapitre 5, § 5.2.1 page 71) nous apprennent que des auditeurs non-experts ont une très forte tendance à regrouper les sons par types de source. Notre objectif principal est de comparer les identités, nous voulons donc éviter que les participants cherchent à grouper les sons par marqueurs sonores. Nous avons donc choisi de mener une expérience de tri sous contrainte (*constrained sorting*) dans laquelle nous imposons le nombre des catégories, ainsi que leur structure. Nous nous sommes inspirés du protocole expérimental utilisé par Koren et Gingras (2014) dans une étude sur la perception de l'individualité dans la performance au clavecin. Dans ces travaux, les auteurs imposent le nombre de groupes que les participants doivent former, ainsi que des règles de composition des groupes (deux stimuli de chaque nature dans chaque groupe). D'autres auteurs comme Gingras *et al.* (2011), Tardieu *et al.* (2008) et Houix (2003) ont mené des expériences de tri sous contrainte en imposant le nombre de groupes, le nombre de stimuli à placer dans chaque groupe ou même en donnant des indications sur la nature des groupes à former. Nous proposons de conduire notre expérience de tri avec deux contraintes différentes pour évaluer dans un cas la discrimination des identités sonores, et dans l'autre cas la reconnaissance des valeurs identitaires à travers le son.

9.3.1 Protocole expérimental

9.3.1.1 Participants

40 auditeurs (21 femmes et 19 hommes, âgés de 19 à 47 ans) ont participé à l'expérience E4A (condition « différencier »), et 40 auditeurs (29 femmes et 11 hommes, âgés de 21 à 50 ans) ont participé à l'expérience E4B (condition « reconnaître »). Ils ont été recrutés à partir d'une base de données de volontaires[4] et ont été rémunérés pour leur participation à l'expérience. Les participants ont déclaré n'avoir aucun problème d'audition.

9.3.1.2 Stimuli

Les stimuli utilisés pour cette expérience (dans les deux conditions) sont les 30 sons identitaires, égalisés en sonie lors d'une expérience préliminaire d'ajustement (10 participants). Ils ont été générés numériquement par le logiciel MATLAB avec une résolution

[4] http://www.risc.cnrs.fr/

de 16 bits et un échantillonnage de 44,1 kHz. L'expérience s'est déroulée dans une cabine audiométrique IAC du laboratoire Perception et Design Sonores de l'Ircam.

9.3.1.3 Expérience E4A : procédure

Les 30 sons étaient matérialisés sur une interface MATLAB sous la forme d'icônes disposées de manière aléatoire sur l'écran de l'ordinateur. Les différents marqueurs étaient identifiés par un pictogramme particulier (rond, carré, losange, triangle, étoile et trait, voir figure 9.2). L'attribution d'un type de pictogramme à un marqueur a été tirée au sort pour chaque participant. Les icônes pouvaient être déplacées par le participant à l'aide de la souris. Pour écouter les sons, les auditeurs devaient cliquer au centre de l'icône. Dans un premier temps, les participants ont écouté successivement l'ensemble des sons. Ils avaient ensuite pour consigne de former cinq familles de sons comprenant six icônes différentes (une de chaque type), une famille devant représenter un même « univers sonore » cohérent. Chaque groupe devait comporter une et une seule occurrence de chaque forme. Une fois les groupes formés, les participants pouvaient soumettre leur tri à une vérification automatique de l'interface. Si les contraintes étaient bien respectées (cinq groupes de six sons de différentes natures), ils avaient la possibilité de valider leur réponse.

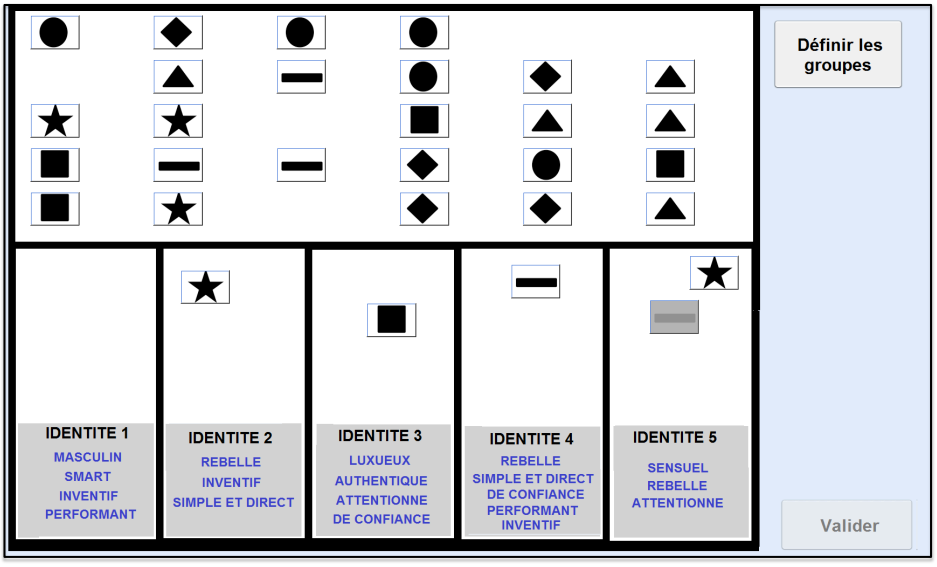


FIG. 9.2: Capture d'écran de l'interface MATLAB utilisée pour l'expérience E4B de tri orienté dans des catégories prédéfinies. Les 30 sons à trier sont représentés par des icônes. Les classes correspondant aux marqueurs sonores d'origine sont représentées par des pictogrammes. La consigne est d'associer un son de chaque classe à une des cinq identités définies en bas de l'écran par leurs valeurs. L'interface utilisée pour l'expérience E4A est similaire, seule la partie en haut à gauche de l'écran est utilisée.

9.3.1.4 Expérience E4B : procédure

Avant le début de l'expérience, les participants ont été informés du contexte de nos recherches. Ils ont également été informés que les différentes familles qu'ils devaient former correspondaient à différentes identités de marque. Les participants ont pu consulter les 11 planches de tendance correspondant aux valeurs identitaires avant le début de l'expérience. La tâche de tri s'est déroulée sur une interface similaire à celle de l'expérience E4A. Cependant, la partie inférieure de l'écran était cette fois divisée en cinq zones identifiées par les combinaisons de valeurs relatives à chacune des cinq identités. L'attribution d'une identité à un numéro et à une zone de l'écran était tirée au sort pour chaque participant. L'interface MATLAB utilisée pour cette expérience est présentée sur la figure 9.2. Les participants avaient pour consigne de former cinq familles de sons comprenant six icônes différentes (une de chaque type), une famille devant être associée à une identité et ses différentes valeurs. Lors de l'expérience, les participants avaient la possibilité de passer la souris sur une valeur identitaire pour que la planche de tendance correspondante s'affiche dans la partie supérieure de l'écran. Une fois les groupes formés, les participants pouvaient soumettre leur tri à une vérification automatique de l'interface : si les contraintes étaient bien respectées (cinq groupes de six sons de différentes natures), ils avaient la possibilité de valider leur réponse.

9.3.2 Analyse des résultats de E4A et E4B

Chaque participant forme une partition (au sens mathématique du terme) de l'ensemble de 30 sons. L'Indice de Rand Ajusté (Hubert et Arabie 1985) est une mesure permettant d'évaluer la similarité entre deux partitions. Il est notamment pratique lorsqu'une solution de catégorisation correcte existe (Gingras *et al.* 2011, Koren et Gingras 2014) : le calcul de l'Indice de Rand Ajusté (IRA) entre une partition observée et la partition correcte permet alors de mesurer la similarité entre les groupes formé par un participant et les groupes d'origine. Un IRA positif indique qu'un grand nombre de stimuli ont été groupés correctement (par rapport au nombre de groupements corrects qui pourraient être dus au seul hasard). Le détail du calcul de l'IRA est présenté en annexe A (voir § A.2.3.1). Pour chacune des deux expériences (E4A et E4B), une matrice globale de dissimilarité est obtenue en additionnant les partitions de chaque participant. Pour chaque couple de sons (x,y), la distance d(x,y) est égale au nombre de partitions pour lesquelles les sons x et y se sont retrouvés dans des groupes différents. Nous avons choisi d'appliquer une analyse en cluster hiérarchique ascendante (voir annexe A pour une explication détaillée de la méthode) afin de déterminer les groupes « moyens » représentatifs des résultats. Pour visualiser les résultats de cette analyse, nous avons choisi de construire

un arbre hiérarchique (ou dendrogramme) tracé avec la méthode moyenne (voir annexe A.2). Le principe d'un tel arbre est de représenter les stimuli sous la forme de feuilles liées entre elles par des nœuds. La hauteur d'un nœud correspond alors à la dissimilarité entre deux feuilles ou deux groupes de feuilles. L'IRA peut également être utilisé pour déterminer à l'aide d'une méthode bootstrap le meilleur endroit où « couper » l'arbre hiérarchique pour déterminer les classes qui se dégagent le plus clairement (voir Houix (2003)). Cette méthode est détaillée en annexe A.2.3.2. Dans notre cas, nous imposons des contraintes fortes dans la formation des groupes, à savoir qu'un même type de son (alarme, composteur...) ne peut apparaître qu'une fois dans chaque groupe. Nous devons tenir compte de cette contrainte dans l'analyse de nos données.

Il n'existe pas de test statistique classique permettant de déterminer si la proximité des partitions observées avec la solution correcte est significative. Qannari *et al.* (2014) proposent une méthode de simulation par permutation pour déterminer dans quelle mesure un IRA calculé entre deux partitions est significatif. Le principal reproche qu'avancent Qannari *et al.* (2014) sur leur méthode de simulation est qu'elle demande un temps de calcul élevé : un calcul différent doit être réalisé pour chaque paire de participants. Ce n'est pas un problème pour notre jeu de données puisque le nombre de groupes et le nombre de sons par groupe sont imposés pour tous les participants. L'avantage de cette méthode de simulation est que cela nous permettra de tenir compte de la contrainte que nous imposons sur les classes de sons. Nous pourrons ainsi évaluer la distribution de l'indice de Rand ajusté entre la partition correcte (voir table 9.2) et un partitionnement contraint aléatoire (voir table 9.1). Nous avons effectué la simulation en tirant au hasard un grand nombre (N = 100 000) de partitions contraintes aléatoires.

GROUPE 1	A1	C5	F1	I5	02	V1
GROUPE 2	A4	C2	F2	I4	01	V2
GROUPE 3	A3	C1	F5	I2	05	V4
GROUPE 4	A5	C3	F4	I3	04	V1
GROUPE 5	A2	C4	F3	I1	03	V3

TAB. 9.1: Exemple de partition aléatoire respectant la contrainte : il y a un exemplaire de chaque marqueur dans chaque groupe.

GROUPE 1	A1	C1	F1	I1	01	V1
GROUPE 2	A2	C2	F2	I2	02	V2
GROUPE 3	A3	C3	F3	I3	03	V3
GROUPE 4	A4	C4	F4	I4	04	V4
GROUPE 5	A5	C5	F5	I5	05	V5

TAB. 9.2: Partition correcte. La permutation des lignes de ce tableau n'a pas d'effet sur le calcul de l'Indice de Rand, celui-ci étant calculé à partir des tables de contingences (voir annexe D).

L'indice de Rand Ajusté entre chacune de ces partitions aléatoires et la partition correcte a été calculé et sa distribution a été tracée. La détermination du percentile 95 permet alors d'identifier une valeur limite de l'Indice de Rand Ajusté au-delà de laquelle se situent 5 % des tirages aléatoires. Cette valeur est préconisée par Qannari *et al.* (2014) comme seuil de significativité statistique pour l'observation de partitions dans les tâches de tri libre. Les résultats de la simulation sont présentés sur la figure 9.3 : la valeur moyenne de l'IRA obtenue par tirage aléatoire est de 0,166 et son percentile 95 est de 0,2639. Nous pouvons constater que la moyenne de la distribution n'est pas nulle (contrairement à la moyenne d'une distribution classique de l'IRA pour des partitions aléatoires). Ceci vient de la contrainte que nous avons imposée pour la tâche de tri : cette contrainte constitue en elle seule un point commun fort entre la partition correcte et une partition aléatoire la respectant.

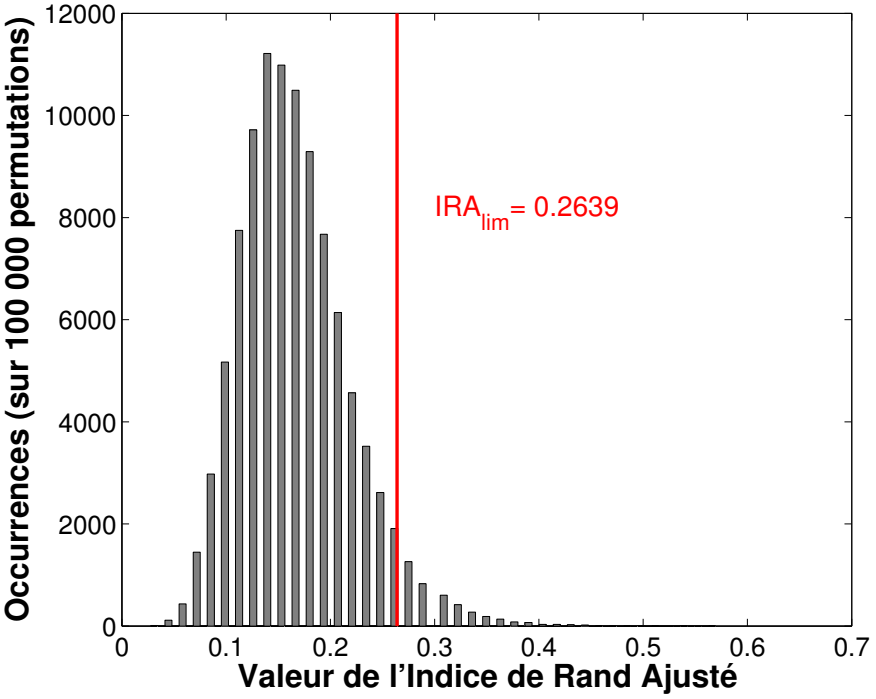


FIG. 9.3: Résultats du test de permutation (Qannari *et al.* 2014) pour déterminer la significativité statistique des valeurs observées de l'Indice de Rand Ajusté. La distribution de l'IRA est centrée sur la valeur moyenne $IRA_m = 0.166$, le percentile 95 de la distribution est de $IRA_{lim} = 0.2639$.

Dans le cas de l'expérience E4B (reconnaissance), les catégories d'origine sont présentées aux participants lors de la tâche de tri. Les groupes ne jouent plus un rôle symétrique. En plus d'une partition correcte, il existe une solution correcte. Nous pourrons alors observer si les participants associent bien un son avec sa catégorie d'origine.

9.3.3 Résultats

9.3.3.1 Expérience E4A

La comparaison des partitions générées par les auditeurs avec la partition optimale a été effectuée en calculant pour chaque auditeur l'Indice de Rand Ajusté (IRA) correspondant. D'ordinaire, un IRA positif indique que la partition observée est plus proche de la partition optimale que le hasard. Cependant, en tenant compte des contraintes, la valeur moyenne de l'IRA due à un simple tri aléatoire est de 0,166 et son percentile 95 est de 0,2639 (obtenu par un test de permutation avec N=100 000 tirages). Parmi les 40 auditeurs, 36 participants (90 %) ont un Indice de Rand Ajusté supérieur à 0,166. Ce résultat est significatif ($p < 0,05$) pour 16 auditeurs (40 %). L'arbre de la figure 9.4 présente le résultat de l'analyse en cluster hiérarchique des 40 partitions obtenues lors de l'expérience E4A. L'axe gradué mesure la dissemblance entre les feuilles de l'arbre qui représentent les 30 sons (indexés par marqueur et par identité). La figure 9.5 représente le résultat de la méthode de bootstrap permettant d'évaluer la stabilité des partitions obtenues pour différent niveaux de « coupe » de l'arbre. Pour un nombre de classes égal à cinq, la moyenne de l'IRA est maximale et son écart-type est minimal (par rapport à une, deux, trois ou quatre classes). Les valeurs atteintes restent stables pour des nombres de classes variant de six à dix. Nous avons choisi de conserver cinq classes, ce qui correspond au nombre d'identités sous-tendant la constitution du corpus. Les cinq classes ainsi obtenues sont encadrées sur la figure 9.4.

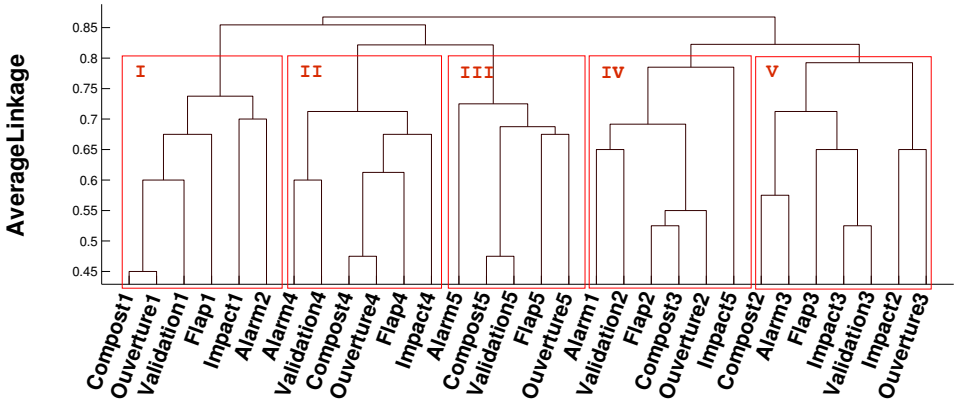


FIG. 9.4: Expérience E4A, résultats de l'analyse en cluster hiérarchique (méthode moyenne). Les cadres numérotés représentent les CINQ classes obtenues en coupant l'arbre de la manière préconisée par les analyses bootstrap (voir figure 9.5).

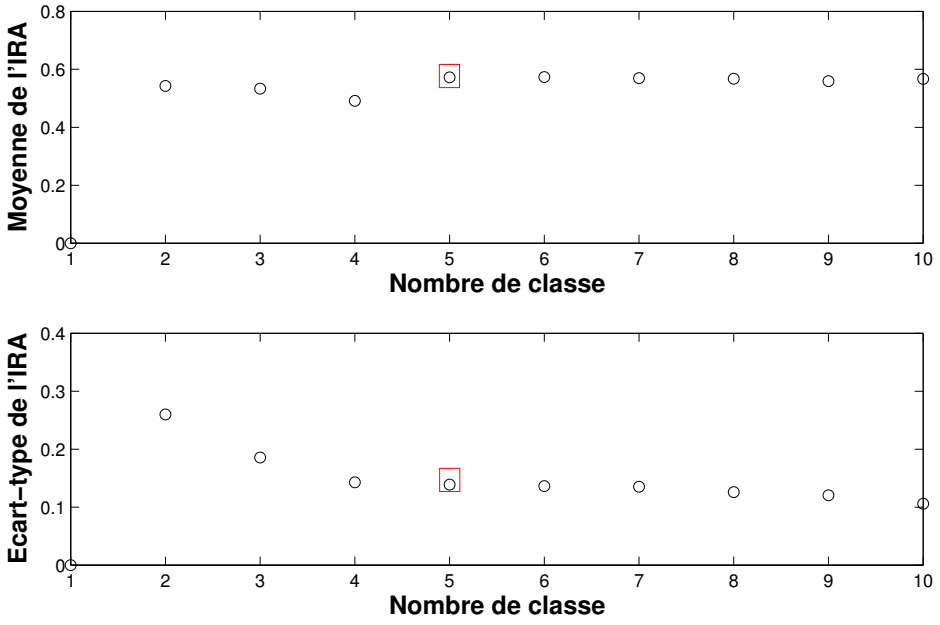


FIG. 9.5: Résultat de l'analyse boostrap sur l'arbre hiérarchique de la figure 9.4 avec B=1000 échantillons. La moyenne et l'écart-type de l'Indice de Rand Ajusté sont calculés sur l'ensemble des échantillons bootstrap pour différents niveaux de section des arbres hiérarchiques. Le nombre de classes optimal est obtenu pour un maximum de la moyenne de l'IRA et un minimum de l'écart-type (ici, cinq classes).

Nous pouvons constater que les sons représentatifs des mêmes identités sont plus souvent regroupés ensemble. L'identité numéro 4 (*luxe*, *authentique*...) est la plus cohérente : le cluster II regroupe tous les sons appartenant à cette identité. Les identités 1 et 5 sont bien représentées par les clusters I et III, et l'identité 3 se retrouve presque en totalité dans le cluster V (avec quelques sons de l'identité 2). L'identité 2 (*smart*, *masculin*,...) est la moins cohérente et les sons qui lui sont associés sont disséminés dans les clusters I, IV et V.

9.3.3.2 Expérience E4B

La comparaison des partitions générées par les auditeurs avec la partition optimale a été effectuée en calculant pour chaque auditeur l'Indice de Rand Ajusté (IRA) correspondant. Parmi les 40 auditeurs, 38 participants (95 %) ont un Indice de Rand Ajusté supérieur à 0,166. Ce résultat est significatif ($p < 0,05$) pour 18 auditeurs (45 %). L'arbre de la figure 9.6 présente le résultat de l'analyse en cluster hiérarchique des 40 partitions obtenues lors de l'expérience E5B. Le nombre de classes optimal (déterminé par les mêmes méthodes que pour l'expérience E5A) est de six. Ces classes sont encadrées sur la figure 9.6.

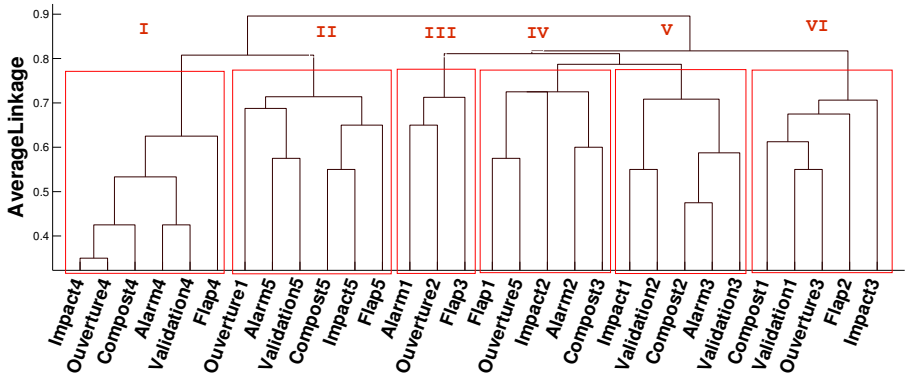


FIG. 9.6: Expérience E5B, résultats de l'analyse en cluster hiérarchique (méthode moyenne). Les cadres numérotés représentent les six classes obtenues en coupant l'arbre de la manière préconisée par les analyses bootstrap et de hauteur de nœuds

Le premier constat est que les sons appartenant à l'identité 4 sont tous regroupés dans le même cluster (le I), dont le nœud supérieur est très bas par rapport aux nœuds supérieurs des autres clusters. Les sons représentatifs de cette identité ont donc très souvent été regroupés par les participants. Les sons appartenant à l'identité 5 se retrouvent presque tous dans le cluster II. En revanche, les sons représentatifs des autres identités sont éclatés dans les clusters restants. En particulier, l'identité SNCF (identité 1) est la plus dispersée, ce qui n'était pas le cas lors de l'expérience E5A. Cette analyse en clusters ne tient pas compte des catégories dans lesquelles les participants ont rangé les sons. Des résultats plus fins sont présentés sur la figure 9.7. Ce graphe représente la matrice de confusion calculée à partir des réponses individuelles de chaque participant. L'intensité d'une case est proportionnelle au pourcentage de participants ayant attribué un son (ordonnée) à une identité (abscisse). Les blocs de la diagonale correspondent aux bonnes réponses. Nous pouvons constater que le pourcentage d'identification dépasse rarement la valeur de 50 %. Le maximum est atteint pour l'alarme de l'identité 4, qui a été associée à la bonne identité par 57,5 % des participants. L'observation de la matrice révèle que la confusion entre les identités 2 et 3 ainsi que celle entre les identités 4 et 5 sont les principales sources d'erreur. Les sons de l'identité 1 ont été associés à toutes les catégories proposées. Les autres confusions (par exemple entre 2 et 4, 2 et 5, 3 et 5...) sont presque inexistantes. Le tableau 9.3 présente les moyennes sur les sons des pourcentages de bonnes réponses pour chaque identité. Les pourcentages sur la diagonale du tableau sont tous inférieurs à 50 %, ce qui traduit une reconnaissance très limitée des différentes identités. Le cas de l'identité 4 est remarquable : nous avons pu voir que les sons représentatifs de cette identité étaient très souvent regroupés. Pourtant le taux de reconnaissance qui lui est associée reste faible. Cela signifie que les participants associent généralement ces sons à un

même groupe, mais qui ne correspond pas toujours à l'identité dont ils sont représentatifs. Ce phénomène correspond bien au retour que nous ont fait de nombreux participants : certaines catégories proposées étaient perçues comme proches les unes des autres. La présence de traits communs à certaines identités (comme *bienveillant* dans les identités 1, 4 et 5) ainsi que la ressemblance de certains termes (*rebelle* et *masculin*, *inventif* et *smart*, *sensuel* et *luxueux*) ont généré une certaine confusion pour les participants. Nous pouvons d'ailleurs noter que les identités 2 et 3 n'ont aucune valeur en commun avec les identités 4 et 5 : lors de l'expérience, nous n'observons aucune confusion entre ces groupes d'identités. L'identité 1 (SNCF) possède des valeurs communes avec toutes les autres identités ; les sons représentatifs de cette identité ont été un peu associés à toutes les autres.

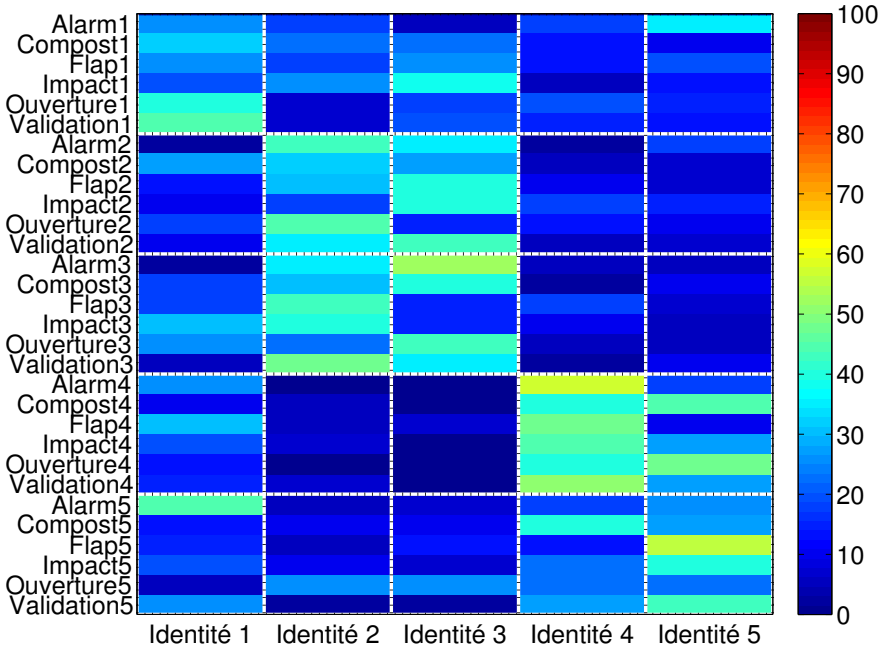


FIG. 9.7: Expérience E4B, matrice de confusion des réponses pour chaque son. Les entrées lignes du tableau correspondent aux 30 sons identitaires (identifiés par le label du marqueur et le numéro de l'identité d'origine), les entrées colonnes représentent les catégories choisies par les participants. La coloration d'une case est proportionnelle au pourcentage de réponses sur l'ensemble des participants.

	IDENTITÉ 1	IDENTITÉ 2	IDENTITÉ 3	IDENTITÉ 4	IDENTITÉ 5
IDENTITÉ 1	**31.3 %**	16,2 %	21,3 %	13,8 %	17,5 %
IDENTITÉ 2	13,3 %	**33,8 %**	33,3 %	8,8 %	10,8 %
IDENTITÉ 3	16,3 %	36,3 %	**33,3 %**	7,1 %	7,1 %
IDENTITÉ 4	18,8 %	4,2 %	1,3 %	**46,7 %**	29,2 % %
IDENTITÉ 5	20,4 %	9,6 %	10,8 %	23,8 %	**35,4 %**

TAB. 9.3: Expérience E4B, matrice de confusion des identités. Les entrées lignes du tableau correspondent aux identités d'origine, les entrées colonnes représentent les identités choisies par les participants. Le pourcentage dans chaque case du tableau correspond à la moyenne de chaque grande case du graphique présenté sur la figure 9.7.

9.3.4 Discussion

Limites du lexique : Nous avons conduit plusieurs expériences de validation suite au travail de création de l'agence LAPS. La séance d'écoute informelle nous a montré que le lexique sonore avait un domaine d'application limité : il est certes adapté à la description de la matière sonore, mais dès lors que la structure du son devient complexe (plusieurs sons mixés, ou sons évoluant dans le temps), on ne peut plus se limiter à une description quantitative d'attributs sonores. Une solution pour décrire et spécifier des sons complexes pourrait alors être d'ajouter une structure horizontale et une structure verticale, de manière à décrire les différentes parties élémentaire du son. Cela revient à ajouter une syntaxe au vocabulaire sonore ; par exemple un objet sonore peut être constitué d'un son *court*, *aigu*, *métallique* et *franc* superposé à un son *ascendant*, *grave*, *sourd* et *long*, tout en passant continument d'une texture rugueuse à une texture lisse. La meilleure source d'inspiration reste l'analyse et la représentation de musique électroacoustique. Nous avons focalisé notre travail de recherche sur les mots décrivant les caractéristiques sonores, mais les représentations visuelles du son peuvent également être un outil puissant. Ces deux types d'approches sont complémentaires et peuvent être combinées. La figure 9.8 présente par exemple une analyse d'une pièce musicale de Pierre Henry segmentant le matériau sonore à l'aide des Unités Sémiotiques Temporelles (voir chapitre 5, § 5.3.1 page 77). Les segments ainsi définis sont superposés à une représentation graphique du son. Au cours de nos recherches, nous avons d'ailleurs rencontré certains designers sonores qui avaient recours à des représentations graphiques des sons dans un but de communication avec leurs clients.

Lorsque nous avons créé le lexique sonore et son interface d'apprentissage, nous avons parfois introduit des éléments visuels associés aux termes (voir figure 9.9). Ces pictogrammes ont pour objectif d'aider un utilisateur de l'interface à mieux comprendre et retenir certains attributs. Un système complet de représentation graphique du lexique pourrait constituer un outil supplémentaire adapté à la description de sons complexes,

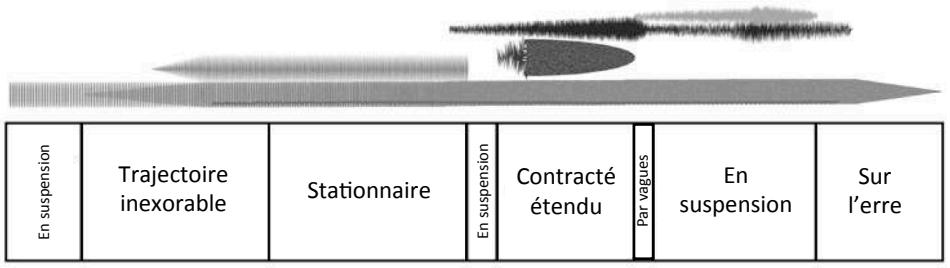


FIG. 9.8: Extrait de la représentation graphique et la segmentation en UST de *Spirale* de Pierre Henry, réalisée par Pierre Couprie (Couprie 2003).

combinant les termes sonores et une forme de visualisation temps/fréquence simplifiée. Ceci nécessiterait un vrai travail de reflexion sur le choix de la représentation. Nous pouvons mentionner à titre d'exemple les travaux du chercheur et compositeur norvégien Lasse Thoresen qui a mis au point un ensemble de symboles permettant de représenter l'analyse typo-morphologique de Schaeffer (Thoresen et Hedman 2007).

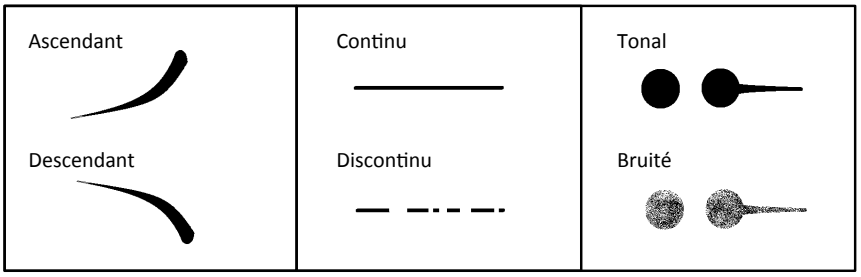


FIG. 9.9: Pictogrammes utilisés sur l'interface d'apprentissage du lexique sonore pour les termes ascendant/descendant, continu/discontinu, et bruité/tonal.

Ces limites ne remettent pas en question la pertinence du lexique (tel que nous l'avons développé) pour le design sonore. D'une part, l'expérience E2 (indexation) nous a montré que les 35 termes du lexique permettaient bien de décrire et discriminer une grande variété de sons. Nous avons pu mettre en évidence les invariants de chaque classe ainsi que des leviers de design. D'autre part, les retours des différents acteurs sur la séance de brief nous ont montré que cet outil s'est avéré très utile au sein du processus de design.

Véhiculer l'identité sonore : L'expérience E5 nous a permis d'évaluer les cinq identités sonores créés par l'agence LAPS sur les critères de discrimination et reconnaissance. Les résultats de l'expérience E4A montrent que les sons appartenant à une même identité sont plus souvent regroupés par des auditeurs. Les cinq identités sonores que nous avons deployées sur les différents marqueurs se distinguent donc les unes des autres, et sont chacune cohérentes. Ce résultat suggère que les objets et équipements de l'environnement sonore d'une marque sont des éléments propices à la diffusion de l'identité de marque par le son. En revanche, la tâche de reconnaissance (expérience E4B) conduit à des résultats plus mitigés. Les sons des différentes identités ne sont pas majoritairement associés aux valeurs identitaires dont ils sont censés être représentatifs. Le protocole que nous avons choisi pour évaluer le critère de reconnaissance présente plusieurs limites : d'une part, nous n'évaluons pas la reconnaissance de la marque à proprement parler. Nous avons choisi de mesurer la reconnaissance des valeurs identitaires que la marque cherche à véhiculer. Ce choix a été motivé par la simple raison qu'il n'existe pas en France d'autres marques concurrentes de SNCF pour le transport de voyageurs. Nous avons donc choisi de travailler sur des marques ferroviaires fictives, et de définir ces marques par une série de valeurs. Dans d'autre cas d'applications, nous pourrions envisager d'évaluer directement la reconnaissance de la marque et non pas la perception des valeurs identitaires. Par exemple pour des marques automobiles, nous pourrions disposer d'exemplaires de différents marqueurs sonores (clignotants, portière, son de démarrage...) pour différentes marques de voitures connues, et demander aux auditeurs d'associer chacun des sons à une marque. Une autre limite de notre protocole est la présence d'un biais lié à la confusion des identités pour les participants. Les valeurs identitaires que nous avons utilisées sont assez subjectives (malgré l'utilisation de planches de tendances) et leur présence dans plusieurs identités a accru la difficulté de la tâche. Les confusions que nous observons dans les résultats de l'expérience E4B sont d'ailleurs beaucoup plus fortes dès lors que les identités en question ont une ou plusieurs valeurs en commun. Le critère de reconnaissance de l'identité de marque nécessite donc de plus amples investigations. Dans ce cadre, il pourrait être intéressant de ne pas nécessairement passer par les valeurs identitaires. Ceci fait écho aux travaux de Ahmed et Boelskifte (2006) que nous avons mentionnés au chapitre 2 (§ 2.1.4.1, page 27), montrant que les utilisateurs d'un produit ne parviennent pas à retrouver la planche de tendance ayant servi à son design. Enfin, la reconnaissance de la marque et de l'identité de marque évolue dans le temps : si aujourd'hui 94 % des français reconnaissent le logo sonore SNCF, ce n'était probablement pas le cas la semaine suivant sa première diffusion. Nous pourrions dans ce cadre imaginer une évaluation *in-situ* de l'identité sonore sur une période étendue. L'étape de validation est essentielle dans toute démarche de design sonore, c'est pourquoi nous pensons que ce point particulier devrait faire l'objet de travaux de recherche plus approfondis. Dans notre cas, l'expérience que nous avons mis en place a quand même permis de montrer

que les identités sonores créées en suivant nos spécifications étaient bien discriminées par des auditeurs.

9.4 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre la méthodologie créative employée par l'agence de design sonore LAPS pour répondre à nos spécifications. Les designers sonores de LAPS ont intégré les outils que nous avons proposés dans leur méthodologie, en les combinant avec d'autres outils créatifs (comme les soundboards). Le lexique sonore a permis de donner un cadre de référence commun à tous les acteurs de la démarche et de discuter chacune des propositions de création intermédiaires. Nous avons cherché lors d'une séance d'écoute informelle à évaluer la présence ou l'absence des attributs du son dans les créations finales de l'agence LAPS. Cette séance nous a montré que malgré sa diversité, le lexique sonore était limité dès lors qu'il s'agissait de décrire expérimentalement des sons complexes, même pour des auditeurs experts. Enfin, nous avons conduit deux expériences de tri sous contrainte (E4A et E4B) afin d'évaluer les identités sonores créées par l'agence LAPS sur les critères de discrimination et de reconnaissance. Les analyses des groupements réalisés par les auditeurs nous ont montré que les identités sonores ainsi créées étaient bien distinguées les unes des autres. En revanche, la reconnaissance des valeurs de marque à travers les sons de chaque identité est assez faible. Malgré cela, les sons identitaires créés à partir de notre méthodologie et des outils créatifs que nous avons imaginés (planches de tendance, jeu de cartes, lexique) forment des identités sonores cohérentes qui sont bien discriminées par les auditeurs. La méthodologie de design sonore que nous proposons dans cette thèse s'appuie sur un ensemble de connaissances sur la description verbale des sons qui permet, d'une part, d'effectuer une transformation sémantique entre les valeurs d'une marque et des attributs sonores, et d'autre part, de révéler les attributs sonores qui sous-tendent les invariants d'une classe de marqueurs, et de déterminer les leviers associés à l'étendue des marqueurs d'une classe.

Chapitre 10

Discussion générale

Ce dernier chapitre présente une synthèse des travaux réalisés dans cette thèse, et propose une discussion sur leur apport pour le domaine du design sonore, et des perspectives que ces recherches ont ouvertes.

Synthèse

Comment véhiculer une identité de marque à travers le design sonore des équipements et produits associés à son environnement ? Telle est la question générale que nous avons traitée dans ces travaux. La méthodologie que nous avons développée pour définir une identité sonore repose sur l'opération de transformation sémantique (Karjalainen et Snelders 2010) consistant à associer les mots représentatifs des intentions d'une marque à des mots représentatifs des paramètres de conception sonore. Nous avons fait l'hypothèse (H1) que cette opération permettait de traduire l'identité de marque en une identité sonore exprimée à l'aide de mots décrivant le son. Cette hypothèse nous a conduit à explorer la question du vocabulaire sonore. Nous avons ainsi consacré la première partie de nos travaux de recherche à l'élaboration d'un lexique sonore. Le manque de vocabulaire sonore partagé a été souligné par de nombreux acteurs du design sonore, aussi bien du côté académique que du côté industriel. Nous avons fait l'hypothèse (H2) qu'il était possible d'établir un vocabulaire réduit (nombre fini de termes) permettant de caractériser et différencier des sons de nature variée. À partir de termes fréquemment employés pour qualifier les sons, aussi bien dans la littérature scientifique que dans la pratique courante des experts du son, nous avons généré un lexique sonore de 35 termes. Ce lexique a été illustré par un designer sonore, Thomas Rotureau (étudiant du master en design sonore de l'ESBA-TALM), afin d'établir des références et des exemples permettant à des non-experts de l'utiliser facilement. Nous avons confirmé que ce lexique sonore permettait

bien de caractériser et différencier des sons de nature variée en conduisant une expérience d'indexation, inspirée de l'analyse sensorielle, sur un large corpus de sons représentatifs de différents marqueurs sonores SNCF. Les résultats de cette expérience ont permis de valider la pertinence du lexique pour le design de l'identité sonore. La seconde partie de nos travaux a été consacrée au développement d'une méthodologie permettant, à partir du lexique sonore, d'établir les spécifications fonctionnelles et identitaires d'un cahier des charges relatif à un projet de design sonore. Nous avons fait l'hypothèse (H3) que l'on pouvait rédiger les spécifications liées à l'identité et aux contraintes fonctionnelles grâce au lexique. Nous avons proposé une approche originale reposant sur la détermination d'**invariants** (propriétés caractéristiques) et de **leviers** (marge de manoeuvre autorisée) d'une classe d'objets sonores. D'autre part, nous avons proposé une méthodologie créative reposant sur trois outils : le lexique sonore, le jeu de cartes sonores et les planches de tendance. Ces outils constituent un support pour l'opération de transformation sémantique. Ces propositions méthodologiques ont été testées lors d'un projet de design sonore consistant à construire cinq identités sonores et à les décliner sur six marqueurs sonores représentatifs de l'univers ferroviaire. Une expérience de tri a finalement permis de montrer que les identités ainsi créées étaient différenciées les unes des autres, ce qui a permis de valider les hypothèses H1 et H3. Les outils et méthodes que nous avons proposés dans nos travaux de recherche constituent des pistes pertinentes pour le domaine du design sonore.

Discussion

Un langage pour le design sonore D'après les observations de Porcello (2004), les frontières d'un domaine d'expertise sont en partie définies par le langage que partagent les experts de ce domaine pour communiquer. Nos travaux de recherche se sont déroulés dans le cadre du design sonore, domaine relativement nouveau et pluridisciplinaire. Nous avons choisi de travailler sur les mots du langage courant décrivant les sons, afin de permettre à des intervenants non-experts susceptibles d'être impliqués dans un projet de design sonore de s'exprimer sur la matière sonore. Cette même problématique de communication a été abordée sous un angle radicalement différent par le projet Skat-VG (Rocchesso *et al.* 2015) : celui des imitations gestuelles et vocales. Ces différentes études témoignent du besoin croissant d'outils et de méthodologies pour le design sonore. Les études sur le vocabulaire sonore sont nombreuses (nous en avons présenté un éventail assez large dans le chapitre 5), et certaines d'entre elles remontent à plus d'un demi-siècle, pourtant la communauté des professionnels du son continue de souffrir de l'absence de vocabulaire simple et partagé. Nos travaux de recherche ont permis d'apporter au domaine du design sonore un lexique adapté à la communication. L'originalité de notre démarche a été

de partir des mots pour aller vers les sons. Dans la plupart des études scientifiques, le point de départ est un corpus de sons défini à l'avance : l'objectif est alors d'explorer ce corpus afin de à révéler la structure perceptive sous-jacente, soit en termes de dimensions continues expliquées par des paramètres acoustiques (et parfois des mots), soit en termes de cotations sur des échelles sémantiques, soit en termes de catégories perceptives décrites librement (voir Susini *et al.* 2012). Dans les travaux de thèse de Faure (2000), les mots sont pris comme point de départ ; les résultats expérimentaux montrent qu'un portrait de mots pertinents permet de déterminer le son correspondant parmi une liste de sons. Plus globalement, ces résultats indiquent un meilleur consensus lorsque l'on part des mots pour aller vers les sons, que le contraire. De plus, dans la définition que donnent Susini *et al.* (2014), le processus de design sonore est vu comme *« l'inverse du processus d'écoute »*. Il vise à faire entendre une intention. Nous avons donc cherché à partir d'un ensemble de mots, pour les illustrer ensuite par des exemples sonores de référence illustrant les propriétés correspondantes du son. Il est illusoire de penser que cette sélection de mots soit exhaustive, notamment lorsqu'il s'agit du champ d'expertise des professionnels du son. Nous avons pu constater au cours de notre démarche que même les professionnels du son n'accordaient pas la même signification à des termes qu'ils employaient pourtant chacun très fréquemment pour décrire les sons. Notre lexique ne prétend pas donner une définition universelle de chaque mot : son objectif est avant tout appliqué, il a pour but de fournir des éléments de design autour desquels les acteurs d'un projet de design sonore peuvent s'accorder et discuter. Nous avons choisi de concentrer nos efforts de recherche sur un langage représentatif des propriétés intinsèques du son car ce mode de description est susceptible de s'appliquer à n'importe quel son indépendamment de sa cause ou de son contexte. L'outil que nous avons développé est un outil support, qui permet aux différents acteurs de la démarche de discuter de la matière sonore, sans rentrer dans un langage trop technique ou trop vague. Notre approche s'inscrit dans une conception Schaefferienne du phénomène sonore ; les travaux de Gaver (1993) ou plus récemment Houix *et al.* (2012) pourraient conduire à la construction d'un outil complémentaire fondé sur un mode de description causal. Une étude visant à constituer un inventaire de sons produits par différents matériaux selon leur mode de sollicitation a été amorçée par le compositeur Roland Cahen lors d'un atelier[1] conduit à l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle (ENSCI - Les Ateliers). Des recherches plus approfondies menées dans cette direction apporteraient au design sonore des outils complémentaires à ceux que nous proposons.

[1] http://www.ensci.com/creation-industrielle/cours/studios-de-creation/art-et-design-sonore/projet/article/5210/

Méthodologie de design sonore identitaire Nous avons proposé dans nos travaux une méthode expérimentale originale, inspirée de nouvelles méthodes exploratoires d'analyse sensorielle. Cette méthode nous a permis de construire une grande base de données de sons indexés par les différents attributs de notre lexique. Nous avons privilégié une description qualitative par rapport à des méthodes traditionnelles faisant appel à des échelles continues, afin de permettre aux participants d'utiliser les mots qu'ils jugaient les plus pertinents pour décrire les sons qui leur étaient proposés. Malgré un entraînement court (comparé à la durée typique des études d'analyse sensorielle pratiquées dans l'industrie), nous avons réussi à former un panel capable de décrire et discriminer les sons de manière stable et répétable. Aujourd'hui, le son commence à devenir une composante essentielle des produits, voire un produit à part entière. Les méthodes d'analyse sensorielle sont largement répandues dans l'industrie (notamment agro-alimentaire et cosmétique) pour étudier les autres modalités sensorielles des produits en vue de leur conception (on parle de *design sensoriel*). Le domaine du design sonore gagnerait à développer davantage ces méthodologies pour les adapter à la caractérisation des sons. Dans nos travaux, nous avons appliqué la méthode CATA ("*Check-all-that-apply*") à la caractérisation d'un corpus de sons très hétérogène. Cette démarche a été motivée par notre problématique de recherche, à savoir celle de l'identité sonore. Nous n'avons pas connaissance de références académiques antérieures ayant conduit des expériences d'analyse sensorielle dans de telles conditions. Les résultats de notre expérience montrent que cette méthode permet de positionner les classes de sons les unes par rapport aux autres, et de comparer les différents exemplaires de sons au sein de chaque classe. L'originalité de notre approche est qu'elle s'applique à la caractérisation d'une série de produits de natures différentes : ce choix nous a conduit à comparer sur le plan perceptif des stimuli très hétérogènes, et à rechercher les points communs et les différences entre eux. Il existe d'autres méthodes expérimentales permettant d'étudier les similarités et les différences entre les sons, comme les expériences de comparaison par paires ou les expériences de tri. Dans le premier cas, on ne peut considérer qu'un nombre limité d'exemplaires. De plus, la méthode ne fonctionne bien que lorsque l'espace des sons à caractériser est structuré selon un continuum perceptif (Susini *et al.* 2012). Les expériences de tri fonctionnent bien lorsque la structure des stimuli est catégorielle. Cependant, la similarité entre les sons repose sur plusieurs critères qui varient selon les auditeurs et selon les sons (Lemaitre *et al.* 2010) : similarité acoustique, similarité causale ou similarité sémantique. L'indexation sonore présente de nombreux avantages. D'une part, les sons sont évalués individuellement. La durée de l'expérience augmente donc de façon linéaire avec le nombre de sons. Dans notre cas, nous avons conduit l'expérience sur un corpus de 240 sons. Un tel nombre de sons n'est pas compatible avec les procédures de tri ou de comparaisons par paires. De plus, nous avons remarqué que, grâce à l'entraînement des auditeurs, les résultats restaient stables et répétables d'un jour à l'autre. La procédure est donc adaptée à la caractérisation d'un

grand nombre de sons, l'expérience pouvant être scindée en plusieurs séances. D'autre part, nous avons conduit l'expérience sur un corpus hétérogène, constitué lui-même de sous-corpus homogènes. L'indexation a permis aussi bien de différencier les sons appartenant à différentes classes, que d'expliquer la diversité des exemplaires de sons d'une même classe. La méthode reste très dépendante du lexique utilisé, et nous ne pouvons pas obtenir le même niveau de précision dans la description verbale qu'avec des lexiques spécifiques. Cependant, nous avons montré que les 35 termes que nous avons retenus constituaient un ensemble suffisant pour travailler sur le design identitaire de nos six marqueurs. La réflexion que nous avons menée sur la caractérisation des classes de sons nous a conduit à définir un nouveau cadre pour étudier la typicité des objets. Nous avons ainsi défini une approche originale reposant sur la détermination d'*invariants* et de *leviers* d'une classe d'objets. Le protocole d'analyse sensorielle que nous avons adapté à la caractérisation des sons repose sur la description qualititative par des attributs. Cette approche est en rupture avec les approches traditionnelles qui reposent le plus souvent sur l'évaluation de grandeurs quantitatives. Ce nouveau cadre de travail dans lequel les objets sont caractérisés par la présence ou l'absence d'attributs nous a conduit à définir les notions d'invariants et de leviers d'une classe d'objets. L'expérience d'indexation que nous avons proposée, ainsi que les différentes analyses complémentaires (analyse en composantes principales des sons d'une classe, représentation des traits en fonction du taux d'identification) semblent être des outils pertinents pour travailler sur l'identité. Nous rappelons cependant que nos observations sont tributaires du lexique sonore, du corpus de sons étudié, ainsi que des participants constituant le panel sensoriel. Pour aller plus loin sur la piste de ces invariants et leviers et pour valider la pertinence de cette approche pour le design, il serait judicieux de conduire le même type d'expériences et de méthodologie dans d'autres contextes (panel de professionnels du son, autres sons, autres modalités...).

Identité sonore et identité de marque Nous avons défini l'identité sonore globale comme *« l'ensemble des indices sonores à travers lesquelles un public peut reconnaître la marque et la distinguer d'autres marques »*. Nous avons distingué les indices musicaux liés à la communication de la marque et ceux liés à l'environnement sonore de la marque, à ses produits et équipements. Dans nos travaux de recherche, nous avons délibérément choisi de ne pas travailler sur l'identité musicale, pour nous concentrer sur l'identité sonore des produits. Le langage que nous avons créé a donc été pensé pour caractériser les objets sonores, et non des extraits musicaux. Nous pourrions imaginer développer de la même manière un lexique illustré adapté à la caractérisation de la musique : un travail similaire pourrait être fait sur des paramètres comme les modes (mineur/majeur), le tempo, le genre musical, la richesse de l'orchestration... Nous avons d'ailleurs mentionné

les travaux du MIM sur les Unités Sémiotiques Temporelles qui constituent en quelque sorte un inventaire de la morphologie des phrases musicales. Cependant, il convient de se poser la question de la nécessité d'un tel travail. Peut-on traiter l'identité musicale et l'identité sonore des produits par les mêmes méthodologies ? Nos travaux reposent sur l'hypothèse de transformation sémantique : nous avons choisi de travailler sur des termes descriptifs du son pour traduire les valeurs identitaires des marques, avant de chercher à retrouver ces caractéristiques sonores dans les produits et équipements. Le cas de la musique est différent : les stimuli musicaux sont, par nature, plus propices à évoquer directement des valeurs et des émotions, et donnent ainsi la possibilité d'évaluer directement la perception des intentions désirées. Les mots *simple* et *bienveillant*, par exemple, évoquent probablement plus facilement des représentations musicales, que des sons de composteurs ou d'ouvertures de portes. Si le travail sur la musique de communication et celui sur le son des objets fait appel à des compétences et des méthodologies différentes, il n'en reste pas moins que ces deux types de sons participent tous les deux à l'identité sonore globale de la marque. Dans cette optique, il serait souhaitable de développer une approche holistique permettant aux designers sonores et aux designers musicaux de travailler de concert. Dans des perspectives encore plus larges, il apparaît nécessaire de mettre en relation le travail sur l'identité sonore avec celui effectué sur les autres modalités. La dimension sonore des produits commence aujourd'hui à être prise en compte par les industriels, mais ce n'est pas la seule modalité sensorielle intervenant dans la perception globale des produits. Des réflexions pour associer le design sonore au design d'autres modalités dans une logique de conception multisensorielle permettraient de renforcer davantage les capacités évocatrices des objets. Les outils créatifs que nous avons utilisés peuvent alors être adaptés aux autres modalités, en particulier le jeu de cartes que nous avons utilisé en tant que support physique de médiation entre langages. L'avantage de cet outil est qu'il peut être modulaire, nous pouvons très bien imaginer la construction d'une famille de cartes visuelles, de cartes olfactives, de cartes tactiles... Les planches de tendance sont déjà des outils largement utilisés chez les industriels. Nous avons évoqué dans le chapitre 2 des travaux exploratoires visant à constituer des planches de tendances multisensorielles. Les matières, les couleurs, les odeurs et les sons peuvent être associés dans la démarche de transformation sémantique des intentions identitaires. Les travaux que nous avons menés et les outils que nous avons construits sont spécifiques à la matière sonore, mais pourraient servir d'inspiration pour la construction de méthodologies de design multisensoriel.

Évolutions possibles de l'outil Une des limites de notre lexique concerne la manière dont il a été établi. Nous avons suivi une méthodologie rigoureuse quant à la sélection des termes, et nous avons croisé les informations que nous avons rassemblées à travers

une analyse approfondie de la littérature sur la description verbale avec des entretiens réalisés auprès d'experts du son. Ce travail de recherche s'est étendu sur près d'un an. Nous avons pu mesurer la complexité de cette démarche et la difficulté d'établir des règles, des exemples qui traduisent la perception et l'interprétation que chacun a des mots du lexique. Nous avons pu établir des définitions et des exemples sonores pour 35 termes, en essayant d'extraire les éléments les plus consensuels que nous ont donnés les experts du son sur chaque terme. Le lexique sonore obtenu n'est pas figé et doit être amené à évoluer : il est possible de l'enrichir et surtout d'enrichir la base d'exemples que nous lui avons associée. Dans sa version actuelle, les pages consacrées à chaque terme présentent cinq ou six exemples spécifiquement créés par un étudiant en design sonore. Ce petit nombre d'exemples rend la signification et l'interprétation des termes très dépendantes de ces exemples. Une solution serait de faire de ce lexique un outil ouvert, que l'on peut modifier, enrichir, partager... L'interface dédiée au lexique présente un grand potentiel, au-delà du support à un projet de design sonore, à l'organisation de bases de données de matière sonore, ou à la pédagogie musicale par exemple. Le développement d'une version ouverte et collaborative (de type Wikipédia) de ce lexique est actuellement en projet à l'Ircam.

Conclusion

L'enjeu de nos recherches était de proposer des méthodes et outils permettant de prendre en compte des intentions identitaires dans les spécifications communiquées à un designer sonore. Nous avons élaboré et appliqué une méthodologie de design sonore identitaire reposant principalement sur un outil nouveau, le lexique sonore. Ce lexique de 35 termes est le fruit d'une analyse approfondie de la littérature scientifique sur la description des sons, d'une enquête auprès de la communauté des designers sonores, et d'un travail de réflexion et de création réalisé par un designer sonore. Nous avons montré l'interêt de ce lexique aussi bien pour l'étude expérimentale de la perception des sons que pour la communication au sein de projets en design sonore. Une expérience originale d'indexation sonore a été conduite afin de caractériser un grand nombre de sons de natures variées à l'aide des termes du lexique. Notre réflexion sur la relation entre l'identité et la fonction nous a permis de proposer une nouvelle approche pour le design sonore : nous avons défini les notions d'invariants (éléments sonores prototypiques) et de leviers (champs des possibles) d'une classe de sons, à partir de notre lexique sonore. La détermination, à partir de l'expérience d'indexation, des invariants et leviers d'objets sonores typiques de l'univers ferroviaire nous a permis de montrer que les intentions d'une marque pouvaient se décliner sur plusieurs types de supports sonores. Des outils créatifs tels que les planches de tendance et le jeu de cartes sonores associées au lexique ont permis de traduire les intentions de la marque SNCF en directions de design sonore. Une étape de création réalisée par une agence de design sonore, l'agence LAPS, nous a permis de tester notre méthodologie et nos outils lors d'un projet concret en design sonore. Ces recherches exploratoires constituent un premier pas vers l'établissement de méthodologies pour le design sonore, et ouvrent de nombreuses perspectives quant à la maîtrise et la conception de notre environnement sonore.

Annexe A

Statistiques

Cette annexe présente le principe des méthodes statistiques que nous avons utilisées pour analyser les résultats des diverses expériences.

A.1 Analyse des données CATA

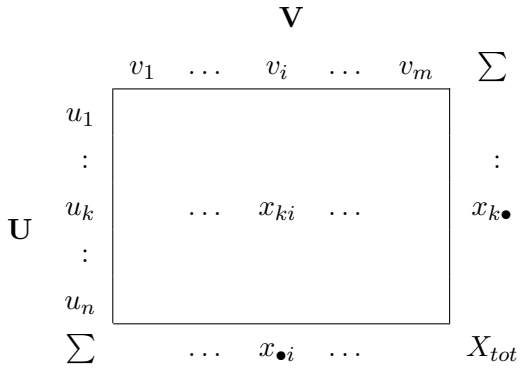
Nous présentons dans cette section le principe des différentes méthodes d'analyse des données CATA que nous avons utilisées pour analyser les résultats de l'expérience E2 d'indexation sonore (chapitre 7, § 7.3 page 123).

A.1.1 Analyse des correspondances

L'analyse des correspondances (CA) est une méthode d'analyse exploratoire de données développée par Benzecri (1976), et appartenant à la famille des méthodes d'analyse factorielle. Ces méthodes ont pour objectif principal de résumer l'information donnée par un grand nombre de variables, en un nombre plus restreint de variables nouvelles. L'analyse des correspondances peut être considérée comme une généralisation de l'analyse en composantes principales (ACP), applicable à des données qualitatives. L'intêret de cette méthode est qu'elle conduit à une représentation simultanée des individus (dans notre cas, les sons) et des variables (dans notre cas, les attributs) dans le même espace.

A.1.1.1 Format des données

Les données d'entrées de la CA se présentent sous la forme d'un tableau de contingence entre deux variables qualitatives U et V possédant respectivement n et m modalités. Ce tableau dénombre les modalités croisées de ces deux variables (voir table A.1).



TAB. A.1: Tableau de contingence entre la variable U prenant les n modalités [u_1, u_2, ...,u_n], et la variable V prenant les m modalités [v_1, v_2, ...,u_m]. Les distribution marginales $x_{k\bullet}$ et $x_{\bullet i}$, correspondant respectivement à la somme des éléments de chaque ligne, et à celle de chaque colonne, sont calculées. X_{tot} correspond au nombre total d'observations.

Dans notre cas, la variable U correspond à la nature du son décrit : elle présente 240 modalités qui correspondent aux 240 sons du corpus utilisé pendant l'expérience. La variable V correspond à la nature du mot utilisé dans la description. Elle présente 35 modalités qui sont les 35 termes du lexique sonore. Ainsi, la grandeur x_{ki} du tableau de contingence représente le nombre de fois que le son k a été décrit par l'attribut i. Nous appliquerons donc l'analyse des correspondances à la matrice de fréquences [Sons x Attributs] (voir chapitre 7, § 7.3.1 page 124). Cette matrice est présentée dans sur la figure A.2.

$\sum$ Auditeurs	Aigu	Grave	Ascendant	...	Strident
Son 1	17	1	0	...	10
Son 2	4	11	16	...	0
Son 3	5	5	0	...	2
...	...	...	...	...	...
Son n_K	20	0	0	...	18

TAB. A.2: Matrice totale des fréquences observées pour la description des sons par l'ensemble des attributs, sur laquelle l'analyse des correspondances est réalisée.

La CA va alors déterminer et hiérarchiser toutes les dépendances entre les lignes et les colonnes du tableau de contingence. À partir du tableau de contingence, deux nouveaux tableaux sont construits. Le tableau des « profils lignes » est obtenu en divisant chaque élément d'une ligne du tableau de contingence par la marge de la ligne. De la même façon, le tableau des « profils colonnes » est obtenu en divisant chaque d'une colonne du tableau de contingence par la marge de la colonne. Les nouvelles distributions marginales

(encadrées en rouge sur les exemples A.3 et A.4) sont les appelés « profils moyens » des lignes ou des colonnes.

		$\mathbf{V}$			
	v_1	$\dots$	v_i	$\dots$	v_m	$\sum$
$\mathbf{U}$	u_1					
	$\vdots$					$\vdots$
	u_k	$\dots$	$X^L_{ki} = \frac{x_{ki}}{x_{k\bullet}}$	$\dots$		1
	$\vdots$					
	u_n					
	$\sum$	$\dots$	$x_{\bullet i}$	$\dots$		1

TAB. A.3: Profil ligne

		$\mathbf{V}$			
	v_1	$\dots$	v_i	$\dots$	v_m	$\sum$
$\mathbf{U}$	u_1					
	$\vdots$					$\vdots$
	u_k	$\dots$	$X^C_{ki} = \frac{x_{ki}}{x_{\bullet i}}$	$\dots$		$x_{k\bullet}$
	$\vdots$					
	u_n					
	$\sum$	$\dots$	1	$\dots$		1

TAB. A.4: Profil colonne

A.1.1.2 Principe de la méthode

L'analyse des correspondances repose sur le même principe que l'ACP : il est possible interpréter géométriquement les lignes et les colonnes d'un tableau de données par des nuages de points dans deux espaces différents. En ACP, ces deux espaces sont l'espace des variables et l'espace des individus. En analyse des correspondances, il n'y a plus de distinction entre variable et individus : les lignes et les colonnes du tableau de contingence jouent un rôle symétrique dans l'analyse. De plus, les tableaux des profils lignes et des profils colonnes sont construits de telle manière à ce que le centre de gravité de chaque nuage corresponde au profil moyen. Le nuage permet donc de visualiser la dispersion de l'ensemble des profils lignes par rapport au profil ligne moyen. Il est est de même pour les profils colonnes. Dans chacun des cas, les données sont représentées dans un espace à n (ou m pour les colonnes) dimensions. Le tableau des profils lignes et celui des profils colonnes sont alors chacun soumis à une ACP qui a pour but de projeter les données sur

de nouvelles dimensions, en les choisissant de manière à ce qu'elles expliquent au mieux l'inertie des nuages.

A.1.1.3 Distance utilisée

En ACP classique, la distance choisie pour mesurer la ressemblance des individus est la distance euclidienne. Deux individus k et k' se ressemblent d'autant plus qu'ils possèdent des valeurs proches pour l'ensemble des variables, ce qui se traduit par la distance d(k,k') :

$$d(k,k') = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}(x_{ki} - x_{k'i}^2)}$$

x_{ki} correspond à la valeur prise par l'individu k pour la variable i. L'analyse des correspondances se distingue de l'ACP classique par la distance choisie pour l'analyse. La distance d(k,k') n'est plus la distance euclidienne mais la **distance du** χ^2. La distance choisie pour l'analyse s'exprime alors par :

$$d(k,k') = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}\frac{(x_{ki}/x_{k\bullet} - x_{k'i}/x_{k'\bullet})^2}{x_{\bullet}i}}$$

$x_{k\bullet}$ (respectivement $x_{k'\bullet}$) est la somme de la ligne i (respectivement i') sur toutes les colonnes, $x_{\bullet i}$ est la somme de la colonne i sur toutes les lignes. Cette dernière a pour particularité de revaloriser les lignes et les colonnes présentant le moins d'occurences. Cela permet d'éviter que les descripteurs peu sélectionnés en moyenne (comme *chaud* ou *rond* dans notre cas) se retrouvent « écrasés » par ceux présentant un total d'occurrences élevés (comme *court* ou *aigu*).

A.1.1.4 Inertie du nuage de point

L'**inertie** du nuage de point est la somme de l'inertie de chacun des points du nuage par rapport au barycentre G (correspondant au profil moyen). L'inertie d'un point correspond à la masse multipliée par le carré de la distance. La masse est le poids accordé à chaque profil : il correspond à son effectif marginal $x_{k\bullet}$. La distance est la distance du χ^2 entre le profil (ligne ou colonne) et le profil moyen correspondant.

$$Inertie = \sum_{k=1}^{N} I(k,G) = \sum_{k=1}^{N} x_{k\bullet} d_{\chi^2}^2(k,G)$$

L'inertie mesure l'**écart à l'indépendance** : si toutes les observations sont indépendantes, alors le nuage de profils lignes (ou colonnes) est réduit à un ensemble de points confondus. Au contraire, lorsqu'il existe des relations de dépendance entre les variables, l'inertie augmente et les points se dispersent. C'est cette inertie qui est maximisée lors de la détermination des nouvelles dimensions des ACP sur les profils lignes et sur les profils colonnes.

A.1.1.5 Représentation

L'analyse des correspondances permet de représenter simultanément les lignes et les colonnes sur le même graphique. Cette représentation repose sur des **relations de transitions** entre les profils lignes et les profils colonnes. En effet, les coordonnées d'une ligne donnée peuvent s'exprimer en fonction des coordonnées de toutes les colonnes. Cela se traduit sur la représentation finale par les deux propriétés suivantes :

- Une ligne (dans notre cas, un son) est du côté des colonnes auxquelles elle s'associe le plus.
- Une colonne (dans notre cas, un attribut) est du côté des lignes auxquelles elle s'associe le plus.

Lors d'une analyse factorielle, on peut rajouter sur la visualisation finale des variables « supplémentaires », c'est-à-dire n'intervenant pas dans le calcul des dimensions de l'espace d'arrivée. Ces variables sont alors projetées sur chacun des axes. Leur position dans l'espace sensoriel respecte les deux propriétés que nous avons citées ci-dessus : les relations de dépendance entre ces variables et les profils lignes / profils colonnes sont d'autant plus fortes que les points correspondants sont proches dans l'espace sensoriel. Dans le cas de l'expérience d'indexation sonore du chapitre 7, nous considèrerons l'appartenance à une catégorie de son comme une variable supplémentaire.

A.1.2 Méthode bootstrap pour évaluer la stabilité de la configuration globale

Le bootstrap est une technique statistique reposant sur la simulation de plusieurs jeux de données à partir des données initiales. Le principe de la méthode de bootstrap consiste à simuler un grand nombre (en général N=1000) d'échantillons de même taille que les données initiales en tirant aléatoirement **avec remise** les observations parmi les données des participants. Par exemple, pour un ensemble de n participants $[p_1, p_1, p_1, \dots p_n]$, on pourra tirer l'échantillon $[p_1, p_3, p_3, p_5, p_6 \dots p_{n-1}]$ ou encore l'échantillon $[p_2, p_2, p_2, p_2, p_8 \dots p_n]$. Le grand nombre d'échantillons simulés permet d'évaluer la distribution d'un estimateur (et en particulier sa moyenne et son écart type) lorsque l'on ne connaît pas la loi qui lui est associée. Dans le cas de l'évaluation de la stabilité d'une configuration obtenue lors d'une expérience d'analyse sensorielle, l'indicateur que nous utiliserons sera le **coefficient RV**. Ce coefficient a été proposé par Robert et Escoufier (1976) pour estimer la similarité entre deux matrices de variables quantatives. L'application principale de ce coefficient est la comparaison de configurations issues d'analyses multivariées (ACP, analyse des correspondances, ...). Il est définit pour deux matrices X et Y par :

$$RV(X,Y) = \frac{trace(XX^TYY^T)}{\sqrt{trace(XX^TXX^T)trace(YY^TYY^T)}}$$

Dans notre cas les matrices X et Y sont les matrices des coordonnées de chaque point dans l'espace sensoriel. Un échantillon bootstrap sera fabriqué en tirant aléatoirement 20 matrices de réponses parmi les données de réponses des 20 sujets. La matrice de fréquences relative à chacun des échantillons bootstrap est alors soumise à une analyse des correspondances, ce qui conduit à la génération de N « configurations bootstrap ». La distance entre chacune de ces configurations et la configuration observée est alors déterminée à l'aide du coefficient RV calculé sur les deux premières dimensions de l'espace sensoriel obtenu par analyse des correspondances. La distribution de ce coefficient et en particulier sa moyenne sur l'ensemble des simulations bootstrap constituent un indicateur de stabilité de la configuration. Lawless et Glatter considèrent qu'un coefficient RV de 0.85 est un bon indicateur de répétabilité entre deux configurations (Lawless et Glatter (1990) cités dans Ares *et al.* (2014b)). Pour les simulations et l'évaluation de la stabilité par bootstrap, un indicateur supérieur à 0.95 est recommandé (Ares *et al.* 2014b). Nous utilisons également le coefficient RV pour comparer la position relative des sons et des attributs dans l'espace sensoriel obtenu par chacune des analyses de correspondances réalisées sur les données issues des sessions d'entraînement (voir § 7.4.5, page 138).

A.1.2.1 Test Q de Cochran

L'objectif est d'évaluer pour chaque attribut si les participants détectent des différences significatives entre les sons. Cette analyse peut s'effectuer l'aide du test Q de Cochran (Meyners *et al.* 2013, Varela et Ares 2012). Les données sont représentées pour chaque attribut dans une matrice binaire [Auditeurs x Sons], chaque case de la matrice indiquant si le terme a été sélectionné ou non par chaque auditeur pour caractériser le son (voir table A.5).

Auditeurs	Son 1	Son 2	Son 3	...	Son n_K
A_1	1	0	1	...	1
A_2	0	0	1	...	1
A_3	1	1	1	...	0
...	...	...	...	...	...
A_J	1	0	0	...	1

TAB. A.5: Matrice des données relatives à chaque descripteur sur laquelle on applique le test Q de Cochran.

Le test Q de Cochran est un test non-paramétrique qui permet de tester l'égalité de k distributions d'une variable binaire. Pour cela, on calcule pour chaque attribut la grandeur :

$$Q = \frac{n_K(n_K-1)\sum_{k=1}^{n_K}(T_k-\overline{T})^2}{n_K\sum_{j=1}^{n_J}R_j-\sum_{j=1}^{n_J}R_j^2}$$

T_k correspond au nombre d'auditeurs qui ont utilisé cet attribut pour décrire le son k, $\overline{T}$ correspond à la moyenne de T_k sur l'ensemble des sons, et R_j correspond au nombre de sons pour lesquels l'auditeur j a sélectionné l'attribut considéré. Sous l'hypothèse nulle qu'il n'y a pas de différence entre les sons pour l'attribut, la distribution de Q suit asymptotiquement une loi du χ^2 à (n_k-1) degrés de liberté. On peut ainsi tester le **pouvoir discriminant** de chaque attribut (Meyners *et al.* 2013).

A.1.2.2 Mesures de consensus : Kappa de Fleiss et F-score

Cette section présente deux indicateurs couramment utilisés pour mesurer l'accord entre deux ou plusieurs observateurs.

Le Kappa de Fleiss

Le coefficient Kappa de Fleiss est un indicateur mesurant, pour un ensemble d'observateurs assignant des éléments à un nombre fixe de catégories, le degré de concordance des annotations par rapport à ce qui pourrait être attendu si la classification se fait au hasard (Fleiss 1971). Il s'écrit sous la forme :

$$\kappa_F = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

P_o correspond à la proportion d'accord observée, P_e correspond à la proportion d'accord entre les observateurs due au simple hasard. Le coefficient kappa varie ainsi entre -1 et 1. Un kappa supérieur à zero signifie que l'accord entre les participants est meilleur que celui produit par le hasard. La quantité P_o se calcule de la manière suivante :

$$P_o = \frac{1}{N \cdot n(n-1)} (\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{k} n_{ij}^2 - N \cdot n)$$

N est le nombre d'observations, n est le nombre d'observateurs et k est le nombre de catégories dans auxquelles sont assignées les observations. Dans le cas de l'expérience E2 d'indexation sonore, nous avons n = 20 observateurs et k = 2 catégories : *« oui »* et *« non »* (par défaut) pour l'assignation d'un attribut à un son. Nous pourrons calculer le kappa de fleiss pour évaluer le consensus quant à l'utilisation de chaque attribut par le panel (les participants choisissent-ils cet attribut pour décrire les même sons ?), ou pour l'évaluer quant à la description de chaque son (un son est-il décrit avec les mêmes attributs par les participants ?). Dans le premier cas, nous aurons un nombre d'observations N = 240 (correspondant aux 240 sons du corpus), et dans le deuxième cas, nous aurons N = 35 (correspondant aux 35 attributs du lexique). La quantité P_e s'écrit :

$$P_e = \sum_{j=1}^{k} (\frac{1}{N \cdot n} \sum_{i=1}^{N} n_{ij})^2$$

Le F-score

Le F-score est une mesure utilisée dans l'analyse statistique de classification binaire pour évaluer le degré d'exactitude d'un test de classification par rapport à la réponse exacte. Il s'agit de la moyenne harmonique de la *Précision* P et du *Rappel* R :

$$\text{F-score} = \frac{2 * P * R}{P + R} \qquad \text{avec} \qquad P = \frac{Z_{12}}{Z_1} \qquad \text{et} \qquad R = \frac{Z_{12}}{Z_2}$$

$$\text{ce qui nous donne donc} \qquad \text{F-score} = \frac{Z_{12}}{Z_1 + Z_2}$$

Z_{12} correspond au nombre de sélections d'attributs identiques pour les deux auditeurs, Z_1 (respectivement Z_2) correspond au nombre total d'attributs sélectionnés par le premier auditeur (respectivement le second). Ce coefficient varie entre 0 et 1. S'il est moins adapté que le coefficient kappa vis-à-vis de notre problème, le F-score a l'avantage de mesurer l'accord relatif à chaque paire de participants. Il est particulièrement approprié lorsqu'une solution (ou « *ground truth* ») existe. Dans notre cas, nous ne pouvons pas affirmer a priori de manière catégorique qu'un attribut est présent ou absent pour un son donné. Nous utilisons le F-score pour comparer les données d'indexation de l'expérimentateur avec les données issues des résultats de l'expérience E2.

A.1.2.3 Analyse de la répétabilité

Répétabilité individuelle Afin d'évaluer la répétabilité lors d'une tâche de type CATA effectuée à deux reprises, Campo *et al.* (2008) ont proposé un indice de reproductibilité R_j mesurant la proportion de termes utilisés dans les deux sessions par chaque participant j pour caractériser un même produit. Ce coefficient est compris entre 0 et 1, et Campo *et al.* (2008) proposent de fixer à 0.2 le seuil critique en dessous duquel un participant doit être éliminé car ses résultats ne sont pas répétables. Jaeger *et al.* (2013) proposent de corriger cet indice en tenant compte aussi bien des termes sélectionnés que des termes non sélectionnés et définit l'indice global de reproductibilité RI_j. Ces deux indices peuvent aussi être calculés spécifiquement pour chaque produit :

$$R_j = \frac{1}{n_K} \sum_{k=1}^{n_K} R_{jk} \qquad \text{avec} \qquad R_{jk} = 2 * \frac{X_{1,2}^{jk}}{X_1^{jk} + X_2^{jk}}$$

$$RI_j = \frac{1}{n_K} \sum_{k=1}^{n_K} RI_{jk} \qquad \text{avec} \qquad RI_{jk} = \frac{X_{1,2}^{jk} + Y_{1,2}^{jk}}{X_{tot}}$$

n_K correspond au nombre de sons, R_{jk} (respectivement RI_{jk}) est l'indice de reproductibilité (respectivement l'indice global de reproductibilité) spécifique au son k, X_1^{jk} (respectivement X_2^{jk}) correspond au nombre de termes utilisés par le sujet j pour décrire le son k lors de la session 1 (respectivement lors de la session 2), $X_{1,2}^{jk}$ correspond

au nombre de termes sélectionnés communs aux deux sessions (pour le son k), et $Y_{1,2}^{jk}$ correspond au nombre de termes non sélectionnés communs aux deux sessions. X_{tot} représente le nombre total de termes utilisé pour décrire l'ensemble des produits (on notera que R_{jk} est un F-score). Worch et Piqueras-Fiszman (2015) exposent les limites de ces deux indices : dans le premier cas, le seuil de 0.2 proposé est très spécifique à l'étude de Campo *et al.* (2008), pour laquelle il y avait 6 termes à sélectionner parmi 73. Ainsi, dans une étude où un participant sélectionne à deux reprises 10 termes parmi 20 pour caractériser un produit, il suffira que deux termes soit communs pour atteindre le seuil critique. Il faut donc réévaluer le seuil d'acceptabilité en fonction de la configuration et de la complexité de la tâche. Dans le cas de l'indice global RI_j, un effet inverse peut se produire : dans les cas où le nombre de termes possibles est élevé par rapport au nombre moyen de termes sélectionnés, l'indice sera minoré par une valeur élevée ; par exemple pour l'étude de Campo *et al.* (2008) avec 6 termes à sélectionner parmi 73, dans le pire des cas (les 6 termes ne se recoupent pas) il y a toujours 61 termes qui ont été « non sélectionnés » en commun aux deux sessions, ce qui conduit à un indice minimum de 0.83. Afin d'évaluer le degré de significativité statistique de ces deux indices, Worch et Piqueras-Fiszman (2015) proposent de comparer les valeurs mesurées de ces grandeurs aux distributions des indices spécifiques R_{jk} et RI_{jk} obtenues par permutation aléatoire. Ainsi, on simule un grand nombre de sélection aléatoire pour chaque sujet tout en conservant les distributions marginales (i.e. le nombre de termes sélectionnés par sujet par produit). Dans notre cas, une configuration simulée correspondrait ainsi à l'allocation aléatoire pour chaque participant et pour chaque son des réponses (en conservant le nombre d'attributs cochés). Cela revient à permuter aléatoirement la ligne suivante pour chaque couple **Auditeur x Son** de la matrice de résultat :

Auditeur j	Aigu	Grave	Ascendant	...	Strident
Son k	0	1	0	...	1

L'approche proposée par Worch et Piqueras-Fiszman (2015) consiste alors à estimer les p-values des indices spécifiques en comptant le nombre de valeurs simulées dépassant la valeur observée. Ces p-values indépendantes peuvent être combinées par la méthode de Fisher (voir Brown (1975) ou Kost et McDermott (2002)) pour donner une p-value globale. Cela suppose de faire l'hypothèse que les réponses qu'un auditeur donne pour un son sont indépendantes des réponses qu'il donne pour le son suivant. Les résultats de cette analyse proposée par Worch et Piqueras-Fiszman (2015) sur plusieurs études montrent que les deux indices ont des rôles similaires. Nous avons retenu pour l'analyse le premier indice RI_j plus adapté à notre situation (liste de 35 termes dont moins d'un tiers sont sélectionnés en moyenne).

Stabilité des attributs Les indices présentés dans la section précédente permettent d'évaluer la répétabilité des évaluations d'un même auditeur d'une session à l'autre. La répétabilité des résultats de l'ensemble du panel peut aussi être évaluée pour chacun des attributs à l'aide de deux coefficients de stabilités proposés par Jaeger *et al.* (2013) qui sont l'analogue du R_j et du RI_j. Ces indicateurs SI_i et SSI_i (respectivement *indice de stabilité d'un attribut* et *indice de stabilité de sélection d'un attribut*) permettent de tester la stabilité d'un attribut d'une session à l'autre et sont définis par :

$$SI_i = \frac{100}{n_K * n_J} \sum_{j=1}^{n_j} A_{id}^{ij} \qquad \text{et} \qquad SSI_i = \frac{200 * \sum_{j=1}^{n_j} A_{1,2}^{ij}}{\sum_{j=1}^{n_j} A_1^{ij} + \sum_{j=1}^{n_j} A_2^{ij}}$$

n_k et n_j correspondent respectivement au nombre de sons et d'auditeurs, A_{id}^{ij} correspond au nombre de sons pour lesquels l'auditeur j a utilisé l'attribut i de la même manière (sélectionné ou non sélectionné), $A_{1,2}^{ij}$ correspond au nombre de sons pour lesquels l'auditeur j a sélectionné l'attribut i dans les deux sessions, A_1^{ij} (respectivement A_2^{ij}) correspond au nombre de sons pour lesquels l'auditeur j a sélectionné l'attribut i lors de la session 1 (respectivement lors de la session 2). Ces deux indices varient de 0 à 100 et sont calculés pour chaque terme. Pour les mêmes raisons que celles évoquées dans le paragraphe précédent, nous retiendrons uniquement l'indice SSI_i qui accorde plus d'importance à la sélection d'un attribut qu'à sa non-sélection.

A.2 Analyse en clusters hiérarchiques

Nous avons effectué des analyses en clusters hierarchiques sur les données des expériences E4A et E4B (chapitre 8, § 9.3 page 185). Nous présentons ici le principe de la méthode que nous avons utilisée, la classification ascendante hierarchique.

A.2.1 Principe

La classification ascendante hierarchique a pour objectif de répartir les individus d'un ensemble fini en un certain nombre de classes. Pour cela, on doit disposer d'une mesure de dissimilarité *D(x,y)* pour chaque couple d'individus *(x,y)* appartenant à l'ensemble de départ. En pratique, on utilise souvent des distances (par exemple, la distance euclidienne) comme mesure de dissimilarité. Le point de départ est la situation où les n individus de l'ensemble sont isolés dans une classe (il y a donc n classes). À partir de la, le nombre de classes est réduit itérativement : à chaque étape, on fusionne les deux classes dont la dissimilarité est minimale. Lorsque les classes sont des singletons, la dissimilarité entre les classes est égale à la dissimilarité entre les individus. Lorsque les classes comportent plusieurs individus, il existe plusieurs méthodes pour calculer la dissimilarité entre classes. La relation entre la mesure de dissimilarité entre deux classes et les mesures de dissimilarité entre les individus qui les composent est appelée critère d'agrégation. Il existe plusieurs critères couramment utilisés : la méthode minimale (ou « *plus proche voisin* »), la méthode maximale, la méthode de Ward, la méthode moyenne... L'algorithme itératif se poursuit jusqu'à ce que toutes les classes soient regroupées. Le résultat de l'analyse ascendante hierarchique peut être visualisé sous la forme d'un dendrogramme (ou arbre hiérarchique), qui représente sur un graphe les classes obtenues à chaque étape de l'algorithme, la hauteur des branches indiquant leur niveau de proximité. Une illustration de ce type d'arbre est présenté sur la figure A.1.

A.2.2 Application aux données de tri

La classification ascendante hiérarchique est l'un des outils utilisés pour visualiser et interpréter les résultats d'une expérience de tri. Dans ce cas, la mesure de dissimilarité est déduite des partitions de l'ensemble réalisées par l'intégralité des individus. En pratique, pour un couple d'objets (x,y) et pour un individu i, on définit la quantité $d_i(x, y) = 0$ si les objets x et y ont été classés dans le même groupe, et $d_i(x, y) = 1$ s'ils ont été classés dans des groupes différents. La dissimilarité entre les objets x et y est alors définie par :

$$D(x,y) = \sum_i (d_i(x,y))$$

Le choix du critère d'agrégation dépend de la nature de l'espace de départ. La méthode minimale (plus proches voisins), très utilisée en classification automatisée, est très sensible au bruit dans les données, ce qui la rend peu adaptée à la classification de données expérimentales (le bruit résultant des différences interindividuelles). La méthode de Ward Jr (1963), par exemple, repose sur une interprétation géométrique de l'espace et calcule le centre de gravité des classes. Elle fonctionne très bien lorsque la matrice des distances de départ est correspond à un espace euclidien. La méthode moyenne est la plus robuste des méthodes et ne nécessite aucun a priori sur l'espace de départ (Houix 2003). C'est donc celle que nous avons utilisée.

A.2.3 Détermination de la partition optimale

En général, l'analyse des résultats d'une tâche de tri a pour objectif la détermination de classes représentant le mieux les groupements effectués par les participants. La méthode de classification ascendante hiérarchique permet de répartir les stimuli en un certain nombre de classes emboitées. Le problème est alors de déterminer le nombre de classes optimales : en bas de l'arbre, les stimuli constituent chacun une feuille de l'arbre, c'est-à dire une classe dans laquelle ils sont isolés. En haut de l'arbre se trouve la classe contenant tous les stimuli. Déterminer la partition optimale de l'ensemble, c'est trouver le nombre de classe idéal, le plus représentatif des groupements observés. En d'autres termes, l'objectif est de déterminer à quel endroit « couper » l'arbre pour visualiser les classes les plus pertinente. La figure A.1 montre deux niveaux de coupes possibles du même arbre : la première coupe, plutôt basse, fait apparaître 11 classes. La seconde coupe en fait apparaître 4.

Pour déterminer le nombre de classe optimal et ainsi faciliter l'interprétation des données de tri, nous avons choisi de nous inspirer des travaux de Houix (2003) sur la catégorisation auditive. Les analyses proposées par Houix ont notamment été reprises par Tardieu *et al.* (2008) pour l'analyse de la catégorisation des ambiances sonores en gare. Deux méthodes sont proposées dans ces travaux. La première méthode consiste à représenter la hauteur des noeuds de l'arbre sur un diagramme : une rupture de pente indique alors un endroit de coupe privilégié (Saporta 2006). La seconde approche repose sur une méthode de bootstrap de l'Indice de Rand Ajusté (nous avons déjà présenté le principe du bootstrap dans la section A.1.2 de cette même annexe). Nous présentons cette indice dans le paragraphe suivant.

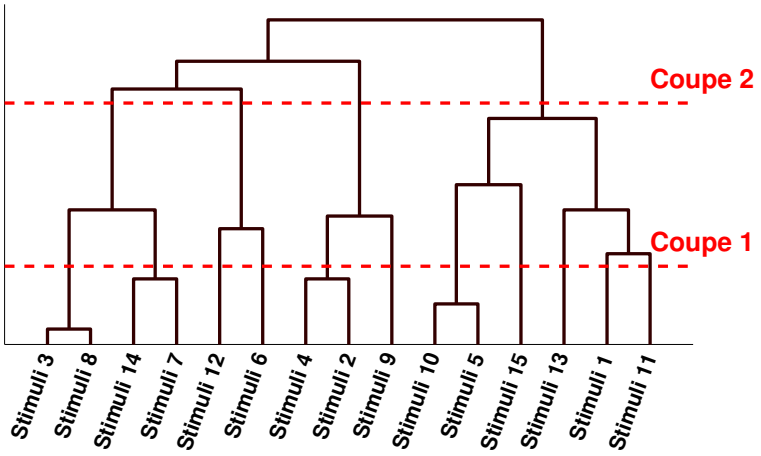


FIG. A.1: Exemple d'arbre hiérarchique obtenu à partir des données de tri de 15 stimuli. Les deux niveaux de coupe illustrés sur la figure font apparaître 4 et 11 classes.

A.2.3.1 Indice de Rand Ajusté (IRA)

L'Indice de Rand Ajusté est une mesure proposée par Hubert et Arabie (1985) permettant d'évaluer la similarité entre deux partitions. Il peut être calculé à partir du tableau de contingence entre les deux partitions P1 et P2 (figure A.6), à l'aide des formules disponibles dans Youness et Saporta (2004). La quantité x_{ij} dans ce tableau correspond au nombre d'éléments ayant été classés à la fois dans le groupe i de la partition P1 et dans le groupe j de la partition P2

		P2			
		1	$\dots$	j	$\dots$	m	$\sum$
P1	1						
	$\vdots$						$\vdots$
	i		$\dots$	x_{ij}	$\dots$		$x_{i\bullet}$
	$\vdots$						
	n						
	$\sum$		$\dots$	$x_{\bullet j}$	$\dots$		S_{tot}

TAB. A.6: Tableau de contingence entre la partition P1 comprenant n groupes et la partition P2 comprenant m groupes. Les distribution marginales $x_{i\bullet}$ et $x_{\bullet j}$, correspondant respectivement à la somme des éléments de chaque ligne, et à celle de chaque colonne, sont calculées. S_{tot} correspond au nombre total de stimuli de l'ensemble de départ.

L'IRA est dérivé de l'Indice de Rand (Rand 1971), qui correspond au pourcentage global de paires en accord dans les deux partitions. Cet Indice de Rand Brut s'écrit, à partir du tableau de contingence :

$$IR = \frac{S_{tot}^2 + 2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{n} x_{i\bullet}^2 - \sum_{j=1}^{m} x_{\bullet j}^2}{S_{tot}^2}$$

Il prend des valeurs comprises entre 0 et 1 ; il est égal à 1 lorsque les deux partitions sont identiques. Hubert et Arabie (1985) ont montré que la valeur espérée de cet Indice de Rand n'était pas nulle pour deux partitions aléatoires : il y a statistiquement un certain nombre de paires qui seront identiques simplement du fait du hasard. L'Indice de Rand Ajusté corrige la valeur de l'indice de Rand pour tenir compte de cette observation. Il a pour forme :

$$IRA = \frac{\text{Indice de Rand} - \text{Indice de Rand espéré}}{\text{Indice de Rand maximum} - \text{Indice de Rand espéré}}$$

L'indice de Rand maximum est égal à 1, et l'indice de Rand espéré est celui qu'on obtiendrais en moyenne pour des partitions aléatoires . L'Indice de Rand Ajusté s'écrit alors, à partir des tables de contingences :

$$IRA = \frac{S_{tot}^2 \cdot 2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{n} x_{i\bullet}^2 \sum_{j=1}^{m} x_{\bullet j}^2}{\frac{1}{2}S_{tot}^2 \cdot (\sum_{i=1}^{n} x_{i\bullet}^2 + \sum_{j=1}^{m} x_{\bullet j}^2) - \sum_{i=1}^{n} x_{i\bullet}^2 \sum_{j=1}^{m} x_{\bullet j}^2}$$

L'IRA vaut toujours 1 lorsque les partitions sont identiques. Il est égal à 0 lorsque la ressemblance entre les deux partitions est la même qu'entre des partitions aléatoires. Il peut prendre des valeurs négatives lorsque les partitions sont peu liées.

A.2.3.2 Approche du boostrap pour déterminer la partition optimale

Le principe de la méthode de bootstrap a été présenté dans la section A.1.2 de cette même annexe. Il s'agit d'une technique de simulation statistique basé sur un grand nombre de tirage aléatoire **avec remise** dans les données observées pour fabriquer de nouveaux jeux de données. Houix (2003) propose d'utiliser une approche bootrstrap pour déterminer le niveau de coupe optimal d'un arbre hierarchique. Les étapes de cette approche sont :

- ☐ Construire un grand nombre (N=1000 par exemple) d'échantillons bootstrap en effectuant un tirage aléatoire avec remise parmi les matrices de réponses individuelles des participants.
- ☐ Pour chaque échantillon bootstrap, considérer toutes les possibilités de coupe de l'arbre, du haut vers le bas (1 classe, 2 classes, 3 classes, ..., S_{tot} classes) et les partitions correspondantes.
- ☐ Pour chacune de ces coupes, calculer l'Indice de Rand Ajusté entre la partition bootstrap et la partition observée (données expérimentales) pour un niveau de coupe correspondant au même nombre de classes.

Cet algorithme conduit à une distribution de l'Indice de Rand Ajusté (de taille N=1000) par nombre de classes. Les valeurs moyennes et les écarts types de ces distributions peuvent alors être tracé sur des graphes, en fonction du nombre de classe. Le niveau de classement optimal correspond alors à un maximum de la moyenne de l'IRA et à un minimum de l'écart type. Les valeurs fournies par cette méthode viennent aiguiller l'interprétation des résultats, elles constituent plus des indications qu'une solution nette et définitive.

Annexe B

Enquêtes et entretiens

B.1 Enquête Q1 : GUIDE D'ENTRETIEN

OBJECTIF :

Le design sonore est aujourd'hui une discipline en plein développement et de plus en plus d'entreprises font appel à des designers pour la création sonore. La question de l'identité sonore de marque se pose : comment peut-on la véhiculer à travers un son ? Comment l'entreprise exprime-t-elle son identité et comment en fait-elle part au designer ? Cette série d'entretiens doit permettre d'une part de mieux cerner le métier du designer sonore, et de comprendre comment il travaille avec les industriels sur la question de l'identité sonore. Le présent document sert de guide d'entretien. Les résultats pourront être partagés avec l'ensemble des participants. Les participants pourront rester anonymes s'ils le souhaitent. Les interviews seront, avec l'accord de la personne interrogée, enregistrées à l'aide d'un dictaphone.

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION

Dans un premier temps, il s'agit de mieux cerner la personne interviewée, afin de pouvoir définir son profil.

- ☐ Décrivez en quelques phrases votre profession. Quel terme utilisez-vous pour décrire votre profession ? (designer sonore, compositeur, création sonore, marketing sonore...)
- ☐ A quelle structure êtes vous rattaché (indépendant, entreprise, cabinet...) et quelle est sa taille ?

- ☐ Quelle est le type de vos clients ? (entreprises, particuliers, . . .)
- ☐ Avec qui travaillez-vous (en équipe ? seul ? . . .)

SECONDE PARTIE : L'IDENTITE SONORE

Dans cette partie, il s'agit d'éclairer le concept d'identité sonore / d'image de marque. Est-ce un concept familier pour le participant ? Si oui, quelle est sa relation avec cette notion. Si non, comment comprend-il la notion et comment l'aborderait-il si on lui imposait ?

- ☐ Définir l'identité sonore (+ concepts voisins)
- ☐ Dans quel contexte y êtes-vous confronté ?
- ☐ Y a-t-il à votre connaissance d'autres contextes dans lesquels on cherche à véhiculer des valeurs au moyen d'un son ?
- ☐ Quelle est la place de l'identité sonore dans vos travaux (question fondamentale ? récurrente ? peu fréquente ? très rare ?)
- ☐ Y a-t-il à votre connaissance d'autres métiers/domaines qui s'intéressent à la question de véhiculer l'image de marque ?

TROISIEME PARTIE : METHODES DE TRAVAIL

Cette troisième partie concerne les méthodes de travail pour le design sonore. D'une part, nous cherchons à comprendre le travail des designers sonores sur l'identité, et d'autre part nous nous intéressons au cahier des charges fixé par le client.

- ☐ Quelles sont les différentes étapes dans la création d'une identité sonore ?
- ☐ Sous quelles formes vous est présentée la demande ? Y a-t-il un cahier des charges type ? Est-ce qu'on vous demande plus souvent de créer (définir) une identité sonore ou de créer des sons qui véhiculent une identité déjà définie ?
- ☐ Lorsqu'il est question d'identité sonore, à partir de quels supports d'expression de cette identité travaillez-vous ? (sémantique ? identité visuelle ? . . .)
- ☐ Y a-t-il des entreprises qui sont plus restrictives que d'autres concernant le cahier des charges pour leur identité sonore ?
- ☐ Comment se passe l'interaction entre vous et le client ? Y a-t-il une, plusieurs phases d'échanges au cours du processus de design ? Avec quels services d'une entreprise êtes vous généralement en contact ? Quel est le service qui suit en général un projet de design sonore ?

- ☐ De quels moyens d'inspiration / communication avez vous connaissance (mood-boards, banques de sons, profils, questionnaires, portrait chinois) et lesquels utilisez-vous ?
- ☐ Dans le processus global de design, que pensez-vous que l'on puisse améliorer coté entreprise pour faciliter l'interaction entre les deux parties ?
- ☐ Dans le processus global encore une fois, que pensez-vous que l'on puisse améliorer coté designer pour faciliter l'interaction entre les deux parties ? (en d'autres termes, avez-vous des attentes en terme de méthodes/outils ?)
- ☐ Jusqu'où peut-on aller dans les outils d'aide à la transcription de l'identité sonore pour que ce que l'on développe reste un guide et n'entrave pas le processus de création du designer ?
- ☐ Qu'est-ce qui vous paraît important de faire en premier si on veut développer un tel outil ?

CONCLUSION

Le présent document reste avant tout un guide et n'est pas à suivre à la lettre. Le déroulement de l'interview sera très dépendant des réponses du participant, de ce qu'il accepte de révéler ou non, et de la nature de son métier.

B.2 Enquête Q2 : document réponse

CONTEXTE

Présentation de l'étude

Le questionnaire que vous allez remplir s'inscrit dans le projet de construction d'un vocabulaire sur le son permettant de faciliter la communication entre des individus ne possédant pas *a priori* d'expertise sonore et des professionnels du son (acousticiens, designers sonores, musiciens).

Précision : les mots que nous cherchons à illustrer ne sont pas spécifiques à un certain type de son. Ils pourraient être employés pour décrire des sons environnementaux, des sons musicaux, électroniques...

Déroulement

Le questionnaire que vous allez remplir dure une quinzaine de minutes et se remplit uniquement à l'aide de votre souris et de votre clavier. Une fois le questionnaire terminé, il vous suffit de sauvegarder le document et de l'envoyer par mail en réponse à celui que je vous ai envoyé.

Ce questionnaire fait partie d'un ensemble de travaux de recherche qui seront publiés au cours de l'année 2016. Si cela vous intéresse, nous pourrons vous envoyer tout article, manuscrit ou communication lorsqu'ils auront été publiés. Dans le cadre de ces recherches, nous serons probablement amenés à vous solliciter de nouveau. Si vous ne le souhaitez pas, n'hésitez pas à l'indiquer dans la rubrique « remarques » à la fin du document.

INSTRUCTIONS

Sélection d'un vocabulaire

L'objectif de cette première parite est d'identifier quels mots, parmi une sélection issue de diverses études, sont susceptibles d'être utilisés en pratique pour parler des sons. Nous nous intéressons uniquement **aux mots qui décrivent le son lui-même**, indépendamment de la façon dont il est produit. Ainsi, *« un son de guitare »* ou *« un son de frottement »* ne sont pas des façons de décrire un son qui nous intéressent. De même, les associations et émotions susceptibles d'être engendrées par les sons (*« un son triste »*, *« un son de science-fiction »*) ainsi que des notions liées à une structure musicale (*« une mélodie »*, *« un arpège »*) ne sont pas l'objet de cette étude.

Consigne

Une sélection de mots issus de nombreuses études sur la caractérisation des sons vous est présentée dans le tableau suivant. Nous vous demandons un avis sur la pertinence de ces mots, en vous laissant la possibilité d'ajouter des mots à la liste proposée.

1. Nous vous demandons pour chaque mot d'indiquer à l'aide du menu déroulant si dans le cadre de la description et de la caractérisation d'un son, celui-ci a pour vous un sens : Précis, Vague, ou Aucun sens.
2. De la même manière, nous vous demandons d'indiquer pour chaque mot la fréquence à laquelle vous l'utilisez lorsque vous parlez des sons ou de la musique, sur une échelle de 1 à 5 : **1 = jamais, 2 = rarement, 3 = parfois, 4 = souvent, 5 = toujours**

EXEMPLE : Vous ne pourriez pas expliquer précisément ce qu'est « un son rouge », pourtant vous pourriez probablement dire quels sons sont rouges et quels sons ne le sont pas parmi un ensemble de son qui vous est proposé. De plus, vous utilisez souvent ce mot pour qualifier un son : vous pouvez remplir les cases correspondant au mot rouge dans le tableau.

LE MOT	A POUR VOUS UN SENS	VOUS L'UTILISEZ
Rouge	Vague	4. Souvent

Par défaut, tous les champs sont remplis par un « X ». Nous rappelons enfin qu'il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, nous vous demandons votre avis en tant qu'expert sur l'utilisation de ce vocabulaire pour communiquer autour des sons. Si vous le jugez bon ou s'il vous semble qu'un ou plusieurs mots manquent à cette sélection, vous avez la possibilité de compléter la liste préétablie par un ou plusieurs autres mots. Si vous pensez à un mot particulièrement pertinent pour décrire un aspect des sons, vous avez la possibilité de l'écrire en cliquant sur une des cases vides du second tableau et de l'évaluer de la même façon que les autres.

Un champ est reservé aux commentaires et aux remarques que vous souhaitez formuler avant de renvoyer le document. Merci de votre participation, et bon questionnaire !

LORSQU'IL S'AGIT DE DÉCRIRE ET CARACTÉRISER UN SON :

LE MOT	A POUR VOUS UN SENS	VOUS L'UTILISEZ	LE MOT	A POUR VOUS UN SENS	VOUS L'UTILISEZ
Ouvert	Précis	3. Parfois	Constant		
Régulier	Vague	2. Rarement	Mince		
Sourd	Précis	4. Souvent	Brillant		
Décéléré	Aucun sens		Grave		
Perçant	X		Brusque	Précis	
Puissant	Précis		Riche		
Répété	Vague		Criard		
Profond	Aucun sens		Strident		
Chaud			Incisif		
Fort			Calme		
Court			Dynamique		
Etriqué			Lourd		
Rugueux			Métallique		
Fluctuant			Lent		
Ascendant			Rapide		
Sonnant			Stable		
Large			Net		
Fluide			Continu		
Irrégulier			Complexe		
Long			Rêche		
Faible			Naturel		
Plein			Proche		
Attaque			Doux		
Aiguisé			Dur		
Aigu			Discontinu		
Tonal			Feutré		
Vibrant			Qui tourne		
Tranchant			Mat		
Clair			Impulsif		
Oscillant			Changeant		
Sombre			Agressif		
Accéléré			Decrescendo		
Crescendo			Descendant		
Lointain			Nasal		
Echo			Léger		
Bruité			Statique		
Rond			Lisse		
Creux			Froid		

AJOUTS DE MOTS MANQUANTS :

LE MOT	A POUR VOUS UN SENS	VOUS L'UTILISEZ	LE MOT	A POUR VOUS UN SENS	VOUS L'UTILISEZ

Annexe C

Consignes des expériences

C.1 Consigne de l'expérience E1 : comparaison par paires

OBJECTIF

Le but de cette expérience est d'étudier la perception des sons et la façon dont on peut les décrire en utilisant des mots. Durant l'expérience, 45 paires de sons vous seront présentées. Vous devrez alors choisir parmi une liste le mot qui permet le mieux de décrire la différence entre ces deux sons.

DEROULEMENT

L'expérience se déroulera dans une cabine audiométrique. A chaque étape, une paire de sons vous sera présentée. Vous devrez alors compléter la phrase centrale en choisissant un mot dans la liste située à gauche de l'écran. Vous pouvez à tout moment réécouter la paire de sons en cliquant sur le bouton PLAY en bas à droite de l'écran. Une fois que vous avez choisi le mot qui vous semble convenir le mieux, vous pouvez appuyer sur le bouton VALIDER pour passer à la paire suivante.

L'expérience se compose d'un total de 45 paires. Avant de commencer, vous entendrez la totalité des sons et vous aurez la possibilité de lire l'ensemble des mots.

Remarques :

- *Il est possible d'utiliser plusieurs fois le même mot au cours de l'expérience dans différentes réponses*

– *Il est obligatoire de donner une réponse. Si vous ne savez pas, essayez de répondre en utilisant le mot qui correspond le mieux à votre sensation*

C.2 Consigne de l'expérience E1 : apprentissage

OBJECTIF

Nous allons vous proposer un ensemble de mots permettant de décrire différents aspects des sons. Par la suite, nous vous demanderons d'utiliser ces mots pour décrire un ensemble de sons.

DEROULEMENT

L'expérience se déroulera dans une cabine audiométrique. Vous disposerez d'une heure pour parcourir l'ensemble des mots. Ceux-ci vous seront présentés sur un logiciel interactif qui vous permettra d'explorer chaque terme du vocabulaire. Pour chaque mot, vous pourrez consulter une définition et écouter des sons qui illustrent la notion concernée. Vous devez consulter chaque page du lexique qui vous est proposée. Nous vous demanderons d'indiquer pour chaque mot si vous avez plus ou moins bien compris le concept sur une feuille d'évaluation que vous remplirez au cours de l'expérience. Un manuel de fonctionnement du logiciel se trouve dans la cabine.

Lorsque vous aurez consulté l'ensemble des pages du lexique et remplit la feuille d'évaluation, vous pourrez sortir de la cabine.

C.3 Consigne de l'expérience E4A

OBJECTIF

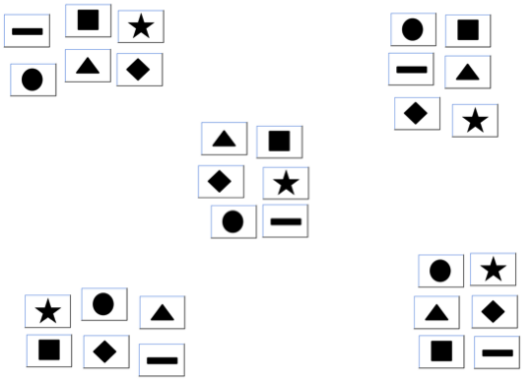
Dans l'expérience proposée, nous allons vous présenter 30 sons correspondant à différentes fonctions sonores. L'objectif de cette expérience est de regrouper ces sons par famille correspondant à un même « univers sonore ».

DEROULEMENT

L'expérience se déroule dans une cabine audiométrique. La porte restera fermée pendant l'expérience, mais vous avez la possibilité de sortir quand vous le souhaitez, si besoin (pour faire une pause par exemple). Dans un premier temps, vous allez entendre les 30 sons de l'étude les uns à la suite des autres. Ces sons seront ensuite matérialisés sur votre écran sous la forme d'icône (symbole). Pour écouter les sons, il faut cliquer au centre de l'icône. Pour déplacer un son, il faut cliquer au centre de l'icône correspondante et déplacer la souris. Chaque icône correspond à une fonction sonore. Vous devrez former 5 groupes de sons comprenant 6 icônes différents ; une famille doit représenter un même « univers sonore » cohérent.

Lorsque votre classification est terminée, vous pouvez cliquer sur le bouton « définir les groupes » à droite de l'écran afin de vérifier si votre proposition est bien conforme à la consigne. Si c'est le cas, vous pouvez appuyer sur le bouton « valider » et sortir de la cabine.

Exemple de tri :



C.4 Consigne de l'expérience E4B

OBJECTIF

Dans l'expérience proposée, nous allons vous présenter 30 sons correspondant à différentes fonctions sonores. Ces sons on été créés spécifiquement pour représenter certains univers sonores identitaires. L'objectif de cette expérience est de regrouper les sons correspondant à un même univers sonore. Chacune des familles à créer est définie par plusieurs traits d'identité qui vous seront présentés au début de l'expérience.

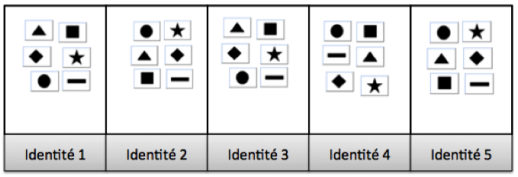
DEROULEMENT

Avant de commencer l'expérience, vous consulterez les documents correspondant aux traits d'identité. Ces documents vous permettront de bien comprendre la nature des différents univers à recréer.

L'expérience se déroule dans une cabine audiométrique. La porte restera fermée pendant l'expérience, mais vous avez la possibilité de sortir quand vous le souhaitez, si besoin (pour faire une pause par exemple). Dans un premier temps, vous allez entendre les 30 sons de l'étude les uns à la suite des autres. Ces sons seront ensuite matérialisés sur votre écran sous la forme d'icône (symbole). Pour écouter les sons, il faut cliquer au centre de l'icône. Pour déplacer un son, il faut cliquer au centre de l'icône correspondante et déplacer la souris. Chaque icône correspond à une fonction sonore. Vous devrez former 5 groupes de sons comprenant une icône de chaque type (rond, carré, losange, triangle, étoile et trait) ; une famille doit être cohérente avec les traits d'identité qui la définissent. Vous disposerez des documents correspondants aux traits d'identité pendant l'expérience.

Lorsque votre classification est terminée, vous pouvez cliquer sur le bouton « définir les groupes » à droite de l'écran afin de vérifier si votre proposition est bien conforme à la consigne. Si c'est le cas, vous pouvez appuyer sur le bouton « valider » et sortir de la cabine.

Exemple de tri :



Annexe D

Définitions et illustrations du lexique

CONCEPTS	DÉFINITION	EXEMPLES
Grave / aigu	Les adjectifs grave et aigu sont relatifs à la sensation de hauteur du son. Lorsque l'on a l'impression que le son est bas, on dit qu'il est grave. Lorsque le son donne l'impression d'être haut, on parle de son aigu.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un sinus (Grave/Aigu) ☐ Une note de piano (Grave/Aigu) ☐ Un bruit blanc (Grave/Aigu)
Faible / Fort	Les notions de faible et fort sont reliées à l'intensité du signal, au volume sonore. Un son trop fort agressera les oreilles et fera fuir l'auditeur, alors qu'un son trop faible lui demandera une attention importante.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un bip répété (Faible/Fort) ☐ Un son de robot (Faible/Fort) ☐ Une musique (Faible/Fort)
Dynamique	La dynamique d'un son détermine l'écart entre la partie la plus forte et la partie la plus faible du son. Si cet écart de volume est important, on dira que le son est dynamique (ou qu'il a de la dynamique). En revanche, si au sein d'un même son il n'y a pas ou peu de variations d'intensité du son, on dira que celui-ci n'a aucune dynamique.	☐ Un bip répété (oui/non) ☐ Un texte lu (oui/non) ☐ Une musique (Classique/Rock)
Court / Long	Les adjectifs long et court se réfèrent à la durée du son. Il existe une infinité de durées possibles, du temps d'un claquement de porte au son permanent de la mer.	4 exemples sonores (impact, IHM, cloches, océan) rangé par ordre de durée.

CONCEPTS	DÉFINITION	EXEMPLES
Lointain / Proche	Un son paraît proche ou lointain en fonction de la distance qui sépare la source du son de l'auditeur. Cette sensation est très dépendante du volume du son ainsi que de « l'effet de salle » qui fait résonner le son et qui l'atténue dans les aigus. Plus un son est proche, plus son intensité sera forte, avec un effet de salle réduit.	☐ Un son abstrait (Loin/Proche) ☐ Une voix (Loin/Proche) ☐ Une musique (Loin/Proche)
Naturel / Artificiel	Un son naturel est un son dont la source est générée par et dans le monde extérieur. Un son artificiel, à l'inverse, est un son qui a été créé où modifié grâce à l'intervention de techniques sonores humaines. On peut aussi utiliser les termes « acoustique » et « synthétique ».	☐ Un violon (Naturel/Artificiel) ☐ Une voix (Naturelle/Artificielle) ☐ De l'eau qui coule (Naturel/Artificiel)
Bruité / Tonal	Un son tonal est un son qui possède une hauteur bien définie, qui correspond à une note que l'on peut chanter. À l'inverse, un son bruité est un ensemble d'émissions sonores sans harmonie, auquel il est impossible d'associer une hauteur.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un double impact (Bruité) ☐ Une double note de piano (Tonal) ☐ Un son abstrait (Bruité/Tonal) ☐ Un son de scotch (Bruité) ☐ Un hululement de hibou (Tonal)
Attaque Franche / Progressive	L'attaque d'un son correspond à la partie située au début du son. Elle peut être qualifiée de franche ou de progressive. Un son qui émerge très rapidement aura une attaque franche, alors qu'un son qui s'établit lentement aura une attaque progressive. On parle aussi de sons francs et de sons progressifs pour faire référence à l'attaque.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un son abstrait (Progressif/-Franc) ☐ Un son de flute (Progressif) ☐ Un coup de feu (Franc) ☐ Un zip (Progressif) ☐ Un claquement de doigt (Franc)
Continu / Discontinu	Le caractère continu ou discontinu d'un son est relié à la façon dont le son évolue dans le temps. Lorsque le son n'est pas interrompu, ont dit qu'il est continu. A l'inverse, un son qui présente des interruptions ou des coupures sera qualifié de discontinu.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un son abstrait (Progressif/-Franc) ☐ Un son de flute (Progressif) ☐ Un coup de feu (Franc) ☐ Un zip (Progressif) ☐ Un claquement de doigt (Franc)
Constant / Fluctuant	Un son constant est un son dont la hauteur ne varie pas au cours du temps : on entend toujours la même note. Au contraire, un son fluctuant est un son dont la hauteur varie au cours du temps.	☐ Un sinus (Constant/Fluctuant) ☐ Un son percussif répété (Constant/Fluctuant) ☐ Un texte lu (Constant/Fluctuant)

CONCEPTS	DÉFINITION	EXEMPLES
Ascendant / Descendant	Un son ascendant est un son qui monte du grave vers l'aigu. Au contraire, lorsque la hauteur du son diminue de l'aigu vers le grave, on dit que le son est descendant.	☐ Un son abstrait (Ascendant/Descendant) ☐ Un son bruité (Ascendant/Descendant) ☐ Un meuglement de vache (Ascendant) ☐ Un baillement (Descendant)
Crescendo / Decrescendo	Un son crescendo est un son dont l'intensité sonore augmente au cours du temps : il devient de plus en plus fort. Au contraire, un son decrescendo est un son dont le volume diminue au cours du temps.	☐ Un son abstrait (Crescendo/Decrescendo) ☐ Une note de piano répétée (Crescendo/Decrescendo) ☐ Un avion qui atterit (Crescendo) ☐ Un avion qui décolle (Decrescendo)
Mat / Résonant	Un son mat est un son qui s'arrête sèchement sans qu'aucun phénomène de résonance ne vienne le prolonger dans le temps. A l'inverse, un son résonant verra une partie de son énergie s'étaler dans le temps.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un claquement de portière (Mat/Résonant) ☐ Un impact de balle de tennis (Mat/Résonant) ☐ Deux verres qui trinquent (Mat/-Résonant)
Sourd / Brillant	La notion de brillance est reliée à la quantité d'aigus que l'on entend dans le son. Plus on entend la partie aiguë du son, plus il est net : on dira que le son est brillant. A l'inverse, lorsque le son sera filtré ou atténué dans les aigus, on entendra plutôt sa partie grave et on dira que le son est sourd.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un son harmonique (Sourd/-Brillant) ☐ Un son de cloche (Sourd/-Brillant) ☐ Un son de piano (Sourd/Brillant)
Lisse / Rugueux	Un son rugueux est un son qui donne une impression de frottement ou de « rugosité » dans le son. A l'inverse, un son lisse est un son qui ne présente aucune aspérité.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un sinus (Lisse/Rugueux) ☐ Un son abstrait (Lisse/Rugueux) ☐ Un son de flûte (Lisse) ☐ Un son de clarinette basse (Rugueux)
Riche	Un son riche est un son qui donne la sensation qu'il y a plusieurs sons qui se superposent, qu'il y a beaucoup de matière sonore, aussi bien dans les graves que dans les aigus : c'est un son complet et équilibré.	4 exemples sonores (sinus, son harmonique, son très harmonique, tutti d'orchestre) rangé par ordre de richesse.

CONCEPTS	DÉFINITION	EXEMPLES
Nasal	Un son nasal est un son ni très aigu ni très grave, qui donne l'impression de sortir du nez. Le son nasal a un aspect déséquilibré. Lorsque l'on parle ou que l'on chante en se bouchant le nez, on produit un son typiquement nasal.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un son abstrait ☐ Un son de hautbois ☐ Le cancannement d'un canard
Chaud	Un son chaud est un son plutôt grave qui donne une impression de largeur, de déploiement et d'une certaine richesse qui le rend plutôt agréable.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Des notes legato à la contrebasse ☐ Le ronronnement d'un moteur ☐ Une voix d'homme
Rond	Un son rond est un son plutôt grave qui donne l'impression d'être enveloppant grâce à son mouvement dans le temps.	☐ Une piste sonore interactive ☐ Un pizzicato de contrebasse ☐ Un son abstrait ☐ Un son de tam-tam
Métallique	Un son métallique est un son très aigu qui rappelle les sonorités du métal que l'on frappe ou que l'on frotte.	☐ Des cloches ☐ Un impact sur du métal ☐ Des clés que l'on remue
Strident	Le son strident est un son persistant et suraigu, souvent agressif pour l'oreille.	☐ Une fourchette raclant une assiette ☐ Le freinage d'un train ☐ Des cris d'enfants

Annexe E

Figures et tables complémentaires

Marqueurs	Alarme	Composteur	Flap-Flap	Impact	Ouverture	Validation
Invariants	-	Court Bruité	Discontinu Bruité	Court Franc	Bruité Continu	Court
Traits	Long Constant Tonal	Mat Rugueux	Long Constant Rugueux	Sourd	Rugueux	Aigu Artificiel Tonal Lisse
Leviers	Aigu Continu Discontinu Artificiel Rugueux	Franc	Mat	Résonnant Grave Mat Bruité	Sourd Grave Progressif Naturel	Brillant Franc

Tab. E.4: CHAPITRE 8 - Tableau récapitulatif des spécifications fonctionnelles communiquées à l'agence LAPS pour chacun des 6 marqueurs sonores

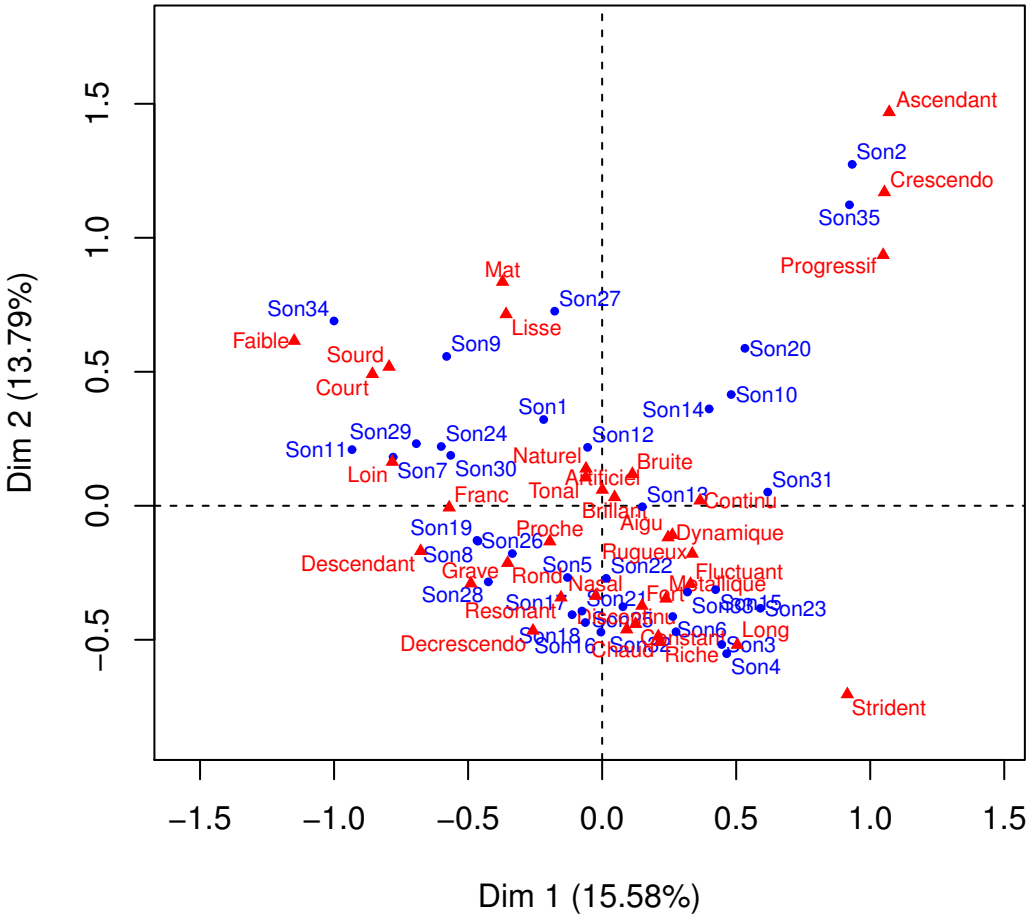


FIG. E.1: CHAPITRE 7 - Analyse des correspondance des données d'entraînement : espace sensoriel obtenue par CA de la matrice de fréquences pour la session #1.

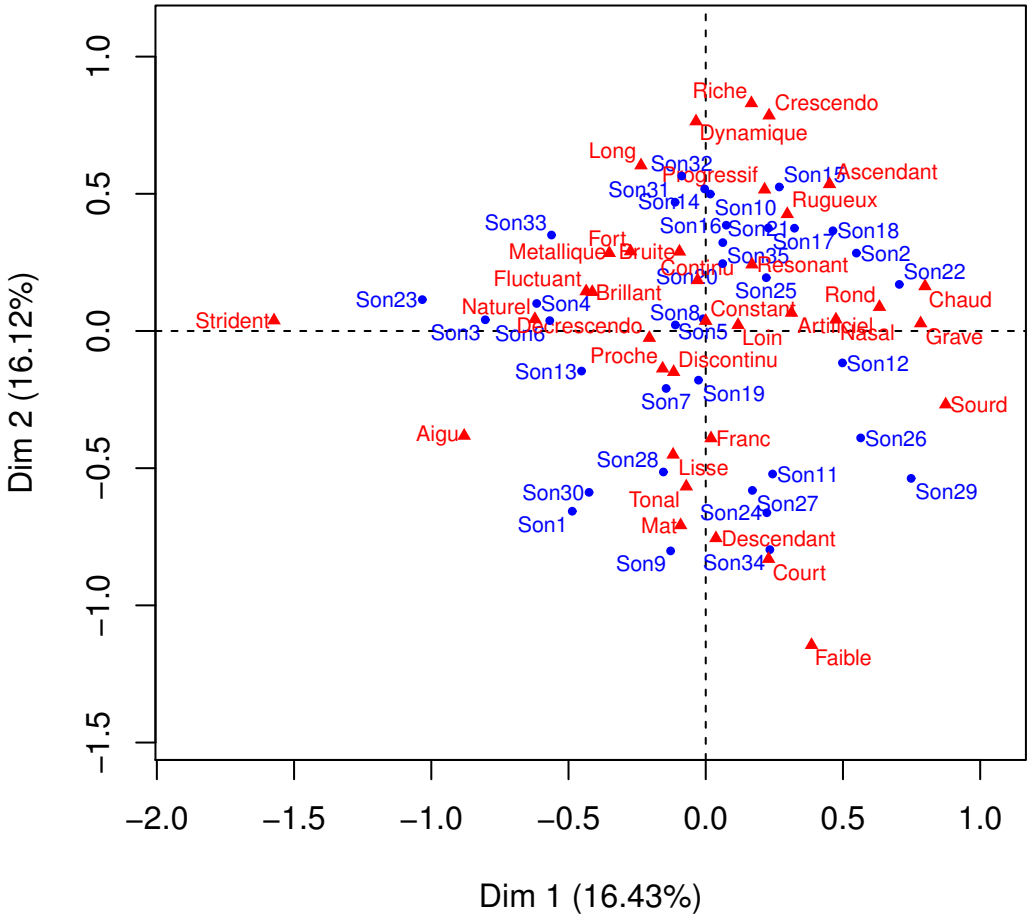


FIG. E.2: CHAPITRE 7 - Analyse des correspondance des données d'entraînement : espace sensoriel obtenue par CA de la matrice de fréquences pour la session #2.

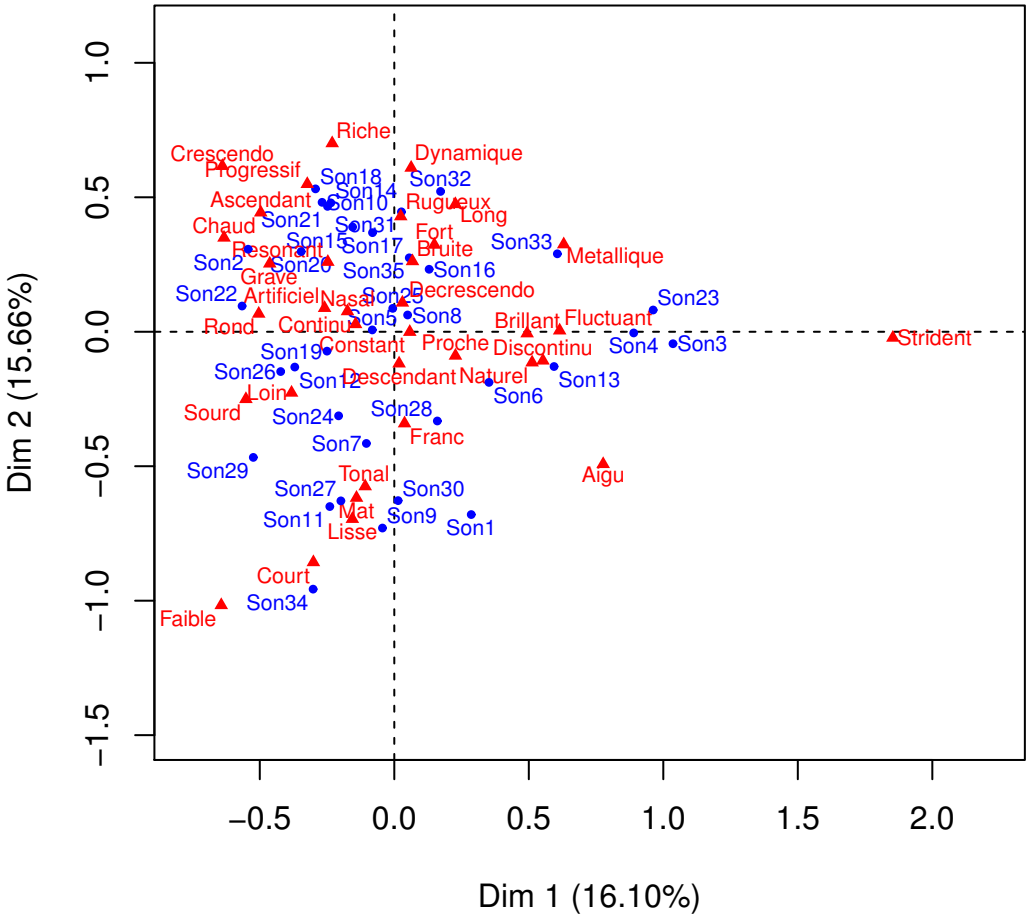


FIG. E.3: CHAPITRE 7 - Analyse des correspondance des données d'entraînement : espace sensoriel obtenue par CA de la matrice de fréquences pour la session #3.

	Dimension 1		Dimension 2		Dimension 3		Dimension 4	
	Contrib	cos^2	Contrib	cos^2	Contrib	cos^2	Contrib	cos^2
Aigu	**15.7 %**	0.61	3.95 %	0.13	2.62 %	0.05	0.37 %	0.00
Grave	**8.61 %**	0.57	0.14 %	0.01	3.70 %	0.11	0.07 %	0.00
Ascendant	0.13 %	0.01	0.10 %	0.00	**15.0 %**	0.39	6.69 %	0.15
Descendant	0.61 %	0.05	0.16 %	0.01	0.91 %	0.03	2.37 %	0.08
Attaque Franche	0.32 %	0.03	**8.27 %**	0.53	0.90 %	0.03	0.75 %	0.02
Attaque Progressive	1.95 %	0.12	2.05 %	0.10	**12.4 %**	0.37	2.17 %	0.05
Brillant	**7.10 %**	0.59	0.83 %	0.05	2.35 %	0.09	0.24 %	0.00
Sourd	5.05 %	0.43	0.01 %	0.00	0.70 %	0.02	0.14 %	0.00
Constant	1.12 %	0.07	2.11 %	0.10	6.77 %	0.21	**7.89 %**	0.20
Fluctuant	0.91 %	0.06	3.62 %	0.19	0.01 %	0.00	**11.4 %**	0.29
Continu	0.57 %	0.06	1.25 %	0.09	4.41 %	0.20	1.58 %	0.05
Discontinu	6.52 %	0.24	3.86 %	0.11	**17.8 %**	0.31	3.59 %	0.05
Long	2.39 %	0.12	**15.9 %**	0.60	1.49 %	0.03	2.30 %	0.04
Court	4.34 %	0.13	**33.1 %**	0.79	0.08 %	0.00	1.32 %	0.00
Crescendo	0.26 %	0.02	1.09 %	0.06	5.57 %	0.18	2.19 %	0.06
Decrescendo	0.00 %	0.00	0.11 %	0.00	0.42 %	0.01	0.05 %	0.00
Résonant	0.33 %	0.02	0.15 %	0.01	4.20 %	0.12	6.10 %	0.15
Mat	2.83 %	0.22	1.97 %	0.12	5.17 %	0.19	0.55 %	0.02
Naturel	3.50 %	0.24	0.85 %	0.04	0.07 %	0.00	**9.24 %**	0.25
Artificiel	4.80 %	0.26	0.57 %	0.02	0.09 %	0.00	**18.8 %**	0.40
Proche	0.44 %	0.10	0.02 %	0.00	0.29 %	0.03	0.07 %	0.01
Lointain	0.08 %	0.01	0.77 %	0.05	0.38 %	0.01	3.50 %	0.10
Rugueux	4.50 %	0.25	5.67 %	0.25	0.38 %	0.01	0.12 %	0.00
Lisse	3.50 %	0.29	3.9 %	0.25	0.01 %	0.00	0.07 %	0.00
Tonal	5.10 %	0.39	2.79 %	0.17	1.01 %	0.03	0.13 %	0.00
Bruité	5.58 %	0.47	1.53 %	0.10	0.20 %	0.01	0.06 %	0.00
Riche	0.16 %	0.02	0.78 %	0.07	3.09 %	0.16	0.27 %	0.01
Nasal	0.05 %	0.00	0.11 %	0.01	3.56 %	0.11	0.14 %	0.00
Dynamique	0.83 %	0.07	2.03 %	0.13	0.20 %	0.00	3.99 %	0.13
Chaud	2.64 %	0.22	0.55 %	0.04	0.04 %	0.01	0.07 %	0.00
Rond	1.45 %	0.10	1.19 %	0.06	1.80 %	0.06	0.02 %	0.00
Métallique	1.09 %	0.05	0.10 %	0.00	3.95 %	0.08	**12.9 %**	0.24
Strident	**7.51 %**	0.35	0.41 %	0.01	0.48 %	0.01	1.81 %	0.03

TAB. E.1: CHAPITRE 7 - Expérience d'indexation : tableau récapitulatif des contributions des attributs à la construction des axes, ainsi que des qualités de représentations des attributs (cos^2) sur chaque axe. Seules les données relatives aux 4 premières dimensions de l'analyse des correspondances sont présentées dans ce tableau.

	Session 1		Session 2		Session 3		Indexation		
	$Pval_Q$	κ_F	$Pval_Q$	κ_F	$Pval_Q$	κ_F	$Pval_Q$	κ_F	SSI
Aigu	<0.001	0.397	<0.001	0.385	<0.001	0.347	<0.001	0.378	72%
Grave	<0.001	0.335	<0.001	0.296	<0.001	0.247	<0.001	0.169	65%
Ascendant	<0.001	0.283	<0.001	0.169	<0.001	0.212	<0.001	0.180	41%
Descendant	<0.001	0.315	<0.001	0.316	<0.001	0.28	<0.001	0.115	30%
A. Franche	<0.001	0.150	<0.001	0.153	<0.001	0.171	<0.001	0.115	56%
A. Progressive	<0.001	0.214	<0.001	0.154	<0.001	0.205	<0.001	0.160	47%
Brillant	<0.001	**0.064**	<0.001	**0.062**	<0.001	**0.073**	<0.001	0.148	61%
Sourd	<0.001	**0.062**	<0.001	0.128	<0.001	0.119	<0.001	0.116	61%
Constant	<0.001	0.165	<0.001	**0.034**	<0.001	**0.042**	<0.001	0.229	71%
Fluctuant	<0.001	0.228	<0.001	0.183	<0.001	0.226	<0.001	0.199	50%
Continu	<0.001	**0.094**	<0.001	**0.064**	<0.001	**0.072**	<0.001	0.144	63%
Discontinu	<0.001	0.112	<0.001	0.247	<0.001	0.25	<0.001	0.403	72%
Long	<0.001	0.222	<0.001	0.234	<0.001	0.203	<0.001	0.314	65%
Court	<0.001	0.447	<0.001	0.499	<0.001	0.47	<0.001	0.538	80%
Crescendo	<0.001	0.125	<0.001	0.143	<0.001	**0.081**	<0.001	0.132	27%
Decrescendo	<0.001	0.102	<0.001	**0.089**	<0.001	**0.058**	<0.001	0.174	59%
Fort	<0.001	**0.094**	<0.001	0.098	<0.001	**0.095**	N/D	N/D	N/D
Faible	<0.001	**0.064**	0.0015	0.037	<0.001	**0.094**	N/D	N/D	N/D
Résonant	<0.001	0.432	<0.001	0.352	<0.001	0.398	<0.001	0.218	62%
Mat	<0.001	0.222	<0.001	0.212	<0.001	0.168	<0.001	0.121	67%
Naturel	<0.001	0.102	<0.001	0.168	<0.001	0.263	<0.001	0.154	66%
Artificiel	<0.001	0.164	<0.001	0.224	<0.001	0.285	<0.001	0.291	63%
Proche	<0.001	0.060	<0.001	**0.021**	<0.001	**0.03**	<0.001	**0.012**	56%
Loin	<0.001	0.194	<0.001	0.25	<0.001	0.199	<0.001	0.141	34%
Rugueux	<0.001	0.168	<0.001	0.202	<0.001	0.242	<0.001	0.280	72%
Lisse	<0.001	0.173	<0.001	0.132	<0.001	0.167	<0.001	0.135	46%
Tonal	<0.001	**0.067**	<0.001	0.088	<0.001	0.141	<0.001	0.164	62%
Bruité	<0.001	0.090	<0.001	0.126	<0.001	0.117	<0.001	0.150	69%
Riche	<0.001	**0.056**	<0.001	**0.093**	<0.001	**0.089**	<0.001	**0.085**	47%
Nasal	<0.001	**0.068**	0.0010	**0.033**	<0.001	**0.087**	<0.001	0.168	33%
Dynamique	0.034	**0.017**	**0.057**	**0.024**	**0.097**	**0.003**	<0.001	0.122	55%
Chaud	<0.001	0.121	<0.001	0.114	<0.001	0.13	<0.001	0.104	33%
Rond	<0.001	**0.098**	<0.001	0.119	0.003	**0.037**	<0.001	0.127	32%
Métallique	<0.001	0.281	<0.001	0.281	<0.001	0.281	<0.001	0.281	33%
Strident	<0.001	0.265	<0.001	0.265	<0.001	0.265	<0.001	0.265	55%

TAB. E.2: CHAPITRE 7 - Expérience d'indexation, statistiques par attributs : p-value associée au résultat du test Q de Cochran et coefficient Kappa de Fleiss appliqués à chaque attribut pour chacune des 3 sessions Test et pour la session d'évaluation. La dernière colonne correspond à l'indice de stabilité de sélection des attributs calculé sur le corpus de sons répétés lors de la session d'indexation (voir section 7.4.5, page 138).

Auditeur	Sessions 1 à 2	Session 2 à 3	Répétition
Auditeur 1	0.53	0.71	0.67
Auditeur 2	0.59	0.59	0.70
Auditeur 3	0.63	0.70	0.72
Auditeur 4	0.54	0.59	0.68
Auditeur 5	0.43	0.50	0.63
Auditeur 6	0.45	0.43	0.54
Auditeur 7	0.52	0.55	0.53
Auditeur 8	0.46	0.57	0.52
Auditeur 9	0.46	0.51	0.58
Auditeur 10	0.40	0.49	0.52
Auditeur 11	0.37	0.35	0.42
Auditeur 12	0.61	0.76	0.78
Auditeur 13	0.62	0.71	0.62
Auditeur 14	0.28	0.31	0.56
Auditeur 15	0.40	0.40	0.47
Auditeur 16	0.31	0.61	0.57
Auditeur 17	0.48	0.56	0.54
Auditeur 18	0.67	0.76	0.71
Auditeur 19	0.36	0.46	0.62
Auditeur 20	0.42	0.44	0.45

TAB. E.3: CHAPITRE 7 - Expérience d'indexation, statistiques par auditeurs : calcul des R_j pour chaque auditeur entre les sessions d'entraînement #1, #2 et #3, et sur les sons répétés de l'indexation principale pour évaluer la répétabilité.

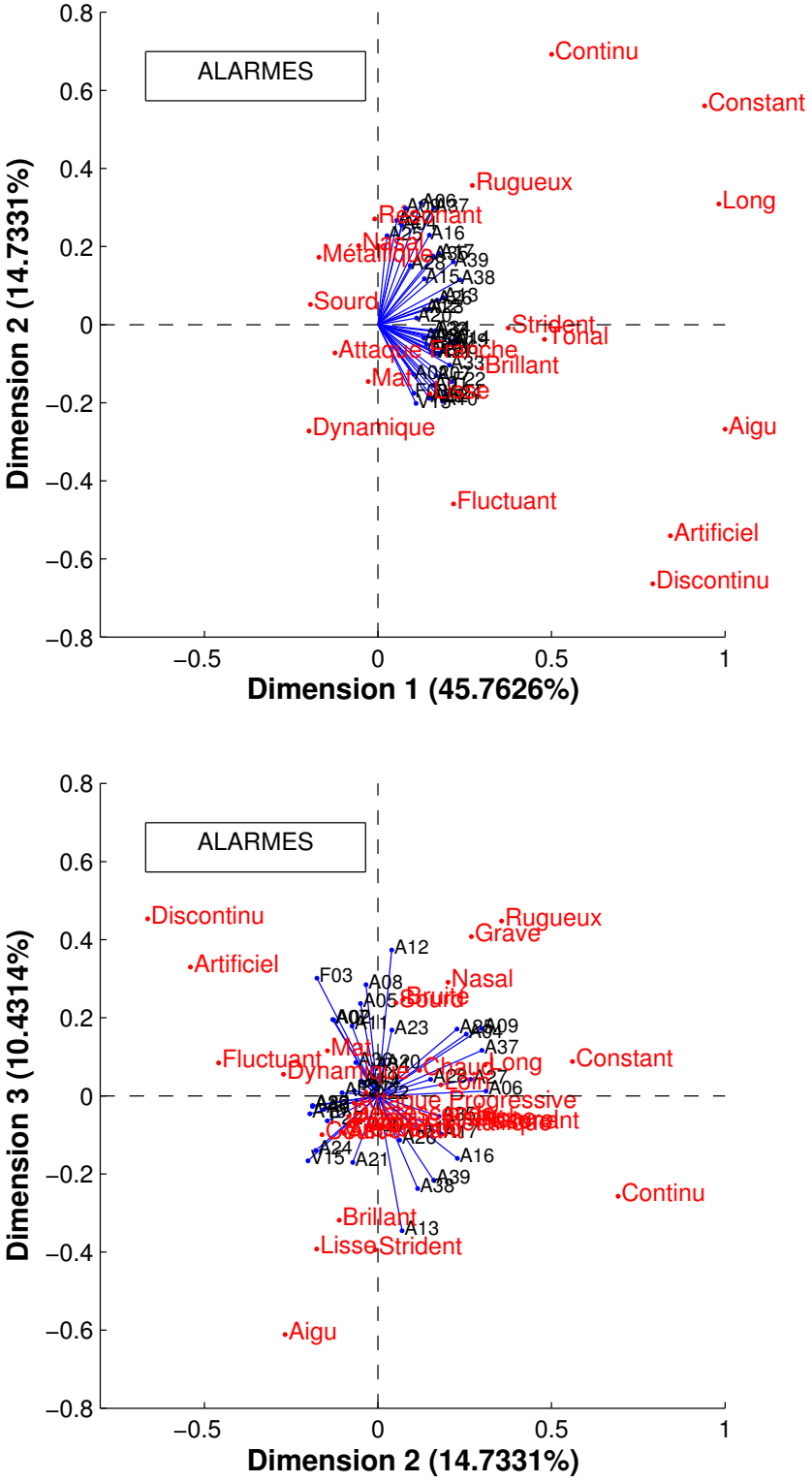


FIG. E.4: CHAPITRE 8 - Représentation graphique des résultats de l'ACP effectuée pour les sons associés par 60% des participants à la classe *alarme*. La figure du haut est une représentation selon les deux premières dimensions, la figure du bas est une représentation selon les dimensions 2 et 3. Les vecteurs bleus représentent les projections des vecteurs de l'espace d'origine (i.e. les sons) sur les dimensions de l'espace d'arrivée. Pour plus de clarté, les variables (attributs) très proches de l'origine ne sont pas représentées sur ces deux figures.

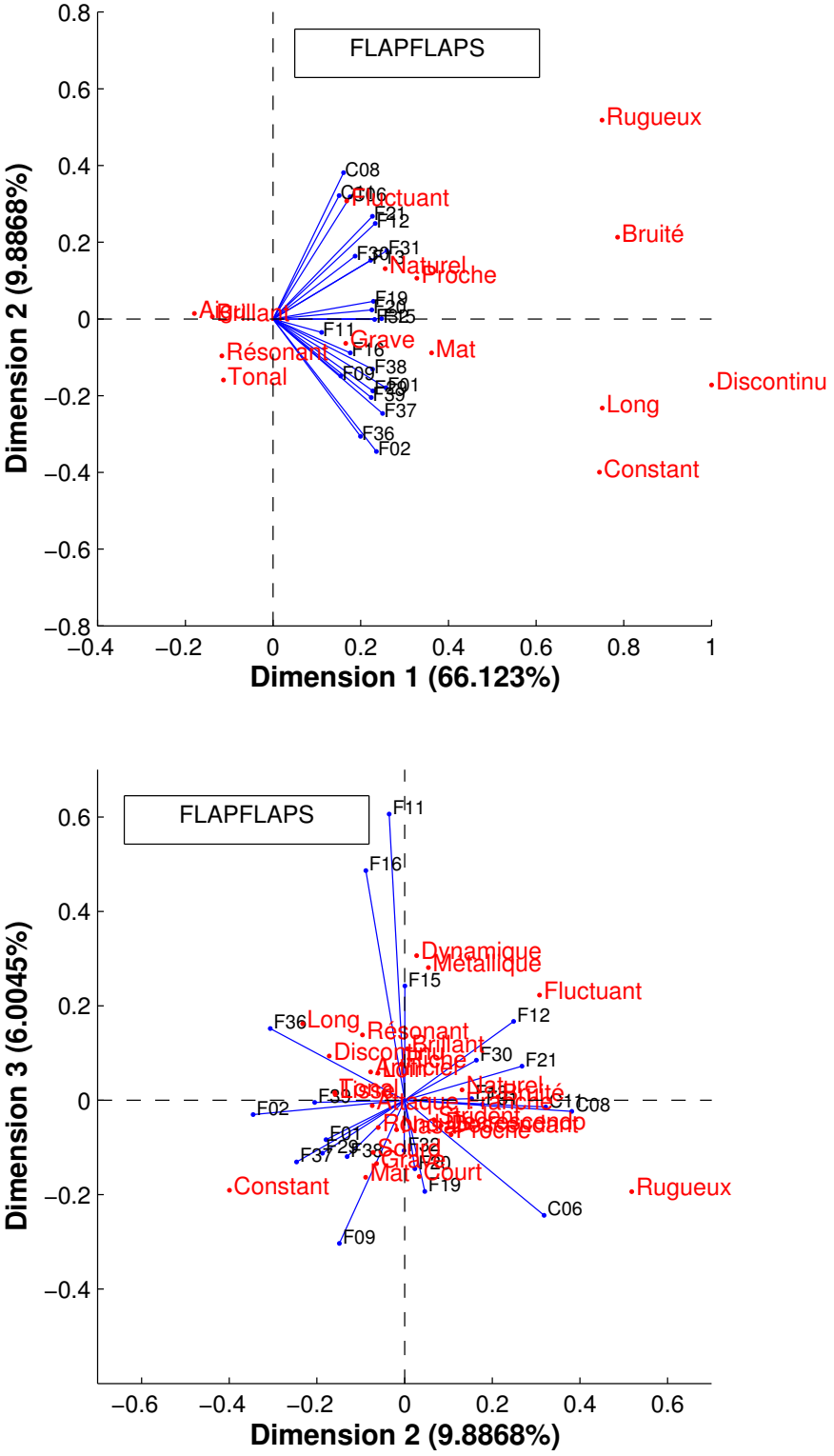


FIG. E.5: CHAPITRE 8 - Représentation graphique des résultats de l'ACP effectuée pour les sons associés par 60% des participants à la classe *flapflap*. La figure du haut est une représentation selon les deux premières dimensions, la figure du bas est une représentation selon les dimensions 2 et 3. Les vecteurs bleus représentent les projections des vecteurs de l'espace d'origine (i.e. les sons) sur les dimensions de l'espace d'arrivée. Pour plus de clarté, les variables (attributs) très proches de l'origine ne sont pas représentées sur ces deux figures.

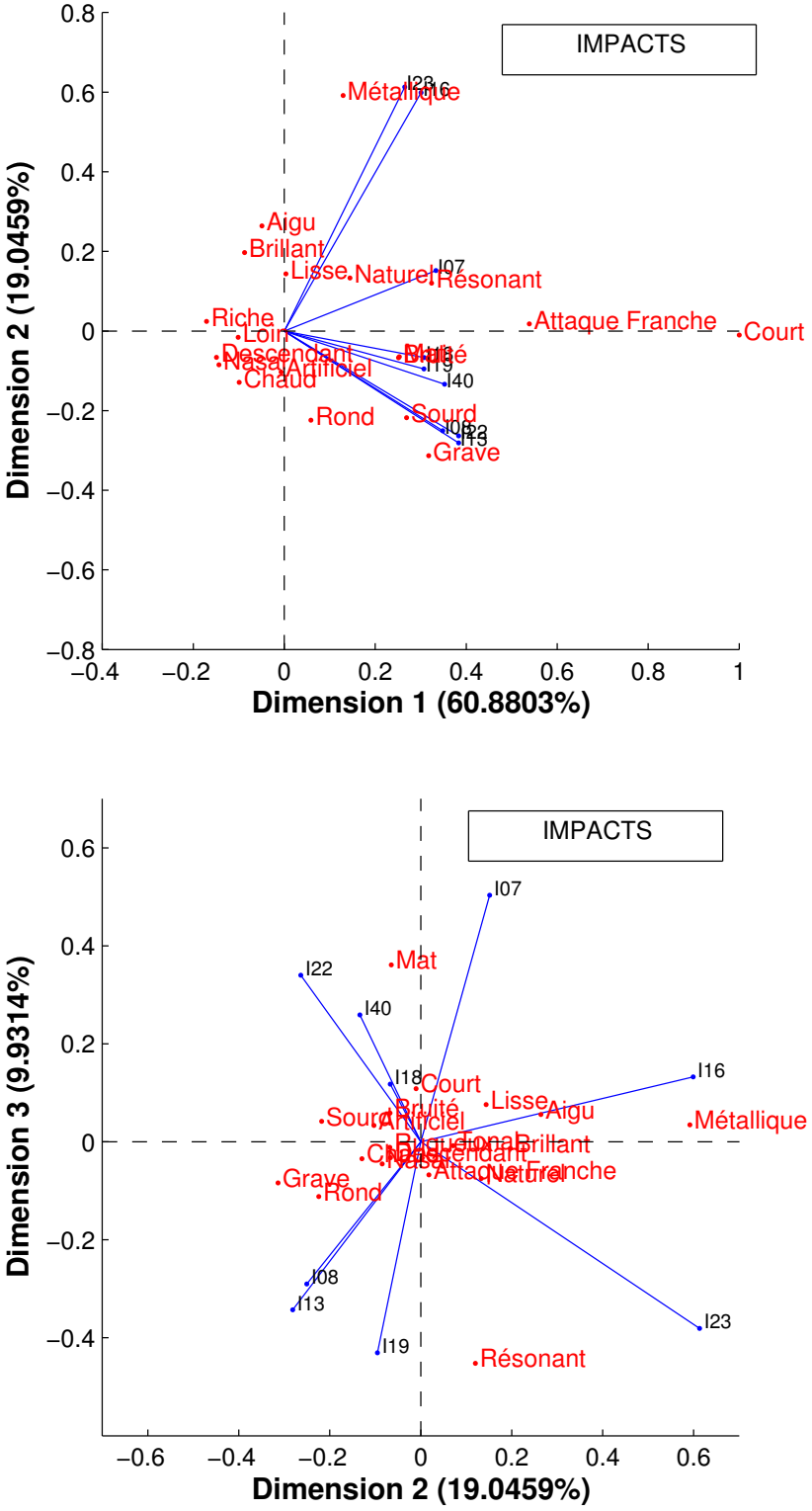


FIG. E.6: CHAPITRE 8 - Représentation graphique des résultats de l'ACP effectuée pour les sons associés par 60% des participants à la classe *impact*. La figure du haut est une représentation selon les deux premières dimensions, la figure du bas est une représentation selon les dimensions 2 et 3. Les vecteurs bleus représentent les projections des vecteurs de l'espace d'origine (i.e. les sons) sur les dimensions de l'espace d'arrivée. Pour plus de clarté, les variables (attributs) très proches de l'origine ne sont pas représentées sur ces deux figures.

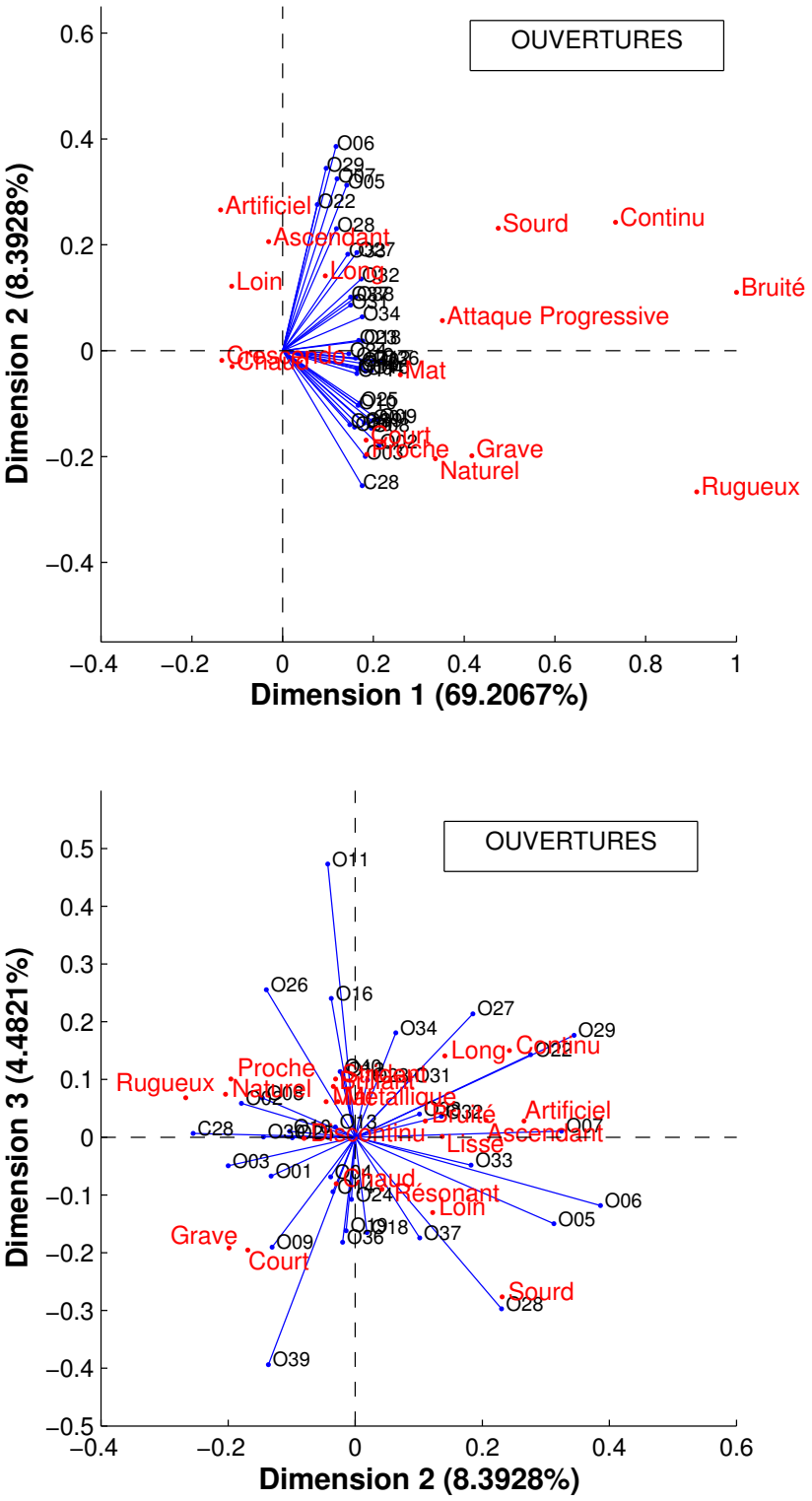


FIG. E.7: CHAPITRE 8 - Représentation graphique des résultats de l'ACP effectuée pour les sons associés par 60% des participants à la classe *ouverture*. La figure du haut est une représentation selon les deux premières dimensions, la figure du bas est une représentation selon les dimensions 2 et 3. Les vecteurs bleus représentent les projections des vecteurs de l'espace d'origine (i.e. les sons) sur les dimensions de l'espace d'arrivée. Pour plus de clarté, les variables (attributs) très proches de l'origine ne sont pas représentées sur ces deux figures.

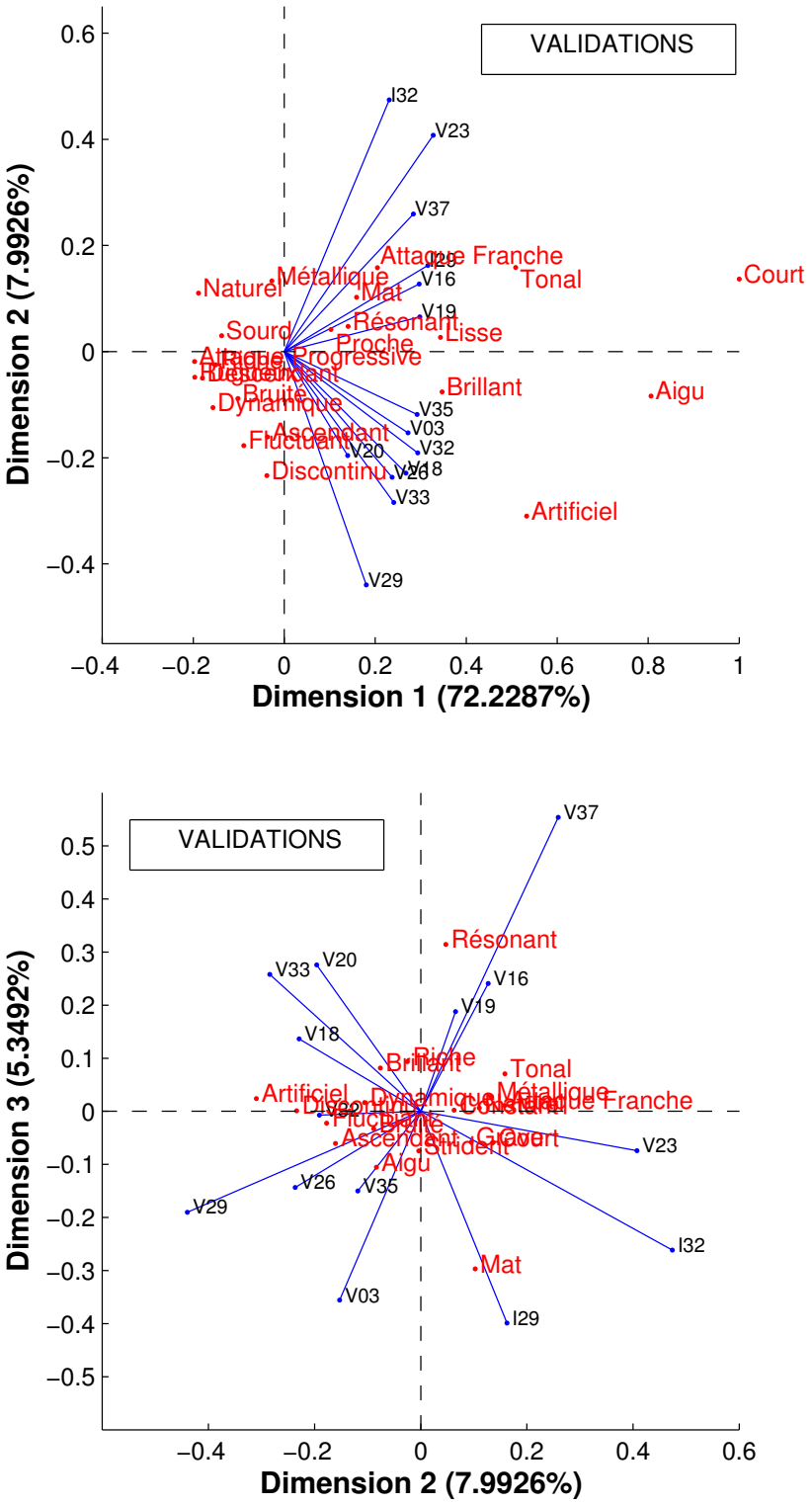


FIG. E.8: CHAPITRE 8 - Représentation graphique des résultats de l'ACP effectuée pour les sons associés par 60% des participants à la classe *validation*. La figure du haut est une représentation selon les deux premières dimensions, la figure du bas est une représentation selon les dimensions 2 et 3. Les vecteurs bleus représentent les projections des vecteurs de l'espace d'origine (i.e. les sons) sur les dimensions de l'espace d'arrivée. Pour plus de clarté, les variables (attributs) très proches de l'origine ne sont pas représentées sur ces deux figures.

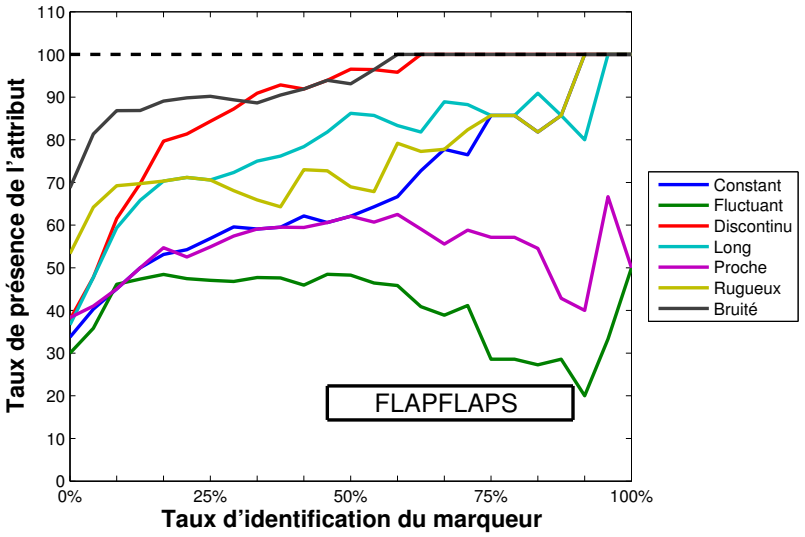


FIG. E.9: CHAPITRE 8 - Évolution du taux de présence des attributs au sein du corpus de sons de flapflaps, en fonction du taux d'identification du marqueur. Les attribut dont les courbes atteignent rapidement le plafond de 100 % sont les invariants de la classe, ceux dont les courbes l'atteignent tardivement sont des tendances. Les autres attributs sont des leviers.

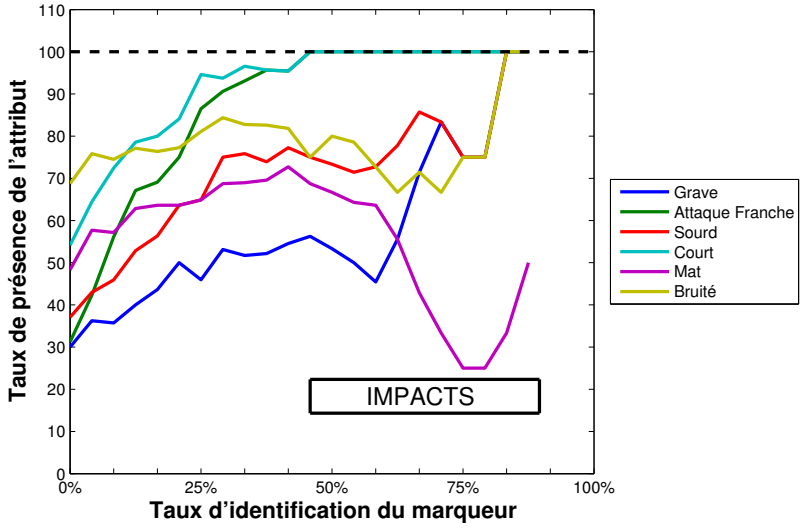


FIG. E.10: CHAPITRE 8 - Évolution du taux de présence des attributs au sein du corpus de sons d'impacts, en fonction du taux d'identification du marqueur. Les attribut dont les courbes atteignent rapidement le plafond de 100 % sont les invariants de la classe, ceux dont les courbes l'atteignent tardivement sont des tendances. Les autres attributs sont des leviers.

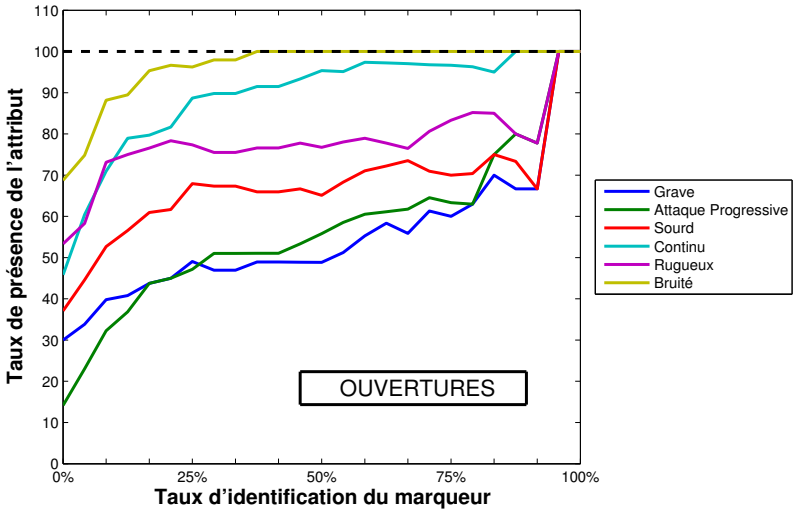


FIG. E.11: CHAPITRE 8 - Évolution du taux de présence des attributs au sein du corpus de sons d'ouvertures, en fonction du taux d'identification du marqueur. Les attribut dont les courbes atteignent rapidement le plafond de 100 % sont les invariants de la classe, ceux dont les courbes l'atteignent tardivement sont des tendances. Les autres attributs sont des leviers.

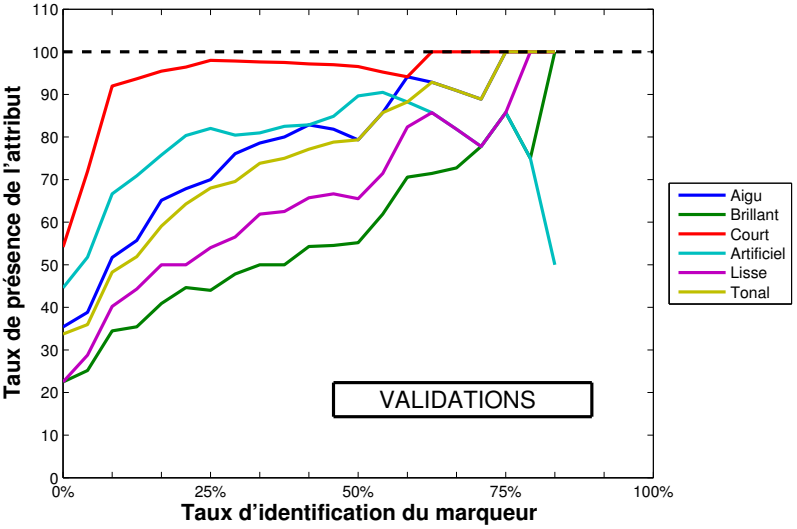


FIG. E.12: CHAPITRE 8 - Évolution du taux de présence des attributs au sein du corpus de sons de validations, en fonction du taux d'identification du marqueur. Les attribut dont les courbes atteignent rapidement le plafond de 100 % sont les invariants de la classe, ceux dont les courbes l'atteignent tardivement sont des tendances. Les autres attributs sont des leviers.

Annexe F

Planches de tendances



Fig. F.1: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Bienveillant*.

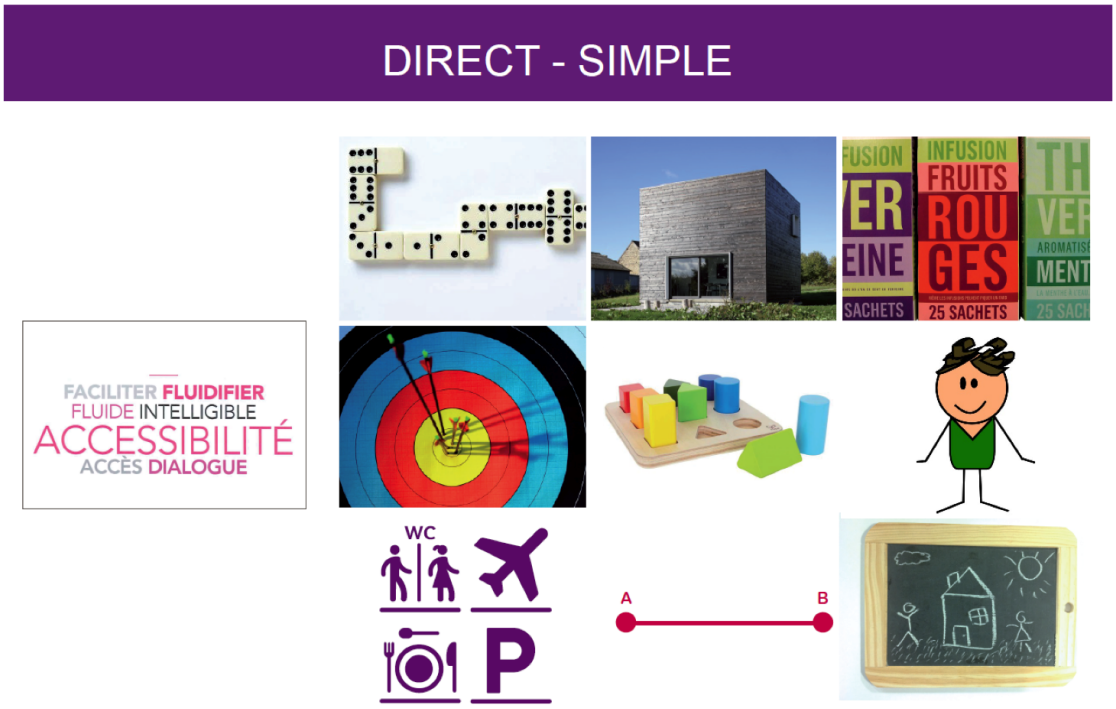


FIG. F.2: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Direct - Simple*.



FIG. F.3: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *De Confiance*.



FIG. F.4: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Performant*.

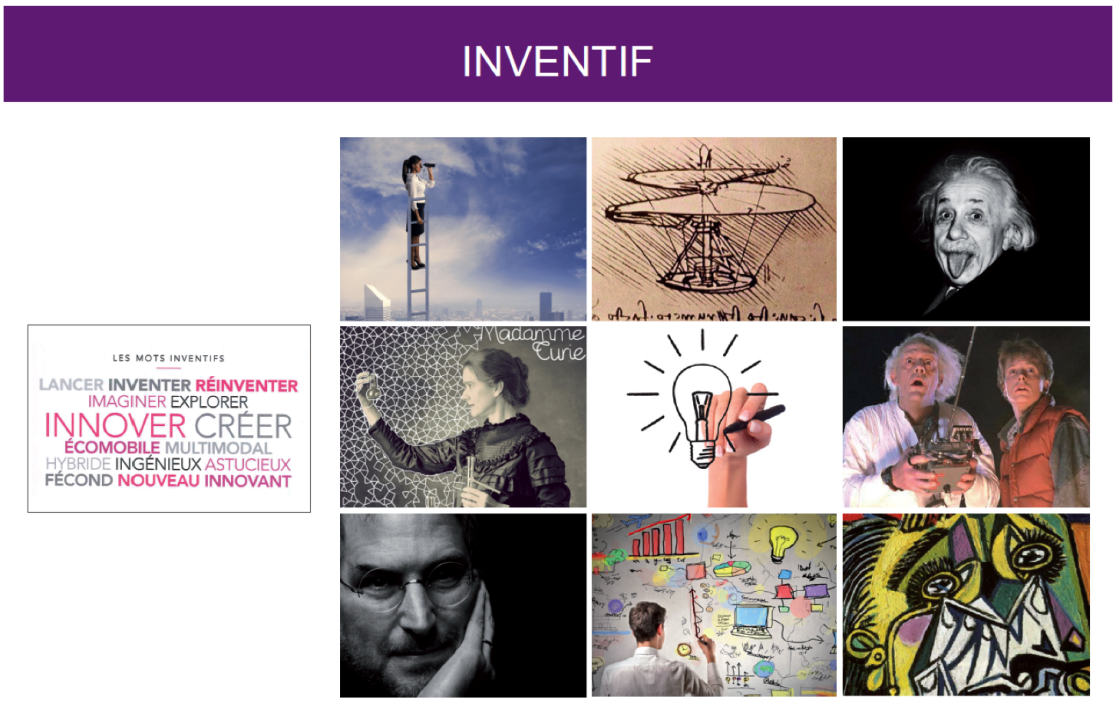


FIG. F.5: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Inventif*.

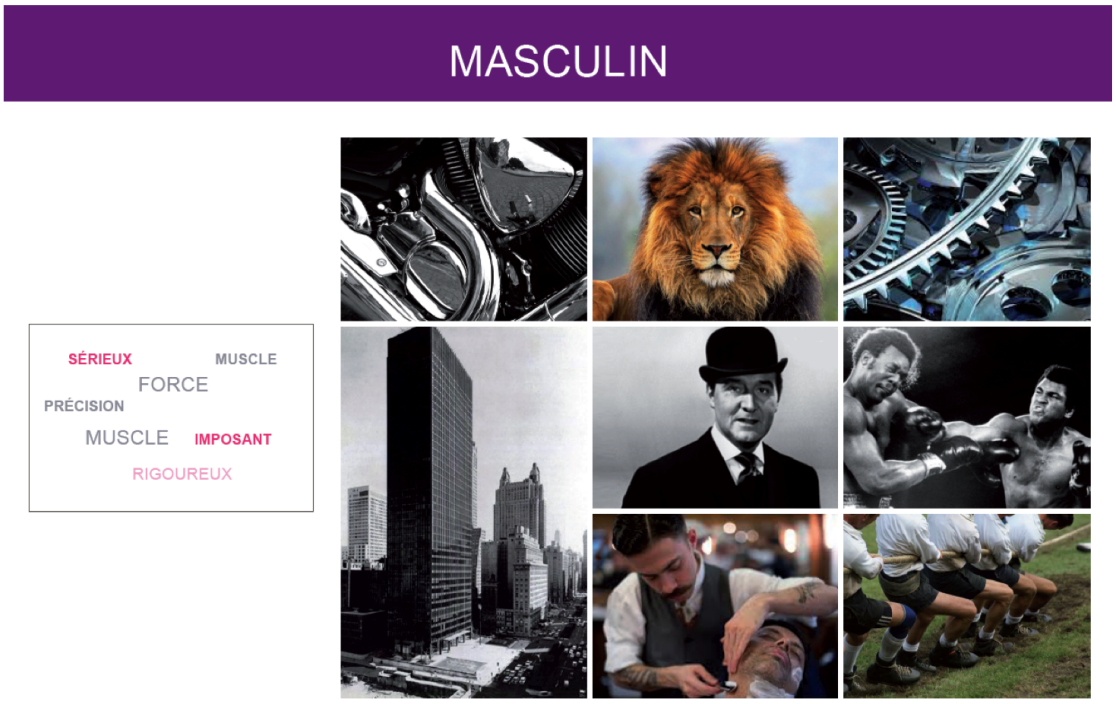


FIG. F.6: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Masculin*.

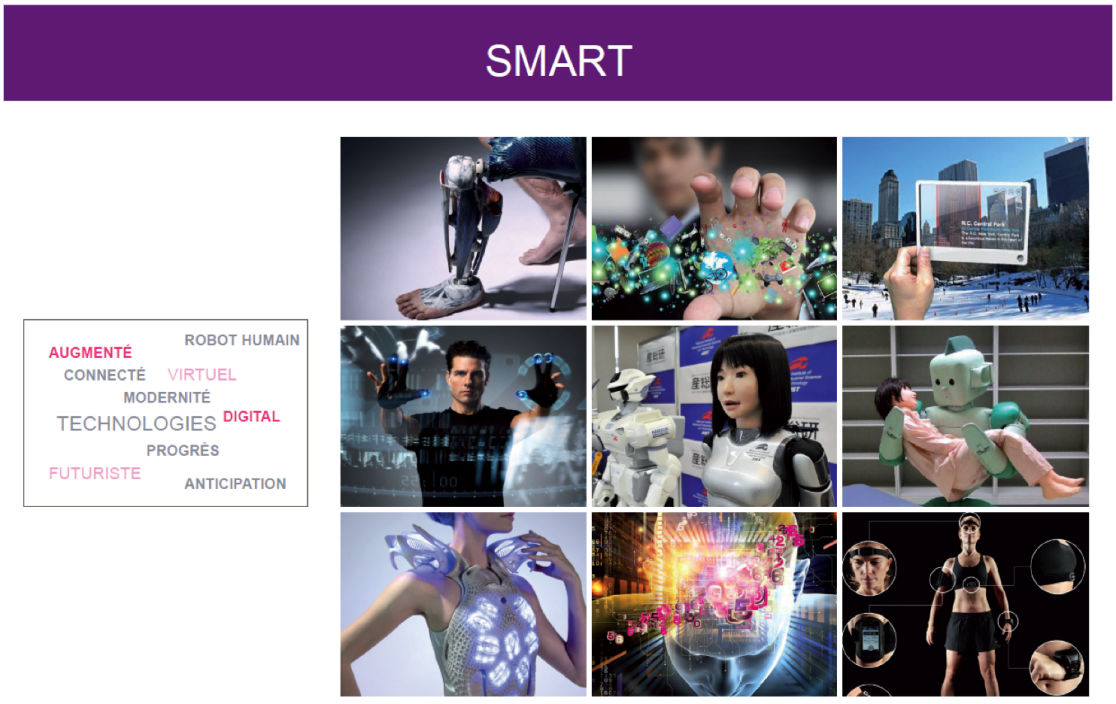


FIG. F.7: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Smart*.

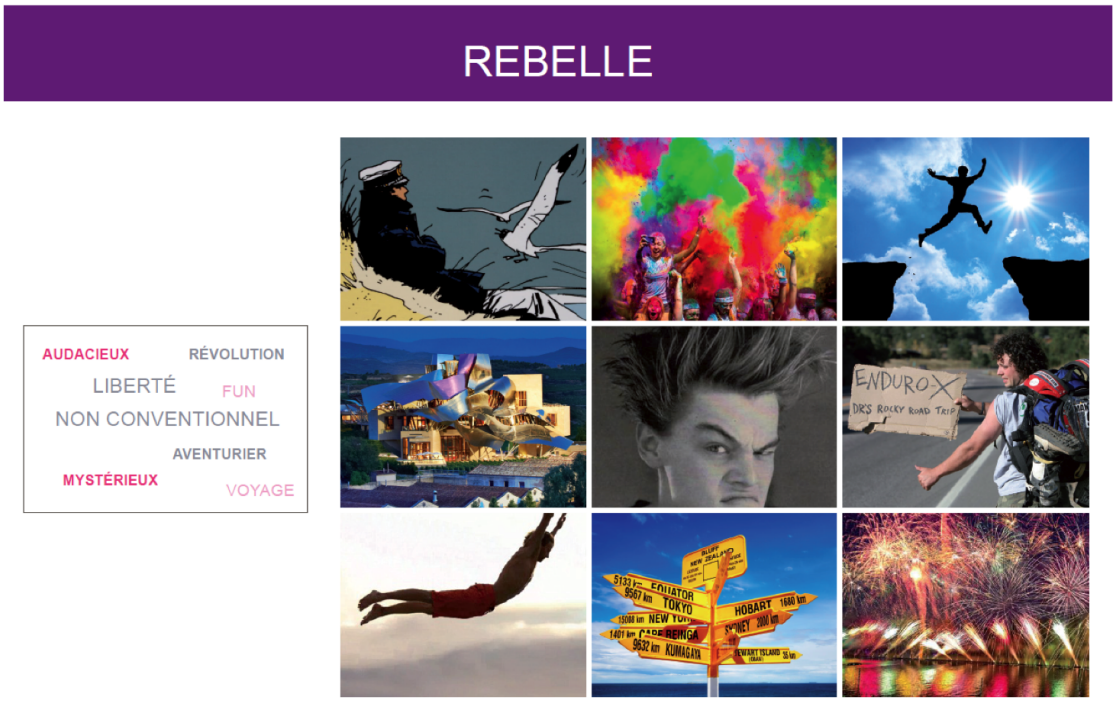


FIG. F.8: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Rebelle*.

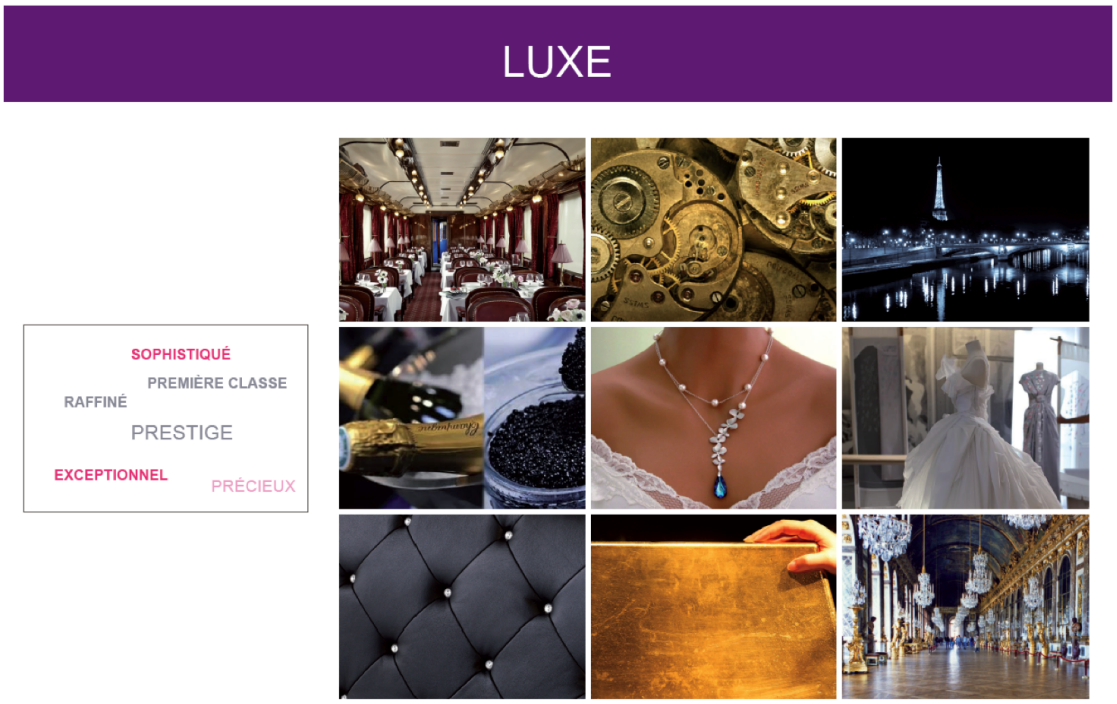


FIG. F.9: Planche de tendance correspondant à la valeurs identitaire *Luxe*.



FIG. F.10: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Authentique*.

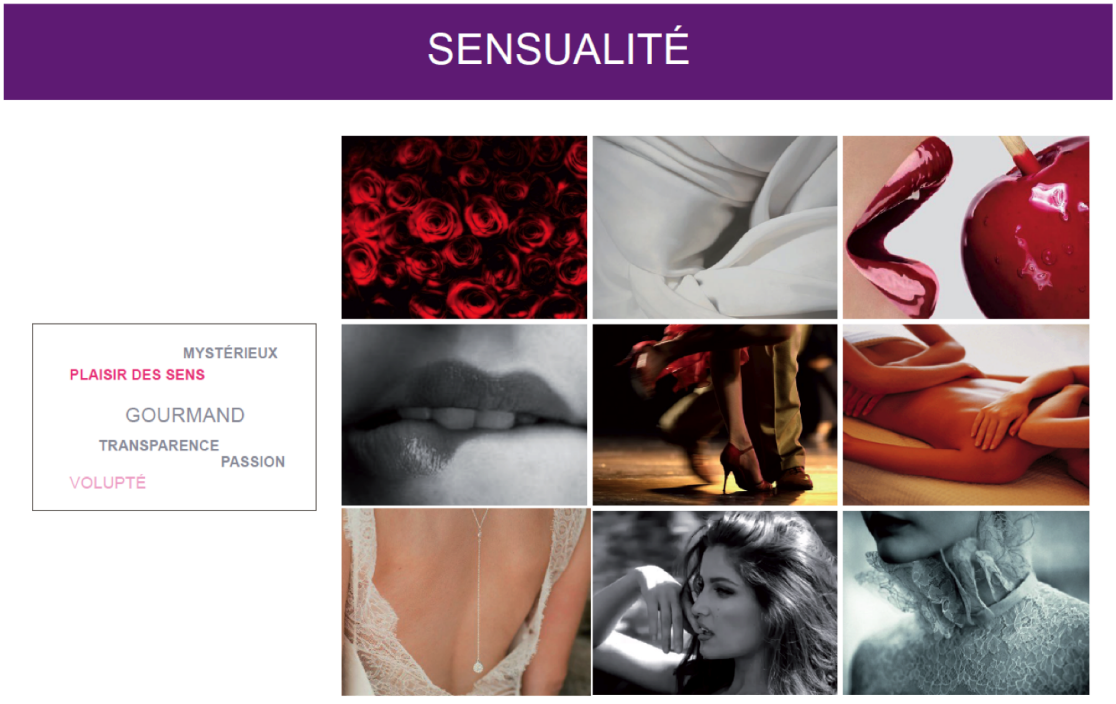


FIG. F.11: Planche de tendance correspondant à la valeur identitaire *Sensuel*.

Bibliographie

Aaker, D. (1991). *Managing brand equity : Capitalizing on the value of a brand name.* New York : The Free Press.

Aaker, D. A. (2012). *Building strong brands.* New York, USA : Ed. Simon and Schuster.

Aaker, J. L. (1997). Dimensions of brand personality. *Journal of marketing research*, 34(3) : 347–356.

Aaker, J. L., Benet-Martinez, V. et Garolera, J. (2001). Consumption symbols as carriers of culture : A study of japanese and spanish brand personality constucts. *Journal of personality and social psychology*, 81(3) : 492.

Adams, J., Williams, A., Lancaster, B. et Foley, M. (2007). Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. *In Proceedings of the 7th Pangborn sensory science symposium.* 12-16 August 2007, Minneapolis, USA.

Ahmed, S. et Boelskifte, P. (2006). Investigation Of Designers Intentions and a Users' Perception of Product Character. *Proceedings of Nordesign, Reykjavik, Iceland.*

Alpert, M. I., Alpert, J. I. et Maltz, E. N. (2005). Purchase occasion influence on the role of music in advertising. *Journal of Business Research*, 58(3) : 369–376.

Altinsoy, E. et Jekosch, U. (2012). The Semantic Space of Vehicle Sounds : Developing a Semantic Differential with Regard to Customer Perception. *Journal of the Audio Engineering Society*, 60(1) : 13–20.

Alves, V. et Roque, L. (2010). A pattern language for sound design in games. *In Proceedings of the 5th Audio Mostly Conference : A Conference on Interaction with Sound*, page 12. ACM, September 15-17, Pitea, Sweden.

Alves, V. et Roque, L. (2011). An inspection on a deck for sound design in games. *In Proceedings of the 6th Audio Mostly Conference : A Conference on Interaction with Sound*, pages 15–22. ACM, September 7-9, Coimbra, portugal.

Alves, V. N. N. (2012). *Sound design guidance as a contribution towards the empowerment of indie game developers.* Thèse de doctorat, University of Coimbra.

Amerine, M. A., Pangborn, R. M. et Roessler, E. B. (1965). *Principles of sensory evaluation of food*. New York and London : Academic press.

Andani, Z., Jaeger, S., Wakeling, I. et MacFie, H. (2001). Mealiness in apples : towards a multilingual consumer vocabulary. *Journal of food science*, 66(6) : 872–879.

Areni, C. S. et Kim, D. (1993). The influence of background music on shopping behavior : classical versus top-forty music in a wine store. *Advances in consumer research*, 20(1) : 336–340.

Ares, G., Dauber, C., Fernández, E., Giménez, A. et Varela, P. (2014a). Penalty analysis based on cata questions to identify drivers of liking and directions for product reformulation. *Food Quality and Preference*, 32 : 65–76.

Ares, G., Tárrega, A., Izquierdo, L. et Jaeger, S. R. (2014b). Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (cata) questions. *Food Quality and Preference*, 31 : 135–141.

Ares, G., Varela, P., Rado, G. et Giménez, A. (2011). Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories ? the case of orange-flavoured powdered drinks. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(8) : 1600–1608.

ASTMDS72 (2011). *Lexicon for Sensory Evaluation : Aroma, Flavor, Texture, and Appearance*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA.

ASTME1490 (2011). *Standard Guide for Two Sensory Descriptive Analysis Approaches for Skin Creams and Lotions*. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA.

Asutay, E., Västfjäll, D., Tajadura-Jiménez, A., Genell, A., Bergman, P. et Kleiner, M. (2012). Emoacoustics : A study of the psychoacoustical and psychological dimensions of emotional sound design. *Journal of the Audio Engineering Society*, 60(1/2) : 21–28.

Barbot, B., Lavandier, C. et Cheminée, P. (2008). Perceptual representation of aircraft sounds. *Applied Acoustics*, 69(11) : 1003–1016.

Bárcenas, P., Péres elortondo, F. J., Salmerón, J. et Albisu, M. (1999). Development of a preliminary sensory lexicon and standard references of ewes milk cheeses aided by multivariate statistical procedures. *Journal of Sensory Studies*, 14(2) : 161–179.

Barthet, M. (2008). *De l'interprète à l'auditeur : une analyse acoustique et perceptive du timbre musical*. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille II.

Bartholmé, R. H. et Melewar, T. (2011). Exploring the auditory dimension of corporate identity management. *Marketing Intelligence & Planning*, 29(2) : 92–107.

Bellemare, M. et Traube, C. (2005). Verbal description of piano timbre : Exploring performer-dependent dimensions. *In Digital Proceedings of the 2nd Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM05)*. Observatoire interdisciplinaire de création et de recherche en musique (OICRM) Montreal, QC.

Benzecri, J.-P. (1976). *L'analyse des données*. Paris, France : Dunod.

Berg, J. et Rumsey, F. (2006). Identification of quality attributes of spatial audio by repertory grid technique. *Journal of the Audio Engineering Society*, 54(5) : 365–379.

Bergeron, F., Astruc, C., Berry, A. et Masson, P. (2010). Sound quality assessment of internal automotive road noise using sensory science. *Acta Acustica united with Acustica*, 96(3) : 580–588.

Bergman, P., Sköld, A., Västfjäll, D. et Fransson, N. (2009). Perceptual and emotional categorization of sound. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(6) : 3156–3167.

Bezat, M.-C., Roussarie, V., Voinier, T., Kronland-Martinet, R. et Ystad, S. (2007). Car door closure sounds : Characterization of perceptual properties through analysis-synthesis approach. *In Proceedings of the 19th International Congress on Acoustics*. Sep. 2007, Madrid, Spain.

Bisping, R. (1997). Car interior sound quality : Experimental analysis by synthesis. *Acta Acustica united with Acustica*, 83(5) : 813–818.

Bjork, E. A. (1985). The perceived quality of natural sounds. *Acta Acustica united with Acustica*, 57(3) : 185–190.

Blauert, J. (1997). *Spatial hearing : the psychophysics of human sound localization*. Cambridge, USA : MIT press.

Bloit, J., Rasamimanana, N. et Bevilacqua, F. (2010). Modeling and segmentation of audio descriptor profiles with segmental models. *Pattern Recognition Letters*, 31(12) : 1507–1513.

Bonebright, T. L. (2001). Perceptual structure of everyday sounds : A multidimensional scaling approach. *In Proceedings of the 7th international conference on auditory display (ICAD)*. July 29-August 1, Espoo, Finland.

Bouchard, C., Kim, J. et Aoussat, A. (2009). Kansei information processing in design. *In Proceeding of IASDR 2009*. 18-22 October, Seoul, Korea.

Brent, W. (2010). *Physical and perceptual aspects of percussive timbre*. Thèse de doctorat, University of California, San Diego.

Broekemier, G. M. (1993). *Retail store image formation and retrieval : a content analysis including effects of music and mood*. Thèse de doctorat, Université du Nebraska, Lincoln.

Brown, M. B. (1975). 400 : A method for combining non-independent, one-sided tests of significance. *Biometrics*, 31 : 987–992.

Burke, K. E. (2004). *A perfect duet ? Brand personality positioning and advertising music matching.* Thèse de doctorat, University of Georgia, Athens.

Cabe, P. A. et Pittenger, J. B. (2000). Human sensitivity to acoustic information from vessel filling. *Journal of experimental psychology : human perception and performance*, 26(1) : 313.

Cadoret, M., Lê, S. *et al.* (2010). The sorted napping : A new holistic approach in sensory evaluation. *Journal of Sensory Studies*, 25(5) : 637–658.

Campo, E., Ballester, J., Langlois, J., Dacremont, C. et Valentin, D. (2010). Comparison of conventional descriptive analysis and a citation frequency-based descriptive method for odor profiling : An application to burgundy pinot noir wines. *Food Quality and Preference*, 21(1) : 44–55.

Campo, E., Do, B., Ferreira, V. et Valentin, D. (2008). Aroma properties of young spanish monovarietal white wines : a study using sorting task, list of terms and frequency of citation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(2) : 104–115.

Caramiaux, B., Bevilacqua, F., Bianco, T., Schnell, N., Houix, O. et Susini, P. (2014). The role of sound source perception in gestural sound description. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 11(1) : 1–19.

Carello, C., Anderson, K. L. et Kunkler-Peck, A. J. (1998). Perception of object length by sound. *Psychological science*, 9(3) : 211–214.

Carron, M., Dubois, F., Misdariis, N., Talotte, C. et Susini, P. (2014). Designing sound identity : providing new communication tools for building brands corporate sound. *In Proceedings of the 9th Audio Mostly : A Conference on Interaction With Sound*, page 15. ACM, October 1-3, Aalborg, Denmark.

Cheminée, P., Gherghinoiu, C. et Besnainou, C. (2005). Analyses des verbalisations libres sur le son du piano versus analyses acoustiques. *In Proceedings of the Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM05).* 10-12 March 2005, Montreal, Canada.

Childers, T. L. et Jass, J. (2002). All dressed up with something to say : Effects of typeface semantic associations on brand perceptions and consumer memory. *Journal of Consumer Psychology*, 12(2) : 93–106.

Chion, M., Gorbman, C. et Murch, W. (1994). *Audio-vision : sound on screen.* New York : Columbia University Press.

Choisel, S. et Wickelmaier, F. (2006). Extraction of auditory features and elicitation of attributes for the assessment of multichannel reproduced sound. *Journal of the Audio Engineering Society*, 54(9) : 815–826.

Claude, O. (2006). *La recherche intelligente des sons.* Thèse de doctorat, Masters Thesis. Université de Provence, Aubagne, France.

Coombs, C. H. (1964). *A theory of data.* New York : Wiley.

Couprie, P. (2003). *La musique électroacoustique : analyse morphologique et représentation analytique.* Thèse de doctorat, Université Paris 4.

Couprie, P. (2004). Graphical representation : an analytical and publication tool for electroacoustic music. *Organised Sound*, 9(01) : 109–113.

Daget, N. (1977). Glossaire des termes organoleptiques utilisés pour la dégustation des cafés. Rapport technique, Centre de Documentation Technique du Département Recherche Nestec.

Daget, N. (1982). Glossaire des termes organoleptiques utilisés pour la dégustation des cacaos, chocolat, et confiseries au chocolat. Rapport technique, Centre de Documentation Technique du Département Recherche Nestec.

Daget, N. (1986). Glossaire des termes organoleptiques utilisés pour la dégustation des laits et produits laitiers. Rapport technique, Centre de Documentation Technique du Département Recherche Nestec.

Darke, G. (2005). Assessment of timbre using verbal attributes. *In Proceedings of the Conference on Interdisciplinary Musicology (CIM05).* 10-12 March 2005, Montreal, Canada.

Daucé, B. et Rieunier, S. (2002). Le marketing sensoriel du point de vente. *Recherche et Applications en Marketing*, 17(4) : 45–65.

Delalande, F., Formosa, M., Frémiot, M., Gobin, P., Malbosc, P., Mandelbrojt, J. et Pedler, E. (1996). *Les Unités Sémiotiques Temporelles-Éléments nouveaux d'analyse musicale.* Edition MIM, documents Mesurgia, Marseille.

Delarue, J. et Sieffermann, J.-M. (2004). Sensory mapping using flash profile. comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food quality and preference*, 15(4) : 383–392.

Depledt, F. et SSHA (2009). *Evaluation Sensorielle, manuel méthodologique, 3ème édition.* Lavoisier, Collection sciences et techniques.

Di Santo, J. L. (2006). Proposition de terminologie structurée pour l'analyse et la composition musicales et de représentation symbolique de la musique électroacoustique champs voisins : sémiotique et linguistique. *In Proceedings of the EMS : Electroacoustic Music Studies Network.* 23-26 October, Beijing, China.

Diamantopoulos, A., Smith, G. et Grime, I. (2005). The impact of brand extensions on brand personality : experimental evidence. *European Journal of Marketing*, 39(1/2) : 129–149.

Dooley, L., Lee, Y.-s. et Meullenet, J.-F. (2010). The application of check-all-that-apply (cata) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. *Food Quality and Preference*, 21(4) : 394–401.

Dowling, G. R. (1994). *Corporate reputations : strategies for developing the corporate brand*. London : Kogan Page.

Drake, M., Karagul-Yuceer, Y., Cadwallader, K., Civille, G. et Tong, P. (2003). Determination of the sensory attributes of dried milk powders and dairy ingredients. *Journal of sensory studies*, 18(3) : 199–216.

Drake, M. A. et Civille, G. (2003). Flavor lexicons. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(1) : 33–40.

Dubois, D., Guastavino, C. et Raimbault, M. (2006). A cognitive approach to urban soundscapes : Using verbal data to access everyday life auditory categories. *Acta Acustica united with Acustica*, 92(6) : 865–874.

Eckert, C. et Stacey, M. (2000). Sources of inspiration : a language of design. *Design Studies*, 21(5) : 523–538.

Eitan, Z. et Granot, R. Y. (2006). How music moves : Musical parameters and listeners images of motion. *Music Perception : An Interdisciplinary Journal*, 23(3) : 221–248.

Ekman, I. et Rinott, M. (2010). Using vocal sketching for designing sonic interactions. *In Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems*, pages 123–131. ACM.

Elliott, T. M., Hamilton, L. S. et Theunissen, F. E. (2013). Acoustic structure of the five perceptual dimensions of timbre in orchestral instrument tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(1) : 389–404.

Fahlenbrach, K. (2008). Emotions in sound : Audiovisual metaphors in the sound design of narrative films. *Projections*, 2(2) : 85–103.

Fan, Y. (2006). Branding the nation : What is being branded ? *Journal of vacation marketing*, 12(1) : 5–14.

Faure, A. (2000). *Des sons aux mots, comment parle-t-on du timbre musical ?* Thèse de doctorat, EHESS.

Faye, P., Brémaud, D., Daubin, M. D., Courcoux, P., Giboreau, A. et Nicod, H. (2004). Perceptive free sorting and verbalization tasks with naive subjects : an alternative to descriptive mappings. *Food Quality and Preference*, 15(7) : 781–791.

Faye, P., Courcoux, P., Qannari, M. et Giboreau, A. (2011). Méthodes de traitement statistique des données issues d'une épreuve de tri libre. *Revue Modulad*, 43 : 1–24.

Fleiss, J. L. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological bulletin*, 76(5) : 378.

Fox, E. J. et Sullivan, H. J. (2007). Comparing strategies for teaching abstract concepts in an online tutorial. *Journal of Educational Computing Research*, 37(3) : 307–330.

Fritz, C., Blackwell, A. F., Cross, I., Woodhouse, J. et Moore, B. C. (2012). Exploring violin sound quality : Investigating English timbre descriptors and correlating resynthesized acoustical modifications with perceptual properties. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1) : 783–794.

Gabrielsson, A. et Sjögren, H. (1979). Perceived sound quality of sound-reproducing systems. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 65(4) : 1019–1033.

Gaver, W. W. (1989). The sonicfinder : An interface that uses auditory icons. *Human-Computer Interaction*, 4(1) : 67–94.

Gaver, W. W. (1993). What in the world do we hear ? : An ecological approach to auditory event perception. *Ecological psychology*, 5(1) : 1–29.

Gentner, A. (2014). *Définition et représentation d'intentions liées à l'expérience d'utilisation en phase amont du processus de conception de produit.* Thèse de doctorat, Paris, ENSAM.

Gentner, A., Bouchard, C., Badoil, A. et Favart, C. (2014). Kansei cards : A visual tool supporting the investigation, discussion, and representation of the kansei-related intentions of a product to be designed. *In Procceedings of the 5th International conference on kansei engineering and emotion research 2014*, pages 25–38. June 11-13, Linköping, Sweden.

Gentner, A., Bouchard, C., Esquivel, D. et Favart, C. (2013). Mapping a multisensory identity territory at the early design stage. *International Journal of Affective Engineering*, 12(2) : 191–200.

Gérard, Y. (2004). *Mémoire sémantique et sons de l'environnement.* Thèse de doctorat, Université de Bourgogne.

Gingras, B., Lagrandeur-Ponce, T., Giordano, B. L. et McAdams, S. (2011). Perceiving musical individuality : performer identification is dependent on performer expertise and expressiveness, but not on listener expertise. *Perception*, 40 : 1206–1220.

Giordano, B. L., Guastavino, C., Murphy, E., Ogg, M., Smith, B. K. et McAdams, S. (2011). Comparison of methods for collecting and modeling dissimilarity data : Applications to complex sound stimuli. *Multivariate behavioral research*, 46(5) : 779–811.

Giordano, B. L. et McAdams, S. (2006). Material identification of real impact sounds : Effects of size variation in steel, glass, wood, and plexiglass plates. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 119(2) : 1171–1181.

Giordano, B. L., Susini, P. et Bresin, R. (2013). *Perceptual evaluation of sound-producing objects*, pages 151–197. edited by K. Franinovic and S. Serafin, Boston, US : MIT Press.

Goudey, A. (2007). *Une approche non verbale de l'identité musicale de la marque : influence du «timbre» et du «tempo» sur l'image de marque évoquée.* Thèse de doctorat, Université Paris Dauphine.

Gower, J. C. (1975). Generalized procrustes analysis. *Psychometrika*, 40(1) : 33–51.

Grassi, M. (2005). Do we hear size or sound ? balls dropped on plates. *Perception & psychophysics*, 67(2) : 274–284.

Grey, J. M. (1977). Multidimensional perceptual scaling of musical timbres. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 61(5) : 1270–1277.

Grill, T., Flexer, A. et Cunningham, S. (2011). Identification of perceptual qualities in textural sounds using the repertory grid method. *In Proceedings of the 6th Audio Mostly Conference : A Conference on Interaction with Sound*, pages 67–74. ACM, September 7-9, Coimbra, portugal.

Guastavino, C. (2003). *Etude sémantique et acoustique de la perception des basses fréquences dans l'environnement sonore urbain.* Thèse de doctorat, Université Paris 9.

Guastavino, C. (2007). Categorization of environmental sounds. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 61(1) : 54.

Guinard, J. et Noble, A. (1986). Proposition d'une terminologie pour une description analytique de l'arôme des vins. *Sciences des Aliments*, 6(4) : 657–662.

Guyot, F. (1996). *Etude de la perception sonore en termes de reconnaissance et d'appréciation qualitative : une approche par la catégorisation.* Thèse de doctorat, Université du Maine.

Guyot, F., Castellengo, M. et Fabre, B. (1997). *Étude de la catégorisation d'un corpus de bruits domestiques*, chapitre Catégorisation et cognition : de la perception au discours, pages 41–58. Éditions Kimé, Paris, France.

Haenel, H. (2009). Rapport d'information sur la libéralisation des transports ferroviaires dans l'union européenne. Rapport technique 220, Comission des Affaires Européennes.

Harper, R., Bate-Smith, E., Land, D. et Griffiths, N. M. (1968). A glossary of odour stimuli and their qualities. *Perfumery Essent. Oil Record*, 59 : 22–37.

Helmholtz, H. L. (1887). *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music.* Translated by Alexander J. Ellis. New York : Dover.

Herm, S. et Möller, J. (2014). Brand identification by product design : The impact of evaluation mode and familiarity. *Psychology & Marketing*, 31(12) : 1084–1095.

Herrmann-Goldap, E. (1907). Über die klangfarbe einiger orchesterinstrumente. *Annalen der Physik*, 328(10) : 979–985.

Horvat, M., Domitrović, H. et Jambrošić, K. (2012). Sound quality evaluation of a stand-alone circular saw. *In 5th Congress of the Alps Adria Acoustics Association.*

Houix, O. (2003). *Catégorisation auditive de sources sonores.* Thèse de doctorat, Université du Maine.

Houix, O., Lemaitre, G., Misdariis, N., Susini, P. et Urdapilleta, I. (2012). A lexical analysis of environmental sound categories. *Journal of Experimental Psychology : Applied*, 18(1) : 52–80.

Hubert, L. et Arabie, P. (1985). Comparing partitions. *Journal of classification*, 2(1) : 193–218.

Hug, D. (2008). Towards a hermeneutics and typology of sound for interactive commodities. *In Proceedings of the CHI Workshop on Sonic Interaction Design*, pages 11–16. Firenze, Iraly.

Hug, D. et Misdariis, N. (2011). Towards a Conceptual Framework to Integrate Designerly and Scientific Sound Design Method. *In Proceedings of the 6th Audio Mostly Conference : A Conference on Interaction with Sound.* September 7-9, Coimbra, portugal.

Huron, D. (2002). Listening styles and listening strategies. *In Society for Music Theory 2002 Conference.* November 1, Colombus, Ohio, US.

Ih, J.-G., Lim, D.-H., Jeong, H. et Shin, S.-H. (2002). Investigation on the correlation between sound quality and special composition of vacuum cleaner sound by using the orthogonal array. *In Proceedings of the Sound Quality Symposium.* August, Dearborn, Michigan, US.

Ishii, R. et O'Mahony, M. (1987). Taste sorting and naming : can taste concepts be misrepresented by traditional psychophysical labelling systems ? *Chemical senses*, 12(1) : 37–51.

ISO11035 (1994). *Analyse sensorielle - Recherche et sélection de descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensoriel, par approche multidimensionnelle.* AFNOR.

ISO13299 (2003). *Analyse sensorielle - Méthodologie : directives générales pour l'établissement d'un profil sensoriel.* AFNOR.

ITU (2011). Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level. Rapport technique, International Telecommunication Union - Broadcasting service.

Jack, F. R. et Piggott, J. (1992). Free choice profiling in consumer research. *Food quality and preference*, 3(3) : 129–134.

Jacob, C. et Guéguen, N. (2002). Variations du volume d'une musique de fond et effets sur le comportement de consommation : une évaluation de terrain. *Recherche et applications en marketing*, 17(4) : 35–43.

Jaeger, S. R., Chheang, S. L., Yin, J., Bava, C. M., Gimenez, A., Vidal, L. et Ares, G. (2013). Check-all-that-apply (cata) responses elicited by consumers : Within-assessor reproducibility and stability of sensory product characterizations. *Food Quality and Preference*, 30(1) : 56–67.

Janlert, L.-E. et Stolterman, E. (1997). The character of things. *Design Studies*, 18(3) : 297–314.

Jekosch, U. (2005). Assigning meaning to sounds—semiotics in the context of product-sound design. *In Communication Acoustics*, pages 193–221. Springer.

Jeon, J. Y., You, J. et Chang, H. Y. (2007). Sound radiation and sound quality characteristics of refrigerator noise in real living environments. *Applied Acoustics*, 68(10) : 1118–1134.

Johar, J. S. et Sirgy, M. J. (1991). Value-expressive versus utilitarian advertising appeals : When and why to use which appeal. *Journal of advertising*, 20(3) : 23–33.

Julien, J.-R. (1989). *Musique et publicité : du Cri de Paris aux messages publicitaires radiophoniques et télévisés*. Paris, France : Flammarion.

Kapferer, J.-N. (1995). *Les marques, capital de l'entreprise*. Editions d'Organisation.

Kapferer, J.-N. (1998). Maîtriser l'image de l'entreprise : le prisme d'identité. *Revue Française de Gestion*, 71 : 76–83.

Karjalainen, T.-M. et Snelders, D. (2010). Designing visual recognition for the brand*. *Journal of Product Innovation Management*, 27(1) : 6–22.

Kavaratzis, M. (2005). Place branding : A review of trends and conceptual models. *The Marketing Review*, 5(4) : 329–342.

Keiper, W. (1997). Sound quality evaluation in the product cycle. *Acta Acustica united with Acustica*, 83(5) : 784–788.

Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, measuring, and managing customer-based brand equity. *the Journal of Marketing*, 57(1) : 1–22.

Kendall, R. A. et Carterette, E. C. (1993). Verbal attributes of simultaneous wind instrument timbres : I. von bismarck's adjectives. *Music Perception*, 10(4) : 445–467.

Kerrick, J. S., Nagel, D. C. et Bennett, R. L. (1969). Multiple ratings of sound stimuli. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 45(4) : 1014–1017.

Khan, M. S. (2002). Evaluation of acoustical comfort in passenger trains. *Acta Acustica united with Acustica*, 88(2) : 270–277.

Khan, M. S. (2003). Effects of masking sound on train passenger aboard activities and on other interior annoying noises. *Acta Acustica united with Acustica*, 89(4) : 711–717.

Knöferle, K. (2012). Using Customer Insights to Improve Product Sound Design. *Marketing Review St Gallen*, 29(2) : 47–53.

Koebel, M.-N. et Ladwein, R. (1999). L'échelle de personnalité de la marque de Jennifer Aaker : Adaptation au contexte français. *Décisions Marketing*, 16 : 81–88.

Kongprasert, N. (2012). Emotional design approach to design teak wood furniture. *In Proceedings of the 13 th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*. Phuket, Thailand.

Kongprasert, N., Brissaud, D., Bouchard, C., Aoussat, A. et Butdee, S. (2008). How to design and process brand identity through an integrated innovative approach. *In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pages 753–757. December 8-11, Singapore, Singapore.

Koren, R. et Gingras, B. (2014). Perceiving individuality in harpsichord performance. *Frontiers in psychology*, 5(141) : 1–13.

Kost, J. T. et McDermott, M. P. (2002). Combining dependent p-values. *Statistics & Probability Letters*, 60(2) : 183–190.

Kotler, P., Armstrong, G., Saunders, J. et Wong, V. (1996). *Principles of Marketing*. The European Edition, Prentice-Hall, Hemel Hempstead.

Kotler, P., Keller, K. L. et Manceau, D. (2014). *Marketing management 14/e*, chapitre le capital marque. Paris, France : Pearson Education.

Krumhansl, C. L. (1989). *Why is musical timbre so hard to understand*, pages 43–53. Amsterdam, Netherlands : Elsevier (Excerpta Medica 846).

Kunkler-Peck, A. J. et Turvey, M. (2000). Hearing shape. *Journal of Experimental psychology : human perception and performance*, 26(1) : 279–294.

Lageat, T., Czellar, S. et Laurent, G. (2003). Engineering hedonic attributes to generate perceptions of luxury : Consumer perception of an everyday sound. *Marketing Letters*, 14(2) : 97–109.

Lakatos, S., McAdams, S. et Caussé, R. (1997). The representation of auditory source characteristics : Simple geometric form. *Perception & psychophysics*, 59(8) : 1180–1190.

Langeveld, L., Van Egmond, R., Jansen, R. et Özcan Vieira, E. (2013). *Product sound design : Intentional and consequential sounds*, pages 47–73. Rijeka, Croatia : InTech.

Lawless, H. T. et Glatter, S. (1990). Consistency of multidimensional scaling models derived from odor sorting. *Journal of Sensory Studies*, 5(4) : 217–230.

Lawless, L. J. et Civille, G. V. (2013). Developing lexicons : A review. *Journal of Sensory Studies*, 28(4) : 270–281.

Lê, S., Josse, J., Husson, F. *et al.* (2008). Factominer : an r package for multivariate analysis. *Journal of statistical software*, 25(1) : 1–18.

Le Masson, P., Weil, B. et Hatchuel, A. (2006). *Les processus d'innovation : Conception innovante et croissance des entreprises*. Paris, France : Hermes science publishing (Lavoisier).

Le Nindre, B. (2002). *Typage sonore identitaire des bruits automobiles : application au cas du véhicule sportif*. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers.

Lemaitre, G., Houix, O., Misdariis, N. et Susini, P. (2010). Listener expertise and sound identification influence the categorization of environmental sounds. *Journal of Experimental Psychology : Applied*, 16(1) : 16–32.

Lemaitre, G., Susini, P., Winsberg, S., McAdams, S. et Letinturier, B. (2007). The sound quality of car horns : a psychoacoustical study of timbre. *Acta acustica united with Acustica*, 93(3) : 457–468.

Levy, S. J. (1959). Symbols for sale. *Harvard business review*, 37(4) : 117–124.

Lewi, G. et Lacoeuilhe, J. (2007). *Branding management : la marque, de l'idée à l'action*. Paris, France : Pearson Education.

Liljedahl, M. et Fagerlönn, J. (2010). Methods for sound design : a review and implications for research and practice. *In Proceedings of the 5th Audio Mostly Conference : A Conference on Interaction with Sound*, page 2. ACM, September 15-17, Pitea, Sweden.

Littel, S. et Orth, U. R. (2013). Effects of package visuals and haptics on brand evaluations. *European Journal of Marketing*, 47(1/2) : 198–217.

Lucero, A. V. (2009). *Co-designing interactive spaces for and with designers : supporting mood-board making*. Thèse de doctorat, Eindhoven University of Technology.

Lyon, R. H. (2003). Product sound quality-from perception to design. *Sound and vibration*, 37(3) : 18–23.

MacFie, H. et Thomson, D. (1984). *Sensory analysis of foods*, chapitre Multidimensional scaling methods. JR Piggott.

Malhotra, N. K. (1981). A scale to measure self-concepts, person concepts, and product concepts. *Journal of marketing research*, 18(4) : 456–464.

Marcell, M. M., Borella, D., Greene, M., Kerr, E. et Rogers, S. (2000). Confrontation naming of environmental sounds. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 22(6) : 830–864.

McAdams, S., Winsberg, S., Donnadieu, S., De Soete, G. et Krimphoff, J. (1995). Perceptual scaling of synthesized musical timbres : Common dimensions, specificities, and latent subject classes. *Psychological research*, 58(3) : 177–192.

McDonagh, D., Bruseberg, A. et Haslam, C. (2002). Visual product evaluation : exploring users' emotional relationships with products. *Applied Ergonomics*, 33(3) : 231–240.

McDonagh, D. et Denton, H. (2005). Exploring the degree to which individual students share a common perception of specific mood boards : observations relating to teaching, learning and team-based design. *Design Studies*, 26(1) : 35–53.

McElrea, H. et Standing, L. (1992). Fast music causes fast drinking. *Perceptual and Motor skills*, 75(2) : 362–362.

McGregor, I. (2013). Comparing designers' and listeners' experiences. *AI & SOCIETY*, 29(4) : 473–483.

McKenzie, D. P., Mackinnon, A. J., Péladeau, N., Onghena, P., Bruce, P. C., Clarke, D. M., Harrigan, S. et McGorry, P. D. (1996). Comparing correlated kappas by resampling : Is one level of agreement significantly different from another ? *Journal of psychiatric research*, 30(6) : 483–492.

Meenaghan, T. (1995). The role of advertising in brand image development. *Journal of Product & Brand Management*, 4(4) : 23–34.

Meilgaard, M., Civille, G. et Carr, B. (1991). *Spectrum terminology for descriptive analysis*, pages 162–172. Springer.

Melewar, T. (2003). Determinants of the corporate identity construct : a review of the literature. *Journal of Marketing Communications*, 9(4) : 195–220.

Merer, A., Ystad, S., Kronland-Martinet, R. et Aramaki, M. (2010). On the potentiality of abstract sounds in perception research. *In Computer Music Modeling and Retrieval (CMMR)*, pages 207–219.

Meyners, M., Castura, J. C. et Carr, B. T. (2013). Existing and new approaches for the analysis of cata data. *Food Quality and Preference*, 30(2) : 309–319.

Milliman, R. E. (1982). Using background music to affect the behavior of supermarket shoppers. *The journal of Marketing*, pages 86–91.

Minard, A., Misdariis, N., Houix, O., Susini, P. *et al.* (2010). Catégorisation de sons environnementaux sur la base de profils morphologiques. *10ème Congrès Français d'Acoustique*.

Montignies, F. (2009). *La perception sonore dans le processus de conception centrée sur l'homme : application aux bruits de tapotements de planches de bord automobiles par les clients*. Thèse de doctorat, INSA Lyon.

Moore, B. C. (2003). *An introduction to the psychology of hearing.* 5th edition ; Emerald Group publishing limited.

Mzali, M. (2002). *Perception de l'ambiance sonore et évaluation du confort acoustique dans les trains.* Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI).

Müller, J. et Kirchgeorg, M. (2010). Audio branding in line with brand personality. *In Audio Branding Academy Yearbook 2010/2011.* Nomos Verlagsgesellschaft, Edition Reinhard Fischer.

Namba, S., Kuwano, S., Hashimoto, T., Berglund, B., Rui, Z. D., Schick, A., Hoege, H. et Florentine, M. (1991). Verbal expression of emotional impression of sound : A cross-cultural study. *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 12(1) : 19–29.

Nicod, H., Clément, J.-F., Sauvageot, F. et Strigler, F. (2009). *Evaluation Sensorielle, manuel méthodologique, 3ème édition*, chapitre L'organisation pratique de la mesure sensorielle. Lavoisier, Collection sciences et techniques.

Norman, D. A. (1999). Affordance, conventions, and design. *interactions*, 6(3) : 38–43.

North, A. C., Hargreaves, D. J. et McKendrick, J. (1999). Music and on-hold waiting time. *British Journal of Psychology*, 90(1) : 161–164.

Nowak, S. et Rüger, S. (2010). How reliable are annotations via crowdsourcing : a study about inter-annotator agreement for multi-label image annotation. *In Proceedings of the international conference on Multimedia information retrieval*, pages 557–566. ACM.

Nykänen, A., Johansson, Ö., Lundberg, J. et Berg, J. (2009). Modelling perceptual dimensions of saxophone sounds. *Acta Acustica United with Acustica*, 95(3) : 539–549.

Nykänen, A. et Sirkka, A. (2009). Specification of component sound quality applied to automobile power windows. *Applied Acoustics*, 70(6) : 813–820.

Ojeda, M., Barcenas, P., Perez-Elortondo, F., Albisu, M. et Guillen, M. (2002). Chemical references in sensory analysis of smoke flavourings. *Food chemistry*, 78(4) : 433–442.

Olins, W. (1985). Management by design. *Management Today*, 62(9) : 21–30.

Olins, W. (1990). *Corporate identity : Making business strategy visible through design.* Harvard Business School Pr.

Osgood, C. E. (1952). The nature and measurement of meaning. *Psychological bulletin*, 49(3) : 197.

Özcan, E. (2008). *Product sounds : fundamental & applications.* Thèse de doctorat, Delft University of Technology.

Özcan, E. et van Egmond, R. (2005). Characterizing descriptions of product sounds. *In Proceedings of the 11th International Conference on Auditory Display*, pages 55–60.

Özcan, E. et van Egmond, R. (2009). Product sound design : An inter-disciplinary approach ? *In Undisciplined Design Research Society Conference, Sheffield, UK.*

Özcan, E. et van Egmond, R. (2012). Basic semantics of product sounds. *International Journal of Design*, 6(2) : 41–54.

Parikh, R. et Aminoff, S. (2013). Show me the metrics ! validating effectiveness of dell's audio identity system assets. *In Audio Branding Academy Yearbook 2012/2013.* Nomos Verlagsgesellschaft, Edition Reinhard Fischer.

Parizet, E., Guyader, E. et Nosulenko, V. (2008). Analysis of car door closing sound quality. *Applied Acoustics*, 69(1) : 12–22.

Peeters, G. et Deruty, E. (2010). Sound indexing using morphological description. *Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on*, 18(3) : 675–687.

Peeters, G., Giordano, B. L., Susini, P., Misdariis, N. et McAdams, S. (2011). The timbre toolbox : Extracting audio descriptors from musical signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(5) : 2902–2916.

Peters, R. W. (1960). Research on psychological parameters of sound. Rapport technique, DTIC Document.

Pierson, R. et Bozmoski, A. (2003). Harley-davidson's 100ˆ tˆ h anniversary-the sound of a legend. *Sound and Vibration*, 37(3) : 14–17.

Pirhonen, A. (2014). Metaphor as a focal concept in sound design. *In Proceedings of the 9th Audio Mostly : A Conference on Interaction With Sound*, page 13. ACM, 1-3 October, Aalborg, Denmark.

Plaehn, D. (2012). Cata penalty/reward. *Food Quality and Preference*, 24(1) : 141–152.

Plomp, R. (1970). Timbre as a multidimensional attribute of complex tones. *Frequency analysis and periodicity detection in hearing*, pages 397–414.

Poirson, E. (2005). *Prise en compte des perceptions de l'utilisateur en conception de produit. Application aux instruments de musique de type cuivre.* Thèse de doctorat, ECL et Universite de Nantes.

Popper, R., Abdi, H., Williams, A. et Kroll, B. (2011). Multi-block hellinger analysis for creating perceptual maps from check-all-thatapply questions. *In 9th Pangborn Sensory Science Symposium.*

Porcello, T. (2004). Speaking of sound language and the professionalization of sound-recording engineers. *Social Studies of Science*, 34(5) : 733–758.

Puckette, M. *et al.* (1996). Pure data : another integrated computer music environment. *Proceedings of the Second Intercollege Computer Music Concerts*, pages 37–41.

Qannari, E. M., Courcoux, P. et Faye, P. (2014). Significance test of the adjusted rand index. application to the free sorting task. *Food Quality and Preference*, 32 : 93–97.

Rand, W. M. (1971). Objective criteria for the evaluation of clustering methods. *Journal of the American Statistical association*, 66(336) : 846–850.

Rétiveau, A., Chambers, D. H. et Esteve, E. (2005). Developing a lexicon for the flavor description of french cheeses. *Food Quality and Preference*, 16(6) : 517–527.

Ricard, J. et Herrera, P. (2004). Morphological sound description : Computational model and usability evaluation. *In Audio Engineering Society Convention 116*. Audio Engineering Society.

Rieunier, S. (2000). *L'influence de la musique d'ambiance sur le comportement des consommateurs sur le lieu de vente*. Thèse de doctorat, Université Paris 9.

Rioux, V. et Västfjäll, D. (2001). Analyses of verbal descriptions of the sound quality of a flue organ pipe. *Musicae Scientiae*, 5(1) : 55–82.

Robert, P. et Escoufier, Y. (1976). A unifying tool for linear multivariate statistical methods : the rv-coefficient. *Applied statistics*, pages 257–265.

Rocchesso, D., Lemaitre, G., Susini, P., Ternström, S. et Boussard, P. (2015). Sketching sound with voice and gesture. *interactions*, 22(1) : 38–41.

Samoylenko, E., McAdams, S. et Nosulenko, V. (1996). Semantic Analysis of Verbalizations Produced in Comparing Musical Timbres. *International Journal of Psychology*, 31(6) : 255–278.

Saporta, G. (2006). *Probabilités, analyse des données et statistique*. Editions Technip.

Schaeffer, P. (1966). Traité des objets musicaux. *Editions du Seuil. Paris. France*.

Schaeffer, P., Reibel, G. et Ferreyra, B. (1967). Solfège de l'objet sonore [lp]. *Paris : Groupe de recherches musicales de l'ORTF*.

Schafer, R. M. (1979). *Le paysage sonore*. Éditions WILDPROJECT, collection Domaine Sauvage (2010).

Schütte, S., Eklund, J., Ishihara, S. et Nagamachi, M. (2008). Affective meaning : the kansei engineering approach. *In Product experience*, pages 477–496. HNJ Schifferstein and P. Hekkert.

Siekierski, E., Derquenne, C. et Martin, N. (2001). Sensory evaluation of air-conditioning noise : Sensory profiles and hedonic tests. *Proceedings of the ICA, Rome*, page 342.

Simon, C. J. et Sullivan, M. W. (1993). The measurement and determinants of brand equity : a financial approach. *Marketing science*, 12(1) : 28–52.

Simorre, N. (2004). Dossier : la mercatique sensorielle. *Économie et management*, 113.

Sirgy, M. J. (1982). Self-concept in consumer behavior : A critical review. *Journal of consumer research*, pages 287–300.

Smalley, D. (1997). Spectromorphology : explaining sound-shapes. *Organised sound*, 2(02) : 107–126.

Solomon, L. N. (1958). Semantic approach to the perception of complex sounds. *The journal of the Acoustical Society of America*, 30(5) : 421–425.

Stampanoni, C. R. (1994). The use of standardized flavor languages and quantitative flavor profiling technique for flavored dairy products. *Journal of Sensory Studies*, 9(4) : 383–400.

Stepánek, J. (2006). Musical sound timbre : Verbal description and dimensions. *In Proceedings of the 9th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-06)*, pages 121–126. Citeseer.

Stompff, G. (2003). The forgotten bond : Brand identity and product design. *Design Management Journal (Former Series)*, 14(1) : 26–32.

Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A. et Singleton, R. C. (2008). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Descriptive Sensory Analysis in Practice*, pages 23–34.

Stride, H. et Lee, S. (2007). No logo ? no way. branding in the non-profit sector. *Journal of Marketing Management*, 23(1-2) : 107–122.

Strigler, F., Touraille, C., Sauvageot, F., Barthélémy, J. et Issanchou, S. (2009). *Evaluation Sensorielle, manuel méthodologique, 3ème édition*, chapitre Les épreuves discriminatives et descriptives. Lavoisier, Collection sciences et techniques.

Susini, P., Houix, O. et Misdariis, N. (2014). Sound design : an applied, experimental framework to study the perception of everyday sounds. *The New Soundtrack*, 4(2) : 103–121.

Susini, P., Lemaitre, G. et McAdams, S. (2012). Psychological measurement for sound description and evaluation. *Measurements With Persons : Theory, Methods, and Implementation Areas*, 227.

Susini, P., McAdams, S., Winsberg, S., Perry, I., Vieillard, S. et Rodet, X. (2004). Characterizing the sound quality of air-conditioning noise. *Applied Acoustics*, 65(8) : 763–790.

Szczesniak, A. S. (1963). Classification of textural characteristics. *J. Food Sci*, 28(4) : 385–389.

Takeuchi, T. (1993). Auditory information in playing tennis. *Perceptual and motor skills*, 76(3c) : 1323–1328.

Tardieu, J. (2006). *De l'ambiance à l'information sonore dans un espace publique.* Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI).

Tardieu, J., Susini, P., Poisson, F., Kawakami, H. et McAdams, S. (2009). The design and evaluation of an auditory way-finding system in a train station. *Applied Acoustics*, 70(9) : 1183–1193.

Tardieu, J., Susini, P., Poisson, F., Lazareff, P. et McAdams, S. (2008). Perceptual study of soundscapes in train stations. *Applied Acoustics*, 69(12) : 1224–1239.

Taylor, L. J., Gandy, L. J. et Dark, G. (1974). Linguistic description and auditory perception. *Perceptual and motor skills*, 38(3) : 703–707.

Team, R. C. (2014). R : A language and environment for statistical computing. r foundation for statistical computing, vienna, austria, 2012.

Tennyson, R. D. et Cocchiarella, M. J. (1986). An empirically based instructional design theory for teaching concepts. *Review of Educational Research*, 56(1) : 40–71.

Terroir, J. et Lavandier, C. (2010). Qualité sonore des trains tgv : influence des facteurs perceptifs-analyse multidimensionnelle et préférentielle. *In 10ème Congrès Français d'Acoustique*.

Thomson, D. M. et McEwan, J. A. (1988). An application of the repertory grid method to investigate consumer perceptions of foods. *Appetite*, 10(3) : 181–193.

Thoresen, L. et Hedman, A. (2007). Spectromorphological analysis of sound objects : an adaptation of pierre schaeffer's typomorphology. *Organised Sound*, 12(02) : 129–141.

Tomasella, S. (2002). *Vers une psychanalyse de la marque et de ses expressions*. Thèse de doctorat, I.A.E. Nice.

Torija, A. J., Ruiz, D. P. et Ramos-Ridao, A. (2013). Application of a methodology for categorizing and differentiating urban soundscapes using acoustical descriptors and semantic-differential attributes. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1) : 791–802.

Traube, C. (2004). *An Interdisciplinary Study of the Timbre of the Classical Guitar*. Thèse de doctorat, McGill University.

Treasure, J. (2007). *Sound business*. Management Books 2000 Limited.

Treasure, J. (2013). Listening to shoppers. *In Audio Branding Academy Yearbook 2012/2013*. Nomos Verlagsgesellschaft, Edition Reinhard Fischer.

Tuuri, K. et Eerola, T. (2012). Formulating a revised taxonomy for modes of listening. *Journal of New Music Research*, 41(2) : 137–152.

Tuuri, K., Mustonen, M.-S. et Pirhonen, A. (2007). Same sound–different meanings : A novel scheme for modes of listening. *Proceedings of Audio Mostly*, pages 13–18.

Underwood, R. L. (2003). The communicative power of product packaging : creating brand identity via lived and mediated experience. *Journal of Marketing Theory and Practice*, pages 62–76.

Valentin, D., Chollet, S., Lelievre, M. et Abdi, H. (2012). Quick and dirty but still pretty good : A review of new descriptive methods in food science. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(8) : 1563–1578.

Van den Bosch, A. L., De Jong, M. D. et Elving, W. J. (2005). How corporate visual identity supports reputation. *Corporate Communications : An International Journal*, 10(2) : 108–116.

van der Geest, T. et Loorbach, N. (2005). Testing the visual consistency of web sites. *Technical communication*, 52(1) : 27–36.

Van Rompay, T., Hekkert, P., Saakes, D. et Russo, B. (2005). Grounding abstract object characteristics in embodied interactions. *Acta psychologica*, 119(3) : 315–351.

Van Rompay, T. J. et Pruyn, A. T. (2011). When visual product features speak the same language : Effects of shape-typeface congruence on brand perception and price expectations*. *Journal of Product Innovation Management*, 28(4) : 599–610.

Vanbelle, S. et Albert, A. (2008). A bootstrap method for comparing correlated kappa coefficients. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 78(11) : 1009–1015.

Vanderveer, N. J. (1979). *Ecological acoustic : human perception of environmental sounds*. Thèse de doctorat, Cornell University.

Varela, P. et Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2) : 893–908.

Västfjäll, D., Kleiner, M. et Gärling, T. (2003). Affective reactions to interior aircraft sounds. *Acta Acustica united with Acustica*, 89(4) : 693–701.

Velasco, C., Jones, R., King, S. et Spence, C. (2013). The sound of temperature : What information do pouring sounds convey concerning the temperature of a beverage. *Journal of Sensory Studies*, 28(5) : 335–345.

Vernette, E. (2008). *L'essentiel du marketing*. Editions Eyrolles.

Von Bismarck, G. (1974). Timbre of steady sounds : A factorial investigation of its verbal attributes. *Acta Acustica united with Acustica*, 30(3) : 146–159.

Wake, S. et Asahi, T. (1998). Sound retrieval with intuitive verbal expressions. *ICAD*, 6 : 1.

Ward Jr, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, 58(301) : 236–244.

Warell, A., Stridsman Dahlström, J. et Fjellner, C. (2006). Visual product identity : Understanding identity perceptions conveyed by visual product design. *In In Proceedings from the 5th International Conference on Design & Emotion, 27-29 September, Göteborg*.

Wessel, D. L. (1979). Timbre space as a musical control structure. *Computer music journal*, pages 45–52.

Winther, J. (2012). *Sound brand fit : A cross-modal study on perception of fit between sound logos, visual logos and brand.* Thèse de doctorat, Copenhagen Business School.

Wittgenstein, L. (1953). *Investigations philosophiques.* Gallimard (2005.

Wood, L. (2000). Brands and brand equity : definition and management. *Management decision*, 38(9) : 662–669.

Worch, T. et Piqueras-Fiszman, B. (2015). Contributions to assess the reproducibility and the agreement of respondents in cata tasks. *Food Quality and Preference*, 40 : 137–146.

Wright, P. (1971). Linguistic description of auditory signals. *Journal of applied Psychology*, 55(3) : 244.

Yalch, R. F. (1991). Memory in a jingle jungle : Music as a mnemonic device in communicating advertising slogans. *Journal of Applied Psychology*, 76(2) : 268.

Yalch, R. F. et Spangenberg, E. (1993). Using store music for retail zoning : a field experiment. *Advances in consumer research*, 20(1) : 632–636.

Youness, G. et Saporta, G. (2004). Une méthodologie pour la comparaison de partitions. *Revue de statistique appliquée*, 52(1) : 97–120.

Zampini, M. et Spence, C. (2004). The role of auditory cues in modulating the perceived crispness and staleness of potato chips. *Journal of sensory studies*, 19(5) : 347–363.

Zhang, Y., Feick, L. et Price, L. J. (2006). The impact of self-construal on aesthetic preference for angular versus rounded shapes. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 32(6) : 794–805.