

THÈSE de DOCTORAT de l'UNIVERSITÉ PARIS 6

Spécialité
Acoustique

Présentée par
Julien Tardieu

Pour obtenir le titre de
DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ PARIS 6

**DE L'AMBIANCE À L'INFORMATION SONORE
DANS UN ESPACE PUBLIC
Méthodologie et réalisation appliquées aux gares**

Soutenue le 20 décembre 2006, devant le jury composé de :

Benoît Fabre	Examineur
Frédérique Guyot	Examinatrice
Stephen McAdams	Directeur de thèse
Étienne Parizet	Rapporteur
Franck Poisson	Co-directeur de thèse
Patrick Susini	Co-directeur de thèse
Jacques Theureau	Examineur
Charles Tijus	Rapporteur



Résumé Dans cette thèse, nous souhaitons répondre à deux questions : « Quelles informations un usager peut-il tirer de l'ambiance sonore d'un espace public ? Comment faire pour proposer de nouvelles informations sonores ? ». Notre méthodologie se décompose en trois étapes, que nous avons appliquées au cas des gares. Dans la première étape, une étude sur la perception des ambiances sonores montre que les représentations mentales des auditeurs sont construites autour de trois types d'indices sonores : sources sonores, activité humaine et effet de salle. Dans le cas d'une gare, ces représentations correspondent aux différents types d'espaces qui la composent. En d'autres termes, les auditeurs sont capables de reconnaître le type d'espace d'une gare, simplement en écoutant l'ambiance sonore. D'autre part, l'ambiance sonore véhicule des informations non volontaires en accord avec l'usage du lieu (par exemple le «flap-flap» émis par les palettes d'un tableau des départs). Ces premiers résultats, confirmés par une enquête in situ, nous permettent de formuler le postulat qu'une nouvelle information sonore (une signalétique sonore, par exemple) pourra être intégrée par les usagers, grâce à la pratique quotidienne de ces espaces. Les deux étapes suivantes proposent ensuite une méthodologie pour la création d'une signalétique sonore, avec pour objectif d'améliorer l'usage d'un espace. Dans la deuxième étape, une expérience basée sur un trajet effectué par des usagers d'une gare en conditions réelles a permis d'identifier et de caractériser les problèmes rencontrés. Pour les résoudre, un cahier des charges est écrit dans lequel est présenté un état des lieux (acoustique, architectural) ainsi que les informations que doit véhiculer la solution sonore. Il a été soumis à un compositeur qui a réalisé une signalétique sonore composée de sons non-verbaux. La dernière étape a pour objectif de valider la solution sonore in situ. Pour cela une expérience similaire à la deuxième étape a été menée avec des nouveaux usagers. Les résultats montrent que la signalétique sonore est comprise, et qu'elle a aidé les usagers lors de leur trajet. Il est ainsi possible de trouver une solution sonore à des problèmes rencontrés par les usagers dans un espace public. L'originalité de ce travail réside d'une part dans son caractère interdisciplinaire avec une approche perceptive de l'ambiance sonore et une approche ergonomique de l'usage des espaces publics. D'autre part, ce travail a permis de proposer une méthodologie pour la spécification et la validation d'une signalétique sonore dans un espace public. Cette méthodologie a été entièrement mise en oeuvre et testée dans un cas concret. Les résultats obtenus apportent ainsi de nouvelles perspectives quant à la question du design sonore pour les espaces publics.

Abstract In this thesis, we want to answer two questions : "What information can a user extract from the soundscape of a public area?" How can new auditory information be proposed?" Our methodology comprises 3 phases that were applied to train stations. First, a study on the perception of soundscapes shows that listeners' mental representations are built around 3 types of auditory cues : sound sources, human activity, room effect. In a train station, these representations correspond to the different areas that compose it. In other words, listeners can recognize a given area, simply by listening to its soundscape. Moreover, a soundscape conveys involuntary information that is linked to the area's function (for example, the "flap-flap" sound made by the mechanical departure board). Using these first results, confirmed by an in situ questionnaire survey, it is then shown that new auditory information (sound signals for example) can be acquired by users, thanks to a regular frequenting of the area. The next two steps propose a methodology for the creation of sound signals, in order to improve the use of a public area. In the second phase, an experiment based on recruited travelers following a designated goal in a real train station is carried out, to identify any problems they might encounter. To solve these problems, we write specifications presenting a description of the environment (acoustical, architectural), and the information that must be conveyed by the sound solution. At this point, a sound composer proposes non-speech sound signals. The last step consists in evaluating the sound signals in real conditions. An experiment, similar to step 2, is carried out with new recruited travelers. Results show that the sound signals are understood, and help users during their walk. Thus, it is possible to find a sound solution to problems encountered by users of a public area. The originality of this work resides first in its interdisciplinarity, with a perceptual approach of the soundscapes and an ergonomical approach of the use of public areas. Secondly, this work proposes a methodology for both the specification and the evaluation of sound signals in public areas, which was tested in real conditions. Finally, the results open new perspectives for sound design in public areas.



Remerciements

Mes premiers remerciements vont à Franck Poisson et Patrick Susini, pour m'avoir permis de travailler sur ce sujet, pour m'avoir guidé pendant ces quelques années, et pour m'avoir offert un encadrement indispensable et extrêmement épanouissant, de par ses très grandes qualités, aussi bien en termes scientifiques qu'humains.

Je remercie Stephen McAdams pour avoir accepté de diriger cette thèse, pour son soutien et son enthousiasme pendant la réalisation de ces travaux.

Je remercie Myriam Mzali pour sa participation très enrichissante à l'encadrement sur la première moitié de cette thèse.

Je remercie infiniment Hiroshi Kawakami, pour sa contribution enthousiaste et de très grande qualité à ces travaux.

Je remercie également Charles Tijus et Étienne Parizet pour avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse, ainsi que Frédérique Guyot, Jacques Theureau et Benoît Fabre pour avoir accepté d'en être les examinateurs.

Un grand merci à l'IRCAM et à la Direction de l'Innovation et de la Recherche de la SNCF, pour m'avoir accueilli au sein de leurs équipes, et pour avoir mis à ma disposition tous les moyens nécessaires au bon déroulement de ces travaux.

Je souhaite aussi remercier très vivement toutes les personnes que j'ai pu rencontrer dans ces deux univers, et qui m'ont aidé de près ou de loin à mener cette thèse. En particulier, je remercie celles et ceux de PDS et PCM à l'IRCAM, et de PSF à la SNCF, pour avoir rendu ces années si agréables.

Pour finir, merci à ma famille, et en particulier ma mère pour m'avoir aidé lors de la relecture de ces quelques pages !

...



... à Éva.



Table des matières

Introduction	1
I État de l'art et cadre théorique	3
1 Problématique générale	5
1.1 Cadre et objectifs	5
1.2 Axes de travail	6
1.3 Approche générale	7
2 De l'ambiance sonore à l'information sonore	9
2.1 Introduction	9
2.2 Ambiances sonores	10
2.2.1 Analyser l'environnement des sons	10
2.2.2 Composer le paysage avec les sons	18
2.2.3 Composer le paysage sonore : installations sonores	20
2.2.4 Discussion	22
2.3 Sources sonores	24
2.3.1 Événement sonore	24
2.3.2 Qualité sonore	26
2.3.3 Design sonore des produits industriels	28
2.3.4 Discussion	29
2.4 Signaux sonores	30
2.4.1 Signalétique	30
2.4.2 Jingles	33
2.4.3 Illustrations	34
2.4.4 Discussion	34
2.5 Discussion générale	35
3 Connaissances, perception et activité	39
3.1 Introduction	39
3.2 Organisation des connaissances	40
3.2.1 Les catégories	40
3.2.2 Les schémas	43
3.2.3 Synthèse	45
3.3 Perception	45
3.3.1 Processus ascendant	45
3.3.2 Processus descendant	46
3.3.3 Discussion	47

3.4	Analyse de l'activité	47
3.4.1	Introduction	47
3.4.2	Définitions	48
3.4.3	Analyser l'activité	49
3.4.4	L'explicitation	51
3.4.5	La gare du Nord : deux exemples de réalisation	53
3.4.6	Discussion	55
3.5	Discussion générale	55
 II Méthodologie		 57
4	Démarche méthodologique	59
4.1	Introduction	59
4.2	Étape 1 : Typologie et caractéristiques acoustiques des espaces	61
4.2.1	Caractérisation typologique des espaces publics	61
4.2.2	Caractérisation des ambiances sonores	61
4.3	Étape 2 : Identification des informations sonores existantes	63
4.3.1	Problématique	63
4.3.2	Expériences en laboratoire	63
4.3.3	Enquête in situ	65
4.4	Étape 3 : Définition d'un usage à favoriser	65
4.4.1	Problématique	65
4.4.2	Identification de problèmes	66
4.5	Étape 4 : Réalisation d'une solution sonore	67
4.5.1	Problématique	67
4.5.2	Cahier des charges fonctionnel	67
4.5.3	Création et sélection d'une solution sonore	68
4.5.4	Installation technique	68
4.6	Étape 5 : Évaluation ergonomique de la solution sonore	68
4.6.1	Problématique	68
4.6.2	Évaluation ergonomique	69
4.7	Conclusion	69
 III Application au cas des gares		 71
5	Typologie des gares et caractéristiques acoustiques des ambiances sonores	73
5.1	Introduction	73
5.2	Typologie des gares et des espaces	73
5.2.1	Les gares	73
5.2.2	Les espaces	74
5.2.3	Choix des sites	75
5.3	Construction d'un corpus d'échantillons sonores	75
5.3.1	Les prises de son	75
5.3.2	Dépouillements et sélections des échantillons	77
5.4	Caractéristiques acoustiques du corpus sonore	78
5.4.1	Sources sonores	78

5.4.2	Évolution du niveau sonore	79
5.5	Conclusion	82
6	Perception de l’ambiance sonore des espaces	83
6.1	Introduction	83
6.2	Approche expérimentale	83
6.2.1	Corpus sonore	84
6.2.2	Protocoles : Expériences E1 et E2	84
6.2.3	Résultats	85
6.2.4	Conclusions de l’approche expérimentale	109
6.3	Enquête in situ	110
6.3.1	Introduction	110
6.3.2	Questionnaire	110
6.3.3	Protocole	111
6.3.4	Résultats	111
6.3.5	Conclusions de l’enquête in situ	115
6.4	Conclusions	115
7	Identification de problèmes d’usage	117
7.1	Introduction	117
7.2	Choix du terrain d’expérimentation	117
7.2.1	Entretien avec les chefs de gares	117
7.2.2	Description du problème initial	118
7.3	Protocole : Expérience E3	119
7.3.1	Consigne	119
7.3.2	Entretien	120
7.3.3	Sujets	121
7.4	Résultats	121
7.4.1	Le trajet de CI	121
7.4.2	Le trajet de FM	123
7.4.3	Le trajet de JA	124
7.4.4	Le trajet de LD	124
7.4.5	Le trajet de KP	125
7.4.6	Le trajet de AB	126
7.4.7	Le trajet de MAT	128
7.4.8	Le trajet de CB	129
7.4.9	Le trajet de CLC	129
7.4.10	Le trajet de MPH	130
7.5	Synthèse	132
7.5.1	Les étapes	132
7.5.2	Jugement négatif	134
7.6	Conclusions	135
8	Signalétique sonore I : réalisation et installation	137
8.1	Introduction	137
8.2	Cahier des charges fonctionnel	138
8.2.1	Description architecturale	138
8.2.2	Description acoustique	139
8.2.3	3 types de problèmes à traiter	147

8.2.4	Les 3 fonctions de la signalétique sonore	147
8.3	La création sonore	148
8.3.1	Présentation du compositeur	148
8.3.2	Le principe général proposé	148
8.3.3	Fonction 1 et 2 : couple orientation - confirmation	149
8.3.4	Fonction 3 : séquence de timeline	150
8.4	Sélection des sons	152
8.4.1	Objectif	152
8.4.2	Stimuli	152
8.4.3	Protocole : Expérience E4	152
8.4.4	Résultats	153
8.4.5	Discussion	154
8.5	L'installation in situ	154
8.5.1	Cahier des charges technique	154
8.5.2	Installation	155
8.6	Conclusion	156
9	Signalétique sonore II : validation ergonomique de la solution sonore	161
9.1	Introduction	161
9.2	Protocole : Expérience E5	162
9.2.1	Consigne	162
9.2.2	Entretien	162
9.2.3	Sujets	162
9.3	Résultats	163
9.3.1	Le trajet de VM	163
9.3.2	Le trajet de GL	164
9.3.3	Le changement de consigne	164
9.3.4	Le trajet de VS	165
9.3.5	Le trajet de JD	166
9.3.6	Le trajet de VL	167
9.3.7	Le trajet de DP	169
9.3.8	Le trajet de SL	171
9.3.9	Le trajet de JM	172
9.3.10	Le trajet de DS	173
9.3.11	Le trajet de TF	175
9.4	Synthèse	175
9.4.1	Les étapes du trajet	175
9.4.2	Les difficultés rencontrées	176
9.4.3	Les avis sur le trajet	177
9.4.4	Le rôle des sons	177
9.5	Conclusions	178
10	Synthèse et discussion générale	181
10.1	Ambiance sonore et informations sonores	181
10.2	Solution sonore pour améliorer l'activité	183
10.3	Design sonore et espaces publics	185
	Conclusion	187

Bibliographie	189
Annexes	199
A Annexe du Chapitre 5	201
A.1 Grille d'enregistrement	201
A.2 Liste des 210 échantillons avant sélection	202
B Composition et scores de reconnaissance des classes de E2	205
C Expérience E3	207
C.1 Consigne	207
C.2 Étapes des trajets	208
D Cahier des charges	215
D.1 Photos prises le long du trajet	215
D.2 Caractéristiques techniques du matériel utilisé pour l'installation sonore . .	224
E Expérience E5	227
E.1 Étapes des trajets des sujets	227

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 de l'Innovation et de la Recherche SNCF et l'équipe Perception et Design Sonores de l'IRCAM. Ils ont été motivés par une volonté d'évaluer l'apport du design sonore pour les espaces publics et en particulier les gares SNCF. Ainsi, l'objectif général de cette thèse consiste à montrer que l'usage d'un espace public peut être amélioré, ou favorisé, par l'ambiance sonore de cet espace. Autrement dit, nous allons montrer que l'ambiance sonore d'un espace public contient des informations, et que de nouvelles informations sonores peuvent être proposées pour améliorer le déroulement de l'activité.

Ce document est divisé en trois grandes parties. La première partie présente, dans le chapitre 1, le cadre général dans lequel se situent ces travaux, ainsi que la problématique qui est abordée. Le 2e chapitre expose un état de l'art des travaux menés dans différentes thématiques (ambiances sonores, sources sonores, signaux sonores) afin de mettre en évidence des premiers éléments de réponse. Le chapitre 3 présente des principes théoriques et méthodologiques qui nous serviront à formuler des hypothèses expérimentales.

Sur la base des éléments présentés dans les trois premiers chapitres, la deuxième partie de cette thèse (chapitre 4) détaille la démarche méthodologique que nous avons élaborée. Cette démarche, décomposée en 5 étapes, est fondée sur une approche globale du design sonore, allant de l'analyse (perception, activité) jusqu'à la création sonore, en passant par la constitution d'outils méthodologiques (expérimentation, cahier des charges).

La troisième partie de ce document correspond à la mise en œuvre de notre démarche méthodologique dans le cas des gares. Cette partie est composée de 5 chapitres, qui correspondent aux 5 étapes de notre démarche, puis d'une discussion générale. Dans le chapitre 5, une analyse préliminaire est présentée, afin de caractériser les gares d'un point de vue typologique et acoustique. Le 6e chapitre présente les résultats obtenus sur la perception de l'ambiance sonore des espaces qui composent une gare, mettant en évidence les informations contenues dans les ambiances sonores. Le chapitre 7 présente les résultats de l'analyse de l'activité dans une gare en particulier, afin d'identifier les problèmes à résoudre. Dans le chapitre 8, une solution sonore est proposée et réalisée, sous la forme d'un dispositif de signalétique sonore non verbale. Le chapitre 9 présente les résultats de l'expérience ayant permis d'évaluer l'efficacité de la signalétique sonore.

Enfin, le chapitre 10 effectue une synthèse des résultats obtenus, et propose une discussion quant à l'apport de ces travaux, selon plusieurs points de vue : empirique en les comparant à d'autres travaux, théorique quant aux représentations mentales des ambiances sonores, et méthodologique quant à la question du design sonore pour les espaces publics.

Première partie
État de l'art et cadre théorique

Chapitre 1

Problématique générale

Ce premier chapitre présente le cadre général dans lequel se situe la thèse, ainsi que les questions auxquelles nous allons répondre. La démarche générale adoptée sera ensuite présentée.

1.1 Cadre et objectifs

Un espace public est un lieu de passage et de rassemblement à l'usage de tous, et peut être défini dans un premier temps par ses deux grandes caractéristiques : architecturale et fonctionnelle. D'un point de vue architectural, les espaces publics se présentent sous plusieurs formes. Il peut s'agir, par exemple, des espaces publics urbains (rue, jardins, parcs, etc.), des infrastructures construites pour les transports publics (gares de trains, aéroports, stations de métro, etc.), ou bien encore des hôpitaux, des lieux d'enseignement, etc. D'un point de vue fonctionnel, ces espaces sont destinés à plusieurs types d'usages : déplacement, attente, renseignement, etc. Un espace public peut être décrit dans un deuxième temps par tous les éléments qui le composent (objets, aménagements, signalétique, etc.), ainsi que toutes les activités humaines qui s'y déroulent. Un espace public est donc, par définition, un espace complexe. Cette complexité génère une ambiance qui est propre à chaque espace public, dont l'ambiance sonore est une composante. Le premier point que nous souhaitons traiter dans cette thèse consiste à déterminer s'il existe une représentation, partagée par un groupe culturel, de l'ambiance sonore d'un espace public, représentation qui peut donner lieu à des attentes lors des activités pratiquées dans cet espace. Une telle représentation serait élaborée à partir d'un ensemble d'éléments composant l'ambiance sonore. Nous tenterons de mettre en évidence ces éléments. Les résultats permettront d'apporter une hypothèse quant à la question de l'intégration d'une solution sonore pour améliorer l'usage.

Sur la base de cette hypothèse, le deuxième point que nous aborderons repose sur la question de l'amélioration des usages grâce à l'ambiance sonore, ou plus particulièrement par l'ajout d'une signalétique sonore. En d'autres termes, nous souhaitons montrer que certains problèmes rencontrés par les usagers d'un espace public, peuvent être résolus par une solution sonore, autre que celle du *confort acoustique* habituellement considérée. En effet, la question du confort acoustique consiste à adapter l'ambiance sonore d'un lieu (une salle d'attente, l'intérieur d'une automobile, d'un bus, ou d'un train, par exemple) afin que certaines activités (lire, écouter de la musique, attendre, conduire, etc.) puissent se dérouler avec plus de confort (ou moins d'*inconfort*). Il s'agit, comme le mentionne Nicolas Rémy dans sa thèse [Rém01], d'étudier la dimension sonore d'un lieu suivant

qu'elle «autorise, facilite ou contredit certains usages». Cependant, même si la notion de confort acoustique est déterminante (nous présenterons des travaux ayant traité cette question dans le chapitre 2), elle ne permet pas d'appréhender notre problématique dans son ensemble. En effet, certaines activités (se déplacer, trouver son chemin, par exemple) ne peuvent pas être améliorées uniquement par une augmentation du confort acoustique. En d'autres termes, même si le confort acoustique est nécessaire au bon déroulement de tout type d'activité, il ne suffit pas à son amélioration, c'est-à-dire à la résolution des problèmes rencontrés par les usagers.

1.2 Axes de travail

Deux questions sont donc traitées dans cette thèse. Les paragraphes suivants présentent alors les axes qui orienteront les travaux présentés. La démarche générale dans laquelle s'inscrit la thèse est présentée dans la section suivante.

1. Existe-t-il une représentation en mémoire de l'ambiance sonore d'un espace public, et quels indices sonores y participent ?

Autrement dit, nous souhaitons savoir si l'ambiance sonore d'un espace public contient des indices sonores, pas nécessairement verbaux, susceptibles d'être interprétés par un usager et utilisés comme informations. Notre démarche méthodologique consiste alors, dans un premier temps, à analyser la perception des ambiances sonores afin d'identifier les indices sonores porteurs d'information pour un usager.

Nous allons présenter, dans le chapitre 2 de cette thèse, un état de l'art des travaux ayant traité cette question afin de dégager des premiers éléments de réponse ainsi que des premières hypothèses expérimentales. Puis, dans le chapitre 3, nous présenterons des principes théoriques et méthodologiques issus de la psychologie cognitive, qui nous permettront de construire notre démarche expérimentale pour répondre à cette première question.

2. Comment proposer et évaluer une solution sonore pour améliorer l'usage de cet espace ?

De manière générale, la question de l'amélioration de l'activité est traitée grâce à des méthodes issues de l'ergonomie. En effet, comme le mentionne Leplat [Lep00], l'analyse de l'activité est une étape de la démarche ergonomique dont l'objectif visé est l'amélioration du déroulement de l'activité. De nombreux travaux ont ainsi porté sur l'amélioration des conditions de travail, conduisant au développement de solutions technologiques. Dans le cadre des espaces publics, de nombreuses études ont porté sur l'activité de déplacement, notamment Huska-Chiroussel [HC01] dans le cas des espaces urbains, ou encore Lévy [Lév93] et Theureau [The97] dans le cas des espaces de gares.

L'amélioration du déroulement des activités dans les espaces publics peut passer, soit par une modification de l'espace lui-même (construction d'aménagements, par exemple), soit par l'installation d'un système d'information (signalétique) pour aider les usagers. Les travaux effectués dans le domaine de la signalétique visuelle, comme ceux de Chêne et al. [CTJ+01], permettent d'identifier les informations que l'on peut fournir grâce à un dispositif de signalétique. Ces informations permettent aux usagers de se déplacer de manière plus efficace, et de diminuer le nombre de problèmes rencontrés.

Nous proposons alors de réaliser un système de signalétique sonore pour un espace public. Nous présenterons dans le chapitre 2 des exemples de travaux sur ce type de

dispositifs. Une analyse préliminaire de l'activité dans cet espace permettra d'identifier les éléments qui nécessitent d'être améliorés, i.e. les problèmes à résoudre. Ces problèmes seront ensuite traduits en termes de fonctions que devra remplir la signalétique sonore. Autrement dit, avant de créer la signalétique, nous allons identifier les aspects de l'activité qu'elle devra permettre d'améliorer. Les principes et les outils de création sonore seront à la charge d'un compositeur qui aura la liberté, dans le cadre des spécifications que nous lui aurons fournies, de créer différentes propositions.

Le chapitre 3 présentera des principes théoriques et méthodologiques issus de l'ergonomie, qui nous permettront de constituer un ensemble d'outils méthodologiques pour analyser l'activité d'un espace public. Ces outils interviendront aussi bien lors de l'identification des problèmes rencontrés par les usagers, que lors de l'évaluation de la solution sonore proposée.

1.3 Approche générale

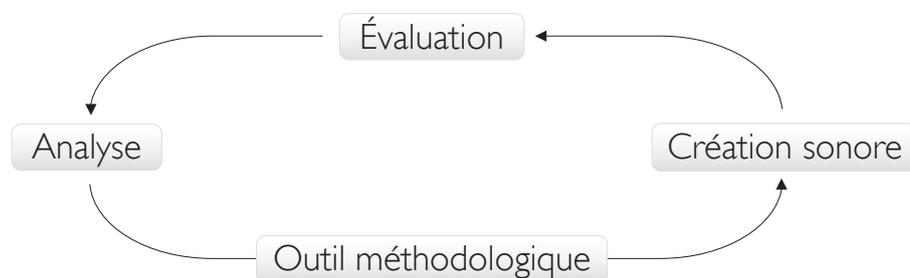


FIG. 1.1: Approche générale de la thèse.

L'approche que nous avons adoptée pour la constitution de notre démarche méthodologique est similaire à l'approche globale du *design sonore*, telle que proposée lors des 2e Journées du design sonore en Octobre 2004¹. Comme l'illustre la figure 1.1, notre approche s'organise autour de 4 points :

Analyse Dans un premier temps, nous analyserons les ambiances sonores afin d'en extraire les *informations sonores* existantes, que les usagers utilisent lors de leur passage dans un espace public. Ensuite, nous analyserons l'*activité des usagers*, afin d'identifier les problèmes qu'ils rencontrent dans un espace public. Ce sont ces problèmes que nous tenterons de résoudre grâce à une solution sonore.

Outil méthodologique Différents outils méthodologiques seront utilisés. L'analyse de la perception des ambiances sonores sera abordée grâce à des *expériences* en laboratoire, dont les résultats seront validés au cours d'*enquêtes* en situation réelle. L'analyse de l'activité sera fondée sur des principes méthodologiques tirés de l'ergonomie, et basée sur des *expériences in situ*.

Création sonore Les résultats des différentes étapes d'analyses nous permettront de mettre au point les *spécifications* pour la création de *signaux sonores fonctionnels*. La création sonore sera basée sur des *principes de composition* proposés par un compositeur, en réponse à notre cahier des charges.

¹www.sfa.asso.fr/ds2004/

Évaluation Les signaux sonores proposés par le compositeur seront dans un premier temps évalués en laboratoire. Enfin, les signaux sélectionnés seront installés et évalués en situation réelle, grâce à de nouvelles *expériences in situ*.

Notre démarche méthodologique est composée de 5 étapes, présentées en détail dans le chapitre 4. Chaque étape a ensuite été mise en pratique dans le cas d'une gare SNCF, les résultats sont présentés et discutés dans les chapitres 5 à 9.

Chapitre 2

De l'ambiance sonore à l'information sonore

2.1 Introduction

Le chapitre précédent a présenté le cadre de la thèse ainsi que le principal enjeu soulevé : montrer que dans un espace public, l'ambiance sonore peut contribuer à améliorer ou favoriser un usage de cet espace. Cet enjeu sous-entend trois questions qui devront être abordées. Chercher à améliorer l'usage d'un espace par le sonore sous-entend d'abord une caractérisation de l'usage de cet espace. Cette question sera traitée dans le chapitre 3 qui présentera des principes théoriques et méthodologiques liés à l'analyse de l'activité. Ensuite, cet enjeu suppose que l'ambiance sonore d'un espace public peut contenir des éléments qui véhiculent des informations qu'un usager est capable d'utiliser lors de son activité dans cet espace. Enfin, cet enjeu suppose qu'il est possible d'intervenir sur ces informations et d'en proposer de nouvelles afin d'améliorer l'usage d'un espace public. Mais alors de quel type sont ces informations et comment faire pour les modifier ou les provoquer ? Avant d'exposer le cadre théorique (chapitre 3), la méthodologie (chapitre 4) et les résultats obtenus dans le cas des gares (chapitres 5 à 9), ce chapitre effectue un état des lieux des travaux précédents ayant abordé ces questions.

Ce chapitre est organisé autour de trois grands thèmes qui s'articulent de la manière suivante. La première partie (2.2) concerne les ambiances sonores. Les travaux présentés vont d'abord montrer qu'il est possible d'analyser une ambiance sonore (description, perception, etc.) et d'en extraire des éléments qui véhiculent de l'information. Parmi ces informations, celles relatives à l'espace (taille, configuration, etc.) peuvent être maîtrisées, comme l'illustreront d'autres études. Enfin, des travaux regroupés sous le thème des installations sonores présenteront différentes façons d'intervenir dans l'ambiance sonore en terme de communication (artistique, pédagogique ou ludique). Cette partie va notamment montrer que les informations contenues dans une ambiance sonore sont portées par les sources sonores présentes et les activités humaines qui s'y déroulent. Le deuxième point sera abordé par le biais de l'étude des activités dans le chapitre suivant.

La deuxième partie de ce chapitre (5.4) concerne les sources sonores. Les travaux sur la perception de la source sonore vont d'abord montrer qu'il est possible d'extraire des informations contenues dans les sources sonores et qu'il en existe de plusieurs types (type de source, propriété, etc.). Ensuite, les travaux regroupés sous le thème de la qualité sonore permettront de mettre en évidence les qualités contenues dans le son produit par une source sonore. Enfin, le *design sonore industriel* sera abordé afin de montrer qu'il est possible de maîtriser ces informations, et de communiquer d'autres types d'information.

Mais comme on le verra, les informations véhiculées par les sources sonores sont essentiellement non-intentionnelles et renvoient à la source elle-même. C'est-à-dire que ce type d'information n'est pas le résultat d'une intention particulière et qu'il concerne la source. Or dans notre démarche, nous serons amenés à communiquer une information déterminée a priori grâce à l'analyse de l'activité dans un espace public.

La dernière partie de ce chapitre (2.4) montrera alors qu'il est possible de s'affranchir de la source, et de fabriquer des sons pour lesquels l'information véhiculée est intentionnelle. Nous illustrerons cette question en présentant des travaux dans les domaines de la signalétique sonore, des illustrations sonores et des *jingles*. Nous terminerons en montrant comment les éléments apportés par tous ces travaux interviennent ou n'interviennent pas dans la constitution de notre démarche et dans l'application aux gares.

2.2 Ambiances sonores

Cette première partie aborde le thème des ambiances sonores selon trois points de vue. D'abord l'ambiance sonore est considérée comme *l'environnement des sons*, c'est-à-dire tout ce qu'il y a de sonore dans notre environnement à un moment et un endroit donnés. Des définitions sont présentées ainsi que des travaux sur l'analyse et la perception de cet environnement des sons. Ensuite, l'ambiance sonore est considérée en tant que *paysage sonore*, c'est-à-dire une construction de l'ambiance sonore que l'on peut modifier pour la rendre plus adaptée à un usage, un confort, etc. Enfin, l'ambiance sonore est abordée du point de vue de *l'installation sonore*, c'est-à-dire une composition sonore avec l'ambiance sonore afin de communiquer une intention particulière.

2.2.1 Analyser l'environnement des sons

Définition

Au début des années 70, le compositeur Canadien Murray Schafer introduit la notion de paysage sonore¹, qu'il définit de la manière suivante :

«L'environnement des sons. Techniquement, toute partie de cet environnement pris comme champ d'étude. Le terme s'applique aussi bien à des environnements réels qu'à des constructions abstraites, tels que compositions musicales ou montages sur bande, en particulier lorsqu'ils sont considérés comme faisant partie du cadre de vie.» (Schafer [Sch79], p. 376)

Cette définition historique est très générale puisqu'elle englobe l'ensemble des sons qui nous entourent, qu'ils soient produits par la nature ou par l'homme. Cependant, Murray Schafer insiste sur le fait que le paysage sonore n'est pas la simple somme des sons qui le composent, mais qu'il est aussi constitué des interactions pouvant exister entre ces sons. C'est ce que montre l'extrait suivant :

«Le paysage sonore est un champ d'interaction même lorsque l'on considère individuellement les faits sonores qui le composent. Étudier la manière dont les sons s'influencent et se modifient les uns les autres (nous influencent et nous modifient nous mêmes) est une tâche infiniment plus délicate que disséquer en laboratoire des sons isolés.» (Schafer [Sch79], p. 187)

¹Traduction du terme anglais *soundscape*, néologisme fabriqué à partir de *sound* et de *landscape* qui signifie paysage

Cette notion de paysage sonore contient l'idée d'un ensemble composé de sources sonores et des interactions entre ces sources. Schafer inclut aussi la problématique de la perception du paysage sonore, et la façon dont les sons interagissent avec la personne qui les perçoit. Cependant Schafer ne détaille pas plus précisément le type d'interaction mis en jeu.

Lorsqu'il s'agit d'un espace construit déterminé par son enveloppe architecturale, s'ajoutent alors à l'environnement sonore les interactions entre les sources et l'espace. Ces interactions peuvent être une réverbération ajoutée au son, des échos, etc. Les architectes du Cresson² définissent ainsi l'ambiance d'un lieu comme un ensemble complexe composé de l'espace, des objets et des signes qu'il contient [TC97].

Ces définitions montrent que la notion d'environnement sonore ouvre un champ d'étude interdisciplinaire très large. Dans notre travail sur les espaces publics, nous retiendrons que l'ambiance sonore est un ensemble composé d'interactions entre différents éléments (sources, activités et espace), et que c'est cet ensemble que nous allons étudier plutôt que chaque élément pris séparément.

Description de l'environnement sonore

Les premiers travaux sur le paysage sonore se sont penchés sur l'observation et la description de son contenu. C'est ce qu'a initié Schafer en fondant le World Soundscape Project (WSP), puis dans son ouvrage *The Tuning of the World*³ [Sch79]. Ces travaux ont été motivés au départ par une approche écologique de l'environnement sonore. C'est-à-dire que l'objectif premier de Schafer était de mettre en garde contre l'augmentation alarmante du niveau sonore dans la ville de Vancouver. L'auteur préconise alors un effort d'apprentissage de l'écoute et la description de notre environnement sonore. Pour analyser ce phénomène, il introduit les notions de paysages sonores *lo-fi* et *hi-fi*, termes empruntés à l'électroacoustique qui font référence à un rapport signal sur bruit. Un paysage sonore hi-fi désigne un environnement dans lequel tous les sons se détachent distinctement les uns des autres, sans qu'il y ait de masque. Alors qu'un paysage sonore lo-fi est un environnement qui manque de clarté par une trop grande accumulation de sons. Ainsi, Schafer montre que la révolution industrielle, puis la révolution électrique ont transformé le paysage sonore en passant du hi-fi au lo-fi. Il critique violemment l'apparition des machines industrielles et électriques qui ont provoqué une élévation du niveau sonore, ne laissant plus de place aux sons de la nature. C'est ainsi que Schafer a été à l'origine d'une série de travaux sur les environnements sonores à travers le Canada puis l'Europe [Sch80].

La problématique de l'analyse des environnements sonores soulève ensuite la question de l'outil de représentation. Lorsque Schafer aborda la question dans ses travaux, il avait pour objectif de redonner à l'écoute une place importante dans l'étude des sons en général et des paysages sonores en particulier. Il montre en effet que les outils développés par les acousticiens ont une lacune de taille : ils sont purement visuels. Schafer donne quelques pistes pour mettre au point un outil satisfaisant avec par exemple la cartographie « isobel », adaptation sonore des courbes de niveau en géographie (voir exemple dans la figure 2.1). Mais il conclut qu'aucun outil n'a pu le satisfaire pleinement. Un autre exemple de représentation du paysage sonore tiré des travaux de Schafer est présenté dans la figure 2.2. Cette représentation fait apparaître la variation sur 24h du niveau sonore (dBA) de trois types de sources et du bruit ambiant d'un paysage sonore rural.

²Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et Environnement Urbain, Grenoble

³Littéralement *L'accordage du monde*, où accordage est utilisé au sens de l'accordage d'un instrument de musique.

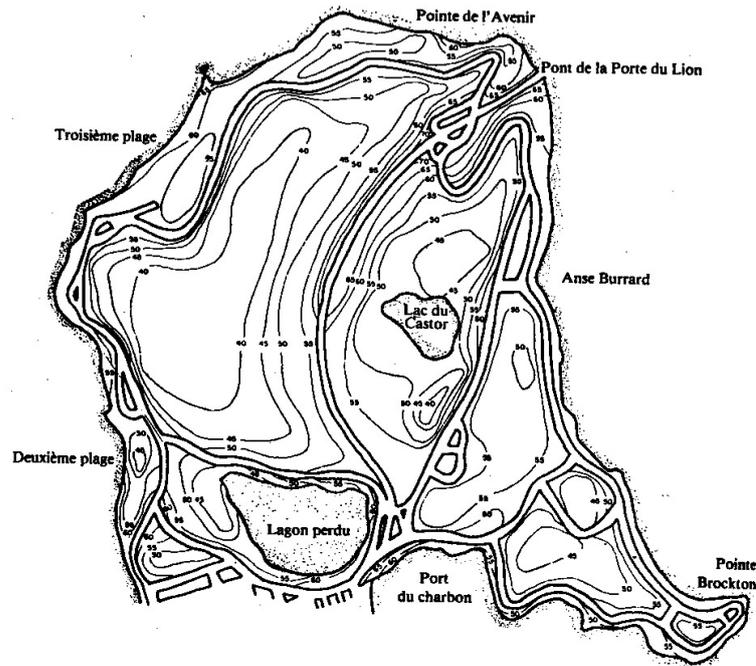


FIG. 2.1: Exemple de cartographie isobel d'un parc de Vancouver, extrait de [Sch79].

Une approche méthodologique du relevé du paysage sonore a été proposée dans le cas de l'environnement urbain par Hamayon en 1980 [Ham80]. L'objectif de l'auteur est de mieux appréhender la relation entre un espace sonore (ici un quartier) et le jugement qu'en ont les habitants, en vue de le modifier. Cette méthode est basée sur deux types de relevés :

- le parcours sonore : le micro et/ou l'auditeur est en mouvement selon un parcours prédéfini.
- l'évolution sonore : le micro et/ou l'auditeur est en position fixe et suit l'évolution sonore du lieu sur une période de temps donnée.

Les relevés utilisent des enregistrements sonores, des spectres fréquentiels, des photographies ainsi qu'un plan du parcours (voir exemple figures 2.3 et 2.4). Le jugement des habitants est étudié via de simples entretiens, qui donnent une idée de leur niveau de satisfaction du paysage sonore. Il ne s'agit pas de mesures objectives de la perception qu'ont les habitants de l'ambiance. Cependant, cette méthode a l'avantage de proposer une vue globale de l'ambiance sonore d'un parcours in situ en représentant sur un même graphique des données sur le trajet et des données acoustiques.

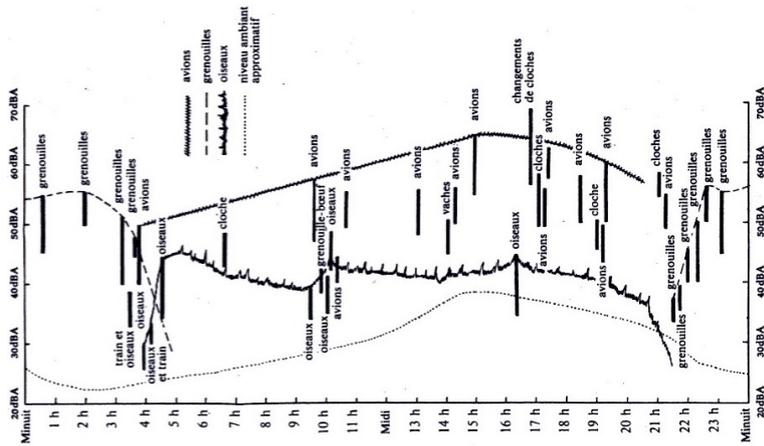


FIG. 2.2: Graphique des faits sonores de la campagne de Colombie britannique pendant une période de 24h, extrait de [Sch79].

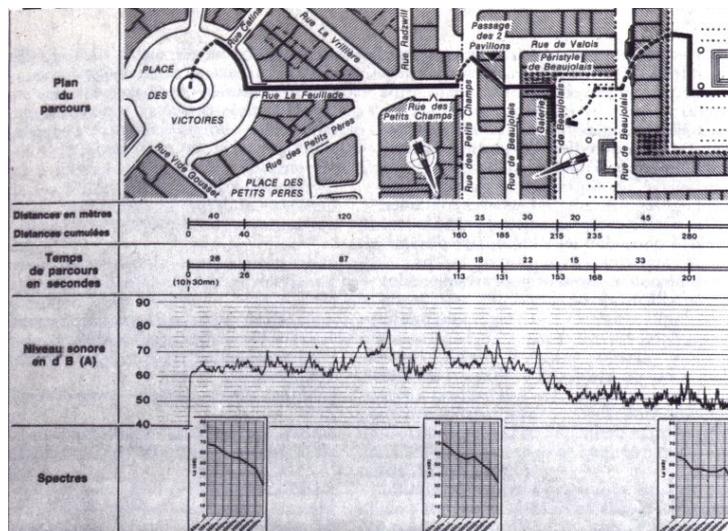


FIG. 2.3: Relevé d'un paysage sonore par Loïc Hamayon, partie 1, extrait des actes du colloque *Paysage sonore urbain* [Del80].

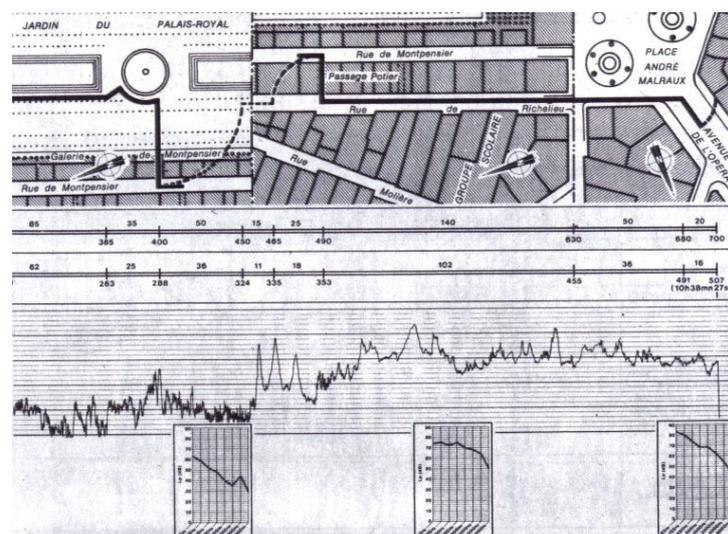


FIG. 2.4: Relevé d'un paysage sonore par Loïc Hamayon, partie 2, extrait des actes du colloque *Paysage sonore urbain* [Del80].

Plus récemment, des chercheurs en traitement de signal ont proposé une méthode pour affiner la résolution fréquentielle d'un sonagramme (représentation temps-fréquence) [EDG05]. Appliquée à des enregistrements d'ambiances sonores [GPEC05], cette méthode pourrait être plus adaptée pour la représentation temps-fréquence des événements sonores contenus dans les ambiances. Notamment, les émergences fréquentielles de faible niveau, invisibles dans un sonagramme classique, sont clairement représentées avec cette méthode.

Toujours dans une approche par le traitement de signal, un travail a été effectué sur l'analyse du contenu fréquentiel de différentes ambiances sonores urbaines et rurales [CBM03]. Les résultats d'analyses spectrales et statistiques ont montré que dans la plupart des cas, l'énergie spectrale des ambiances sonores avait un comportement en fonction de la fréquence (f) de type $1/f$. Cette tendance, souvent observée dans les sons musicaux, peut donc être aussi utilisée pour la caractérisation des ambiances sonores. Une autre étude [CMYB05] a permis d'affiner ensuite ces résultats en montrant l'influence du trafic routier sur les très basses fréquences du spectre.

Perception de l'environnement sonore

Nous venons de montrer qu'il est possible de décrire l'environnement sonore qui nous entoure, en présentant différents points de vue et différentes méthodes (prises de son, mesures acoustiques, traitement de signal). Mais cela ne dit pas quelles sont les informations qu'un auditeur est capable d'extraire lorsqu'il est immergé dans un environnement sonore.

Critères acoustiques Lorsqu'un auditeur est immergé dans l'environnement sonore d'une salle, il est capable de se former une image de la salle (type, taille, propriétés, etc.), ce que Blauert nomme l'impression d'espace [Bla97], ainsi que de la position des sources qui l'entourent. Plusieurs études ont cherché à déterminer des paramètres acoustiques qui permettaient d'expliquer cette faculté. Nous ne parlerons pas ici des paramètres morphologiques (tailles de la tête et du torse) qui peuvent aussi influencer la façon dont un auditeur perçoit la position des sources qui l'entourent. Pour caractériser l'effet de la salle sur une source sonore, il est possible de calculer un échogramme (voir figure 2.5) qui représente les différentes réflexions subies par un son impulsionnel au cours du temps. Il est calculé à partir d'une réponse impulsionnelle simulée ou mesurée dans la salle pour une configuration de source et de récepteur donnée. L'échogramme se décompose en trois parties : le son direct qui correspond à l'impulsion qui a été émise, les réflexions précoces qui correspondent aux tout premiers échos dus aux parois les plus proches du point d'enregistrement et la réverbération tardive qui correspond à l'extinction du signal. D'après la formule de Sabine, le temps de réverbération étant lié au volume de la salle ainsi qu'à l'absorption, un auditeur peut facilement se faire une idée de la taille de la salle ainsi que de son taux d'occupation. Ensuite, le rapport d'énergie entre le son direct et les premières réflexions donne une information sur la distance séparant l'auditeur de la source du son [Bla97], ainsi plus ce rapport est grand plus la source sera perçue comme proche. En 1966, Reichard et al. ont montré, en faisant varier artificiellement le rapport entre son direct et son réverbéré, que les auditeurs étaient capables de distinguer 14 paliers. Ensuite, de nombreux auteurs ont montré que l'impression d'espace était liée à un nombre suffisant de réflexions latérales parmi les réflexions précoces (voir par exemple les travaux de Somerville et al. [SGSN66]). Barron et al. [BM81] ont proposé un critère pour quantifier l'augmentation de l'impression d'espace : le critère d'efficacité latérale (*lef*). Ce critère a été bien accepté dans le domaine de la conception des salles car il a l'avantage de mesurer de manière simple et globale l'effet de la provenance des réflexions [Kah95].

La perception de la provenance d'une réflexion ou du son direct est possible grâce aux différences perçues entre les signaux des deux oreilles. En effet, les travaux de Stevens et al. [SN36] ont démontré en 1936 que pour localiser une source sonore, les auditeurs utilisaient deux paramètres : la différence d'intensité et la différence de phase entre les deux oreilles. Des auteurs ont ainsi proposé un indice de d'impression d'espace basé sur le calcul de la cohérence entre les signaux qui arrivent aux deux oreilles.

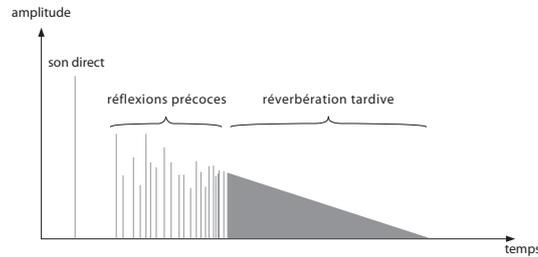


FIG. 2.5: Échogramme représentant la distribution des réflexions subies par une impulsion au cours du temps et à un endroit donné d'une salle. La partie réflexions précoces correspond aux premières réflexions subies par le son à proximité du récepteur, la partie réverbération tardive correspond au moment où toutes les autres réflexions se mélangent (elle est ici schématisée, sa décroissance n'est pas nécessairement linéaire).

Ces résultats démontrent l'aptitude d'un auditeur à extraire des paramètres acoustiques d'une ambiance sonore afin d'obtenir des indices sur la configuration de la salle (taille, proximité des parois, etc.), et la localisation des sources (distance et azimuth). Il s'agit là d'un premier niveau d'information qu'un auditeur est capable d'extraire d'un environnement sonore complexe. Les paragraphes suivants vont maintenant présenter comment un auditeur parvient à donner du sens à l'environnement sonore qui l'entoure.

Dans la ville Les travaux de Guastavino [Gua03] ont permis d'identifier les représentations perceptives du contenu basse fréquence d'une ambiance sonore urbaine. Ces résultats ont été obtenus grâce à la comparaison de données verbales recueillies par trois types de questionnaires :

1. Questionnaire hors-site sur les représentations en mémoire des ambiances sonores familières. Les sujets sont questionnés chez eux et ont pour tâche de se remémorer leur ressenti des ambiances.
2. Questionnaire sur-site. Les mêmes questions sont utilisées, cette fois les sujets sont en situation réelle.
3. Questionnaire en laboratoire. Les sujets sont dans une cabine d'écoute et doivent répondre à des questions sur des extraits d'ambiance sonore urbaine.

Cette méthode a montré que la représentation perceptive des ambiances sonores urbaines était composée de deux catégories :

- La catégorie *événements sonores* comprend les sources sonores identifiées (véhicules, moteurs, machines, etc.), et son jugement qualitatif sera fortement influencé par la dénomination de la source.
- La catégorie *bruit de fond* est associée à des termes subjectifs de ressenti et objectifs de propriétés physiques.

Ces résultats sont cohérents avec des travaux précédents qui ont montré que l'ambiance sonore urbaine était perçue en deux parties : une partie événementielle (liée à l'identification des sources sonores) et une partie amorphe (liée à une description en termes de

propriétés physiques) [Maf99]. La deuxième catégorie (bruit de fond) a été ensuite affinée par des expériences de catégorisation et de verbalisation. Ces expériences ont fait apparaître une distinction entre le bruit de fond lié à la circulation et le bruit de fond lié aux activités humaines (par exemple : commerces, voix, pas, enfants).

La question du jugement de l'intensité perçue (sonie) d'une ambiance sonore urbaine a été abordée grâce à des expériences perceptives par Susini et coll. [SM99]. Les auteurs ont appliqué une méthode de mesure de sonie instantanée développée dans une étude précédente [Sus99] afin d'évaluer la sonie des 16 échantillons d'ambiances sonores urbaines utilisés dans l'étude précédente de Maffiolo [Maf99]. Les résultats de cette étude montrent que l'indice de fluctuation calculé sur les profils de sonie en continu permet d'expliquer les 2 grandes catégories obtenues dans l'expérience de Maffiolo.

Dans les espaces clos Dans le domaine des espaces construits, différents travaux se sont intéressés aux relations pouvant exister entre l'espace, son environnement sonore et un usager. Ainsi, les travaux de Rémy [Ré01, Ré05, Ré00] ont eu pour objectif de donner aux architectes des éléments pour maîtriser l'ambiance sonore de leur projet architectural, au même titre que l'ambiance lumineuse. D'un point de vue méthodologique, les résultats s'appuient sur le croisement de plusieurs types de données : parcours commentés⁴, mesures acoustiques, mesures architecturales. L'auteur applique cette méthode au cas de trois gares qu'il a choisies sur des critères d'ancienneté et de complexité (Montparnasse, Haussmann et Gare du Nord). Le choix des parcours a été centré sur les zones de transitions entre les différents espaces des gares considérées. D'après l'auteur, l'étude de ces transitions permet d'aborder l'ambiance sonore de la gare de manière globale.

Ces travaux ont apporté différents résultats concernant l'ambiance sonore des trois sites étudiés :

- Montparnasse est caractérisée par un chaos sonore, une sorte de « boîte de Pandore sonore » où toute émergence sonore existe de manière un peu anarchique, non maîtrisée. Il en résulte une forte sensation d'inconfort et un manque de lisibilité des informations sonores.
- Au contraire, l'ambiance sonore de la gare Haussmann est perçue comme plus apaisée et plus isolée. L'ambiance sonore est maîtrisée, elle rythme les déplacements pour un parcours bien organisé et planifié.
- Enfin en Gare du Nord, l'étude montre une forte identité sonore des lieux même si elle est vite considérée comme très bruyante. Cette gare est par ailleurs considérée comme un exemple type d'une gare de style classique.

Concernant l'étude des transitions, Rémy conclut sur sept configurations remarquables dont l'analyse est développée suivant trois axes (méthode développée par Chelkoff [Che01]) :

- La forme et les propriétés physiques de la transition par des mesures acoustiques et des relevés architecturaux.
- La perception de la transition évaluée par la méthode des entretiens sur écoute réactivée [Aug01] : les usagers écoutent des enregistrements effectués sur des lieux qu'ils connaissent.
- L'interaction entre les deux points précédents et les usages communs de l'espace considéré.

Le confort acoustique Dans beaucoup de situations (à l'intérieur d'un train, d'un bus ou d'une salle d'attente par exemple), l'environnement sonore que nous percevons peut

⁴Méthode développée par Thibaud [Thi01, Thi98] que nous aborderons ultérieurement.

devenir une source de désagrément. Par ailleurs, dans ces mêmes situations, la notion de confort acoustique devient de plus en plus prépondérante, aussi bien pour les usagers que pour les concepteurs de ce type d'espaces. L'étude de la perception des environnements sonores est alors essentielle à la question du confort acoustique perçu par les individus.

Mzali [Mza00, MDLP01, Mza02] propose un travail sur le confort acoustique à bord des trains. L'auteur montre que le jugement de l'ambiance sonore par les passagers s'effectue en fonction du type de sources présentes. Ainsi, 7 classes de sources ont pu être effectuées selon le critère de jugement utilisé par les passagers. Cependant, l'auteur explique que la question d'un indicateur de confort global reste toujours ouverte même si des pistes sont proposées. Dans le même cadre d'application, Khan [Kha02] a étudié l'influence du niveau sonore du bruit de fond à l'intérieur d'un train sur le confort acoustique au moyen d'un questionnaire in situ et de tests en laboratoire. Le questionnaire a 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 des téléphones portables et des enfants. Les tests en laboratoire ont montré un résultat intéressant : la gêne globale diminue lorsque le niveau du bruit de fond augmente, et ce malgré l'augmentation du niveau global en dBA. Ce résultat, qui peut paraître surprenant, montre en réalité que lorsque les bruits les plus gênants (i.e. les bruits non identifiés) sont masqués par le bruit de fond, alors la gêne diminue. L'auteur a validé ce résultat dans une étude in situ [Kha03] en montrant que certaines activités (lire, écrire par exemple) étaient plus faciles à effectuer lorsque le niveau du bruit de fond était plus élevé, masquant ainsi d'autres événements plus gênants. Ces derniers résultats confirment que la perception des sources sonores, et notamment l'identification de la source d'un son, est un élément essentiel dans la perception d'un environnement sonore. Ce thème sera abordé dans un paragraphe ultérieur.

Une approche par les méthodes de l'analyse sensorielle⁵ a été mise en place pour étudier la perception des ambiances sonores des espaces d'attente de gare [DTN⁺05]. Le choix s'est porté sur ce type d'espace car, en particulier dans les gares, le confort acoustique est recherché. Les résultats ont permis d'identifier une ambiance sonore *idéale* composée d'un bruit de fond lointain, de conversations claires et distinctes, le tout dans un espace confiné et de petite taille. Ces résultats sont cohérents avec les signatures sonores des espaces que nous avons obtenues par ailleurs (résultats détaillés dans le chapitre 6 et présentés dans [TSP04, TSPM04]). Ces travaux ont aussi mis en évidence les limites de ce type de méthode dans le cas des environnements sonores, en montrant par exemple les difficultés rencontrées par le panel d'experts lors de la description des échantillons (Pour d'autres exemples d'applications à l'acoustique, voir aussi [Rou02, SDM01, PPC05]).

Une méthode d'évaluation en continu du confort acoustique a été proposée et appliquée à une séquence sonore longue enregistrée à l'intérieur d'un bus [PHS03]. Cette méthode, adaptée de la méthode de jugement de sonie en continu de Weber (décrite dans [PHS03]), consiste à demander au sujet d'estimer le confort perçu de la séquence pendant son déroulement, en déplaçant un curseur le long d'une échelle comportant 5 graduations allant de «très confortable» à «très inconfortable». Les résultats des expériences ont permis, dans un premier temps, de valider ce type de méthode pour l'estimation de paramètres subjectifs comme le confort. Ensuite, cette méthode s'est montrée efficace pour identifier, dans une séquence longue, les événements sonores les plus gênants (phase d'accélération, ouverture des portes, démarrage de la ventilation, par exemple).

⁵Cette technique vient de l'industrie agro-alimentaire et a pour objectif d'expliquer les préférences des utilisateurs en les comparant aux profils sensoriels des produits obtenus par des panels d'experts sensoriels.

2.2.2 Composer le paysage avec les sons

Les paragraphes précédents ont présenté différentes approches qui abordent les questions de la description, l'analyse, et de la perception des environnements sonores. Nous avons vu qu'une certaine forme d'information est présente dans l'environnement sonore (sur le type d'espace, sa taille, sur les sources présentes ou même sur le niveau de confort de cet espace). Pour notre démarche, il nous importe maintenant de savoir s'il est possible d'intervenir dans l'environnement sonore afin de maîtriser toutes ces informations et de les mettre en valeur.

L'écologie acoustique

Selon Schafer, les sons de notre environnement peuvent être accordés à la manière d'instruments de musique pour former une sorte d'orchestre avec lequel il est possible de composer. Il précise que ce n'est qu'après avoir fait l'effort d'observation et d'écoute des paysages sonores que chacun pourra devenir acteur dans la composition du paysage sonore. Ce message peut paraître utopique, mais il contient toutefois l'idée de préservation et de respect de l'environnement sonore. On est alors dans un discours qui peut s'apparenter à un discours d'écologie sonore. En effet, ce message a donné naissance à *l'écologie acoustique*⁶ [Wri00], thème largement développé autour du World Forum for Acoustic Ecology (WFAE⁷). La problématique de la lutte contre les nuisances sonores est souvent associée à ce discours écologique. À ce titre, de nombreux travaux ont exploré cette question dans différentes applications : automobile, aéronautique, ferroviaire, etc. La réduction des sources de bruit gênant est certes essentielle dans l'amélioration de l'environnement sonore, mais cela ne doit pas être la seule solution [Wri00].

Construire avec les sons

Dans le cadre des espaces construits, le développement des techniques de l'acoustique du bâtiment a permis de donner au projet architectural des moyens de maîtriser l'ambiance sonore des espaces. Ces moyens sont constitués essentiellement de solutions techniques pour maîtriser les différents paramètres acoustiques décrivant l'espace : le temps de réverbération, le niveau sonore des sources de bruit, l'isolation sonore etc. On pouvait reprocher à ces solutions de n'être que des solutions curatives, car elles n'intervenaient souvent qu'en aval du projet architectural pour réduire les défauts acoustiques après la construction. Ce problème a notamment été soulevé lors d'un colloque organisé par le Cresson en 1992 [Del92], ainsi que dans un ouvrage plus récent [DDSR00]. Aujourd'hui cette critique n'est plus tout à fait valable, et à titre d'exemple, on peut citer les gares souterraines du RER E à Paris (Magenta et Haussman St Lazare). En effet, l'architecte de ce projet (Roland Legrand) a eu dès le début une réflexion sur le confort acoustique des espaces souterrains. Sa proposition était d'adapter le confort acoustique à la fonction de chaque espace. Ainsi, le traitement acoustique a été installé en priorité aux endroits où les voyageurs doivent patienter pour leur train (i.e. les quais), alors que les espaces de transit sont restés sans traitement⁸.

⁶Ne pas confondre avec l'acoustique écologique qui est une théorie de la perception sonore basée sur la théorie de Gibson [Gib79].

⁷<http://interact.uoregon.edu/MediaLit/WFAE/home/index.html>

⁸Informations recueillies lors d'un entretien avec P. Holstein, acousticien au sein du bureau d'études Aménagement Recherche Pôle d'échanges (AREP).

Le domaine de l'acoustique des salles propose des méthodes permettant de contrôler le comportement acoustique d'une salle avant sa construction. À ce propos, Schafer nous rappelle que les architectes de l'antiquité avaient déjà des notions, même intuitives, d'acoustique des salles puisqu'ils connaissaient sans le savoir le principe des résonateurs d'Helmoltz. En effet, dans beaucoup de théâtres antiques, les concepteurs avaient disposé de grands vases de terre cuite car ils avaient remarqué que cela amplifiait certaines basses fréquences. De plus, l'intelligibilité de la parole y est souvent très bonne (encore aujourd'hui), et ce quelle que soit la position de l'auditeur par rapport à la scène. L'acoustique des salles possède aujourd'hui un grand nombre d'outils de modélisation et de prédiction des paramètres acoustiques de la salle (réverbération, absorption, intelligibilité, etc.). La plupart des outils développés sont basées sur le calcul de la réponse impulsionnelle de la salle. Ce calcul peut être obtenu grâce à des modèles géométriques de la salle [Dal96, Far, Tec03] ou bien des modèles hybrides [JW95, Bar99]. Des résultats ont ainsi été obtenus permettant la mise au point de modèles prédictifs de l'ambiance sonore (voir par exemple les travaux effectués par des chercheurs du CERMA⁹ [Wol05, DW04]. L'auralisation permet ensuite d'écouter *virtuellement* une source sonore dans un espace en convoluant le son de cette source avec la réponse impulsionnelle de l'espace (pour une présentation plus complète de ce principe, voir notamment l'article de Kleiner et al. [KDS93]). De nombreux logiciels d'acoustique virtuelle utilisent ce principe pour permettre d'écouter des sources sonores dans un espace modélisé. Une application au cas des espaces de gares a été proposée par Poisson [Poi02, PLHM01] dans afin d'évaluer l'intelligibilité des annonces.

Les interactions entre les formes architecturales et les sons de l'environnement ont été abordées de manière originale dans un travail effectué par des chercheurs du Cresson [AT95]. L'objectif de ce travail était de créer un répertoire de formes architecturales classées selon leurs caractéristiques acoustiques. L'enjeu de ce travail était de proposer aux architectes une façon de construire un projet architectural en anticipant le comportement acoustique des formes qu'ils utilisent dans leur projet. Ainsi, l'ouvrage établit une liste des effets sonores classiques comme l'effet de résonance, de filtrage ou de masquage en les décrivant suivant plusieurs critères : acoustique physique, architecture, psychoacoustique, esthétique musicale, etc. Par exemple, d'un point de vue acoustique physique, un son subit des filtrages successifs pendant son parcours depuis l'émission jusqu'à la réception par l'auditeur. Ce filtrage est effectué par les différents matériaux des parois que frappe le son, il peut être quantifié en mesurant les coefficients d'absorption des matériaux. Une mise en application de ces principes a permis d'expérimenter différentes articulations sonores grâce à des espaces prototypes à l'échelle humaine [Che04].

Approche plus globale

Une réflexion plus globale sur la question de l'amélioration de notre environnement sonore a été proposée en 1983 par Hamayon :

«Développer l'aspect qualitatif de l'environnement sonore urbain c'est composer le paysage sonore urbain, c'est-à-dire mettre en valeur la diversité des informations sonores à la fois dans l'espace et dans le temps.» (Hamayon [Ham83])

L'auteur parle spécifiquement des espaces urbains, mais on pourrait facilement transposer son propos à tout type d'environnement sonore public. Il exprime ainsi clairement que les actions que nous devons entreprendre sur notre environnement sonore ne doivent pas simplement viser la réduction des nuisances sonores, mais elles doivent aussi per-

⁹Centre de recherche méthodologique d'architecture de Nantes.

mettre de trouver un équilibre entre toutes les informations sonores contenues dans le paysage sonore. On remarque que l'auteur introduit la notion d'information sonore qui est centrale dans notre problématique. Cette réflexion va constituer un point de départ à l'établissement de notre démarche méthodologique que nous aborderons ultérieurement.

Plus récemment, les travaux effectués par Rémy (voir paragraphe 2.2.1) ont amené l'auteur à proposer une approche plus générale en incluant la notion d'usage des espaces au centre de la problématique, comme le montre l'extrait suivant tiré de sa thèse :

«Étudier la qualité sonore d'un lieu c'est étudier sa dimension sonore suivant qu'elle autorise, facilite, empêche ou contredit certains usages ou certaines représentations liés à cet espace.»
(Rémy [Rém01], p. 27)

En d'autres termes, selon Rémy, l'étude de l'ambiance sonore dans un espace public doit nécessairement tenir compte de l'usage de cet espace (voir aussi [Rém01, Rém05]). Cette proposition nous paraît très pertinente car nous serons nous aussi amenés à placer l'usage au centre de notre approche. Cependant, chez Rémy la notion d'usage n'intervient que par le biais de la méthode des parcours commentés pour la caractérisation de l'ambiance sonore. Dans notre démarche, l'usage est étudié en tant que tel, aussi bien dans la spécification d'une solution sonore permettant de répondre à un problème, que dans l'évaluation ergonomique de cette solution.

2.2.3 Composer le paysage sonore : installations sonores

Nous allons enfin aborder une approche très différente de celles présentées plus haut : les installations sonores. Il serait difficile et inapproprié de dresser ici une revue historique et complète de ce domaine, ce qui nous intéresse est plutôt de définir ce mode d'expression artistique afin de dégager les problématiques qu'il soulève et de l'illustrer par certains travaux.

Pour le compositeur canadien Robin Minard, l'art de l'installation sonore consiste à déplacer l'expression musicale dans un environnement existant en intégrant les aspects visuels et architecturaux dans le processus de composition [Min99]. Dans ce cadre général, l'auteur précise les spécificités de son approche : l'intégration du son dans un environnement public, le travail avec l'architecture existante mais aussi avec des situations quotidiennes et des environnements fonctionnels. Les besoins spécifiques de l'espace existant vont alors guider le processus de composition. Minard souhaite ainsi offrir au public une nouvelle façon de percevoir son environnement sonore. Il est intéressant de remarquer que les problématiques soulevées par Minard sont très proches de celles posées précédemment par Rémy ou Hamayon. Pour ces derniers, il s'agit d'adapter l'environnement sonore aux usages que les lieux doivent recevoir, alors que pour Minard, il s'agit d'adapter son expression artistique aux différents paramètres du lieu.

Les installations sonores de Minard (pour une présentation détaillée de son travail, voir [Min99, Min04, Min96]) reposent essentiellement sur l'utilisation de haut-parleurs, intégrés à l'espace de manière originale (voir exemples sur la figure 2.6).

Une approche originale est proposée par Frayne [Fra04b, Fra04a] qui se définit plus comme un *acoustic designer* que comme un compositeur. L'auteur propose des aménagements sonores pour des espaces publics. La spécificité de son approche réside dans une réflexion globale sur l'organisation et le contenu des différentes composantes sonores que les responsables de l'espace public souhaitent développer. Il doit donc considérer les moyens techniques mis à disposition, les sources acoustiques présentes, les messages à véhiculer. Par exemple, Frayne a réalisé un projet d'aménagement pour un centre de recherche aus-

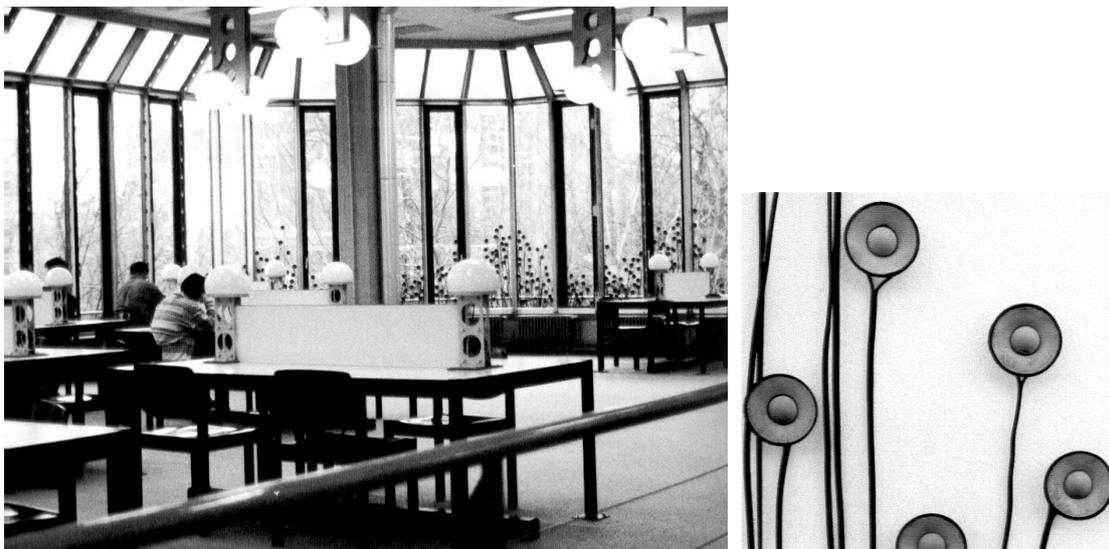


FIG. 2.6: Installation sonore électroacoustique (à gauche) de Robin Minard dans une bibliothèque universitaire, photo tirée de [Min99]. On peut voir au fond de la salle, sur le bas des vitres, des groupes de petits haut-parleurs (détail sur la photo de droite tirée de [Min04]).

tralien (CSIRO¹⁰). L'objectif de ce projet était d'organiser les différentes informations pour les visiteurs (texte, dessins, vidéo, sons) afin d'illustrer les problématiques scientifiques traitées par le CSIRO. Par exemple, pour illustrer le thème de la biodiversité, Frayne a réalisé une salle où sont diffusées des bandes sonores d'ambiances rurales en deuxième plan, et des sons d'oiseaux et d'insectes en premier plan. Le visiteur est alors muni d'un microphone directif pour explorer cet environnement sonore à la manière d'un preneur de son.

Même si les réalisations sont très différentes, les deux artistes présentés plus haut ont des approches qui se ressemblent en plusieurs points : l'utilisation de moyens électroacoustiques pour la diffusion du son, et la volonté d'offrir au public une nouvelle façon d'écouter son environnement sonore.

D'autres auteurs ont préféré l'utilisation de procédés acoustiques pour générer du son dans un espace. Pour illustrer cette approche, on peut citer les travaux de Marietan [Mar80] pour un quartier de la Ville nouvelle d'Evry¹¹. Son objectif était double : d'une part proposer des installations sonores originales, directement implantées dans le paysage, et d'autre part créer une sorte de pédagogie sonore en offrant aux habitants du quartier la possibilité de manipuler les différents objets de l'installation (voir figures 2.7 et 2.8). De même, Dandrel¹² a proposé différentes installations sonores avec une utilisation des éléments naturels : l'eau des cascades, le vent qui fait sonner des objets placés dans les arbres et le sol qui peut être en terre battue, en bois creux ou en brique.

Dans une approche plus ludique, les ateliers ACIRENE¹³ ont proposé une série de jeux sonores pour le parc Sutter à Lyon. Inspirée du xylophone, une des propositions était constituée d'un caillebotis sonore sur lequel les enfants pouvaient jouer en marchant dessus (dans le même type d'installation, voir aussi le *Musical Decking* et le *Wall Piano*

¹⁰Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

¹¹Voir aussi les travaux des équipes du Grame, ou encore de E. Samakh, F. Daumal [DSC⁺92], C. Le Prado, etc.

¹²www.diasonicdesign.com

¹³www.acirene.com

de H. Jercker¹⁴).

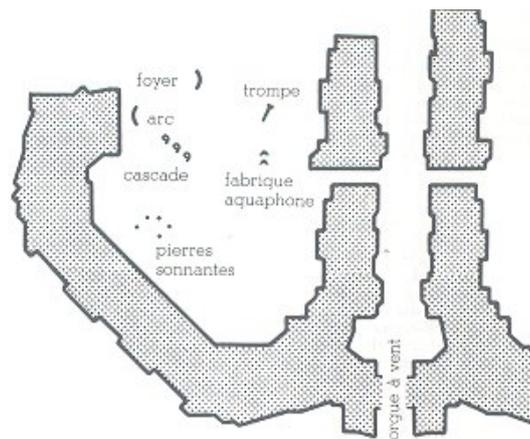


FIG. 2.7: Les Glycines, aménagement du jardin, de la ruelle et des passages dans la ville nouvelle d'Evry. Pierre Marietan, extrait des actes du colloque *Paysage sonore urbain* [Del80].

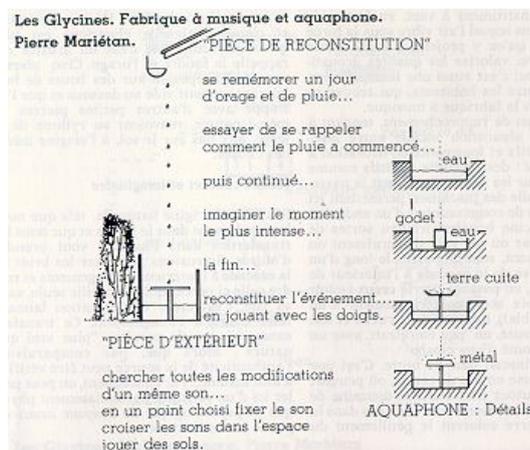


FIG. 2.8: Les Glycines, fabrique à musique et aquaphone. Pierre Marietan, extrait des actes du colloque *Paysage sonore urbain* [Del80].

Cette revue non exhaustive des travaux dans le domaine des installations sonores nous permet de constater que l'environnement sonore d'un espace public peut aussi être le cadre, voire le matériau, d'une volonté de communiquer en termes artistiques, pédagogiques ou ludiques. Tant par une diffusion électroacoustique que par des sculptures acoustiques, les auteurs présentés plus haut montrent qu'il est possible d'exprimer une intention au sein d'un environnement sonore. Le paragraphe suivant va maintenant mettre en évidence ce que tous ces travaux ont apporté dans la constitution de notre démarche pour l'amélioration de l'usage d'un espace public par le sonore.

2.2.4 Discussion

Cette première partie a présenté différentes façons d'aborder le thème de l'ambiance sonore, et nous allons voir comment tout cela va contribuer à la mise en place de notre démarche. Dans un premier temps, plusieurs façons d'analyser une ambiance sonore ont

¹⁴www.sounddesign.unimelb.edu.au/web/biogs/P000358b.htm

été présentées. Les méthodes proposées reposent sur une description par des observations, des prises de son, ou des représentations du contenu sonore. Une première tâche que nous effectuerons sera justement la construction d'une base de données de prises de son représentatives de la typologie des espaces de gares. Nous chercherons à les décrire le plus finement possible, sachant que les outils de description du son s'avèrent peu efficaces dans le cas des ambiances sonores. Dans le cas des ambiances sonores urbaines, les auditeurs distinguent nettement les événements sonores identifiés du bruit de fond [Gua03, Maf99, SM99]. La perception de l'ambiance sonore d'un espace public complexe (une gare) en s'appuyant sur les transitions sonores entre les sous-espaces qui le composent [Rém00, Rém05, Rém01]. Dans notre démarche, nous chercherons à caractériser plus précisément les éléments porteurs d'information dans l'ambiance sonore de chaque sous-espace, et nous montrerons par exemple que ces informations sonores permettent de reconnaître le type d'espace dans le cas des gares. Cette caractérisation se fera grâce à une étude perceptive des échantillons sonores de la base de données construite préalablement et par des enquêtes in situ. Enfin, la question du confort acoustique a été présentée à travers différents travaux, notamment à l'intérieur des trains en montrant une fois de plus l'importance du rôle joué par les sources sur le jugement d'une ambiance. Même si ce type d'approche n'est pas mise en place dans notre démarche, il sera pris en compte afin de vérifier que la solution sonore que nous proposerons ne dégrade pas le confort acoustique des espaces.

Dans un deuxième temps, des travaux sur la maîtrise des ambiances sonores ont été présentés. Ces travaux montrent qu'il est possible de contrôler l'ambiance sonore d'un espace par des méthodes acoustiques ou architecturales en proposant des solutions techniques pour intervenir dans les espaces ou pour modéliser l'espace avant sa construction. D'autres travaux tentent d'établir un lien entre les paramètres perceptifs de cet effet de salle et des paramètres architecturaux. Il est possible, par exemple, de contrôler plus ou moins finement l'impression d'espace en travaillant sur la réverbération de la salle et sur les premières réflexions perçues par les auditeurs. Il est aussi possible de maîtriser le confort perçu par les usagers d'une salle d'attente, par exemple. Cela constitue ainsi un moyen d'intervenir sur les informations relatives à l'espace contenues dans son ambiance sonore. Nous n'interviendrons pas sur ce type d'informations (acoustiques et architecturaux), mais nous en tiendrons compte lors la spécification de la solution sonore en effectuant un état des lieux des paramètres acoustiques. Nous allons nous intéresser plus particulièrement à un autre élément de l'ambiance sonore porteur d'informations : les sources sonores. Quelles informations communiquent les sources sonores ? Comment les maîtriser ou les modifier ? Ce sont ces questions que nous allons aborder dans la partie suivante (5.4).

Dans un troisième temps, les travaux dans le domaine des installations sonores montrent que l'on peut aussi créer une ambiance sonore avec une intention de communiquer en termes purement artistiques, mais aussi en termes pédagogiques, ou encore ludiques. Il s'agit ainsi d'intervenir de manière volontaire dans une ambiance sonore, et nous allons voir que notre approche sera similaire en certains points. Par exemple, nous allons être amenés nous aussi à installer des nouveaux sons dans un espace public, et nous devons tenir compte de l'agencement de ces sons avec l'ambiance sonore existante (niveau sonore, architecture, etc.). Par contre, l'intention de communiquer sera différente, il ne s'agira pas d'une expression artistique, pédagogique ou ludique, il s'agira plutôt de véhiculer une information déterminée a priori et en adéquation avec l'usage de l'espace. Dans le paragraphe 2.4, les travaux présentés montreront comment véhiculer une information par la création de signaux sonores.

2.3 Sources sonores

Ce nouveau paragraphe est organisé de la même façon que le paragraphe précédent en présentant trois façons d'aborder les sources sonores, de l'analyse à la création en passant par l'amélioration du sonore. Les travaux présentés vont d'abord montrer quelles sont les informations que l'on peut tirer des sources sonores, puis comment maîtriser ces informations perçues afin de les mettre en valeur et enfin qu'il est aussi possible de modifier le contenu de ces informations.

2.3.1 Événement sonore

Le cadre d'écoute

Dans le contexte de vie quotidienne, la plupart des sons qui nous parviennent sont porteurs d'une information sur la source ou sur l'événement qui a émis le son. Tout d'abord, le son nous informe sur l'existence de sa source, ce qui peut dans certains cas être extrêmement utile. Par exemple, un piéton qui traverse une route est informé de la présence d'une voiture qui arrive par le son qu'elle émet. Nous sommes dans un cadre d'écoute tel que nous interprétons les sons qui nous entourent comme véhicule d'une information. Gaver [Gav93b, Gav93a, Gav88] nomme ce cadre d'écoute *l'écoute quotidienne* par opposition à ce que l'auteur appelle *l'écoute musicale*. Pierre Schaeffer parle quant à lui d'*écoute ordinaire* par opposition à *l'écoute réduite* ([Chi95] [Sch77]). Pour illustrer ce propos, Murray Schafer introduit la notion de *fait sonore* qu'il définit de la manière suivante :

«Comme l'objet sonore, il est saisi par l'oreille humaine comme la plus petite particule autonome du paysage sonore. Mais si l'objet sonore s'analyse comme objet acoustique abstrait, le fait sonore se définit, lui, dans sa dimension symbolique, sémantique et structurelle. Il constitue donc un point de référence dans le concret, lié à un ensemble qui le dépasse.» (Schafer [Sch79], p. 375)

Il distingue ainsi le fait sonore de *l'objet sonore*. L'objet sonore, au sens de Pierre Schaeffer, correspond au son détaché de tout référent causal ou contextuel, c'est le résultat de l'écoute réduite, alors que le fait sonore constitue *un point de référence dans le concret*. La capacité d'un auditeur à extraire un événement sonore contenu dans un environnement sonore complexe est une question qui a été abordée par Bregman dans différentes publications [Bre90, Bre94]. L'auteur explique cette faculté par des processus perceptifs de groupements auditifs. Nous n'aborderons pas en détail ces processus, le lecteur pourra se référer aux nombreux travaux effectués dans le domaine de l'analyse des scènes auditives.

Identification d'informations liées à la source

La source Vanderveer [Van79b] (cité dans [Gyg01]) a exploré la question de l'identification de la source d'un son en menant trois expériences sur un corpus de sons enregistrés dans l'environnement quotidien (applaudissements, déchirement de papier, bruits de clefs, etc.). Dans une première expérience, les sujets devaient identifier et décrire des sons parmi le corpus, dans une deuxième, les sujets devaient effectuer des catégories semi-libres¹⁵ et enfin dans une troisième, les sujets devaient effectuer des jugements par paires. La première expérience a permis de dégager des premières conclusions qualitatives :

¹⁵Les sujets devaient créer entre 4 et 10 groupes.

- Les auditeurs décrivent plus souvent l'événement sonore que le son lui-même (en termes acoustiques).
- Les descriptions sont plus précises lorsqu'il s'agit de l'action qui a produit le son que lorsqu'il s'agit de l'objet lui-même.
- Les confusions apparaissent essentiellement pour des actions qui ont des enveloppes temporelles similaires (attaque, décroissance, etc.) comme [gratter - rayer], [marcher - frapper à la porte - donner des coups de marteau] (exemples tirés de [Van79a]).

Bien que qualitatifs, ces résultats montrent un aspect important de l'écoute des sons de notre environnement, à savoir la reconnaissance de la source ou de l'action qui a produit le son. Il s'agit d'un premier niveau d'information qu'un auditeur cherche à extraire de son environnement sonore, et nous verrons par la suite dans nos expériences quelles sont les sources et les actions que les auditeurs extraient de l'ambiance sonore d'un espace public. L'hypothèse posée alors par Vanderveer est que l'enveloppe temporelle du son détermine le type d'action et le contenu spectral du son spécifie l'objet qui a produit le son. Cette hypothèse n'a pu être totalement validée, même si les deux expériences suivantes ont montré que la structure temporelle des sons était un critère déterminant dans le jugement de similarité. Ces résultats n'ont pas pu être appuyés d'analyses acoustiques quantitatives, mais ils ont été cités par de nombreux travaux ultérieurs.

La thèse de Guyot [Guy96] propose d'identifier les catégories perceptives (au sens de Rosch [Ros78], voir chapitre suivant) associées à des sons domestiques. Dans une première expérience de catégorisation libre et de verbalisation, l'auteur parvient à identifier les trois niveaux d'abstraction qui caractérisent la perception d'un corpus de sons domestiques. Ces trois niveaux sont les suivants (le premier étant le plus abstrait) :

- Identification de l'excitation (mécanique, électrique, etc.)
- Identification du mouvement ou du geste responsable de l'excitation à l'origine du son
- Identification de la source

Ces résultats sont en accord avec les résultats de Vanderveer, mais apportent une précision quant à la structure des catégories perceptives associées à ce type de sons. La hiérarchisation entre les 2e et 3e niveaux traduit bien le fait qu'une même source, si elle est excitée de plusieurs façons, peut produire des sons différents. Ensuite, pour expliquer la distinction entre ces deux niveaux, Guyot introduit la notion de *signature spectrale*. Cette notion traduit la typicalité d'une source sonore, c'est-à-dire le fait qu'elle comporte des caractéristiques sonores spécifiques qui la rendent plus facilement reconnaissable. Guyot conclut que pour une source sonore sans signature forte, le geste ou le mouvement qui a produit le son sera facilement identifiable, alors que la source sera plus difficilement identifiable.

Ce résultat rejoint la notion d'incertitude causale introduite dans une expérience de Ballas [Bal93]. Le critère d'incertitude causale représente une mesure du caractère univoque de la relation entre le son et la source identifiée (la méthode pour obtenir ce critère est présentée dans [BH87]). Ballas a mené une expérience sur un corpus de sons de l'environnement quotidien et basée sur une mesure de performance à une tâche d'identification : le sujet a pour consigne d'appuyer sur un bouton dès qu'il identifie la source puis de décrire la source qu'il a identifiée. Trois indicateurs sont calculés : le temps de réponse, un critère d'incertitude causale et un critère de précision d'identification (basé sur un taux d'erreurs). Les résultats montrent que la performance des sujets est fortement corrélée à ce critère d'incertitude causale. Ballas ajoute enfin qu'une faible performance à la tâche de reconnaissance peut être améliorée si la source est présentée dans son contexte, comme il le montre avec les bruits de pas. Ce dernier résultat est appuyé par des travaux ultérieurs de Vogel [Vog99] qui montre que hors contexte certains signaux peuvent devenir ambigus,

et perdre ainsi leur signification. Il montre ensuite que le contexte influence le seuil de perception de ces signaux, et donc leur efficacité.

Autres propriétés D'autres travaux ont abordé la question de l'identification des sources sonores, comme Bonebright [Bon01], par exemple, qui aborde la problématique en utilisant une méthode d'analyse multidimensionnelle. Mais l'identification de la source d'un son n'est pas la seule information que l'on peut tirer d'une source sonore. Li [LLP91] montre par exemple que les auditeurs sont capables de reconnaître le sexe d'une personne en écoutant le son de ses pas. Ce résultat peut paraître surprenant car une étude antérieure avait montré le contraire dans le cas du son produit par deux mains qui applaudissent [Rep87]. Cependant l'auteur montre que dans le cas des bruits de pas les différences d'énergie induites par des variations morphologiques de la source (taille et poids) sont suffisantes pour être utilisées par les auditeurs pour reconnaître le sexe de la personne qui marche. D'autres études ont aussi montré qu'il est possible d'identifier le matériau d'une source sonore [Rou99, GA06, Gio03], la géométrie de la source [Gav88, LMC97, Hou03] ou encore les interactions dans le cas de sons produit par le contact entre deux objets [Rep87, Fre90] (Des revues détaillées de ces travaux sont proposées notamment dans la thèse de Gygi [Gyg01], et dans la thèse de Houix [Hou03]).

2.3.2 Qualité sonore

Les travaux présentés sur la perception des sources sonores ont montré par différents résultats l'aptitude d'un auditeur à identifier des informations relatives à la source (matériau, taille, forme, etc.) et au type d'excitation (frotter, frapper, etc.). Cette aptitude est liée à une stratégie d'écoute implicite nommée «écoute quotidienne» selon Gaver. D'un autre côté, nous sommes amenés à décrire les qualités d'un son, c'est-à-dire les propriétés du son à l'origine d'un jugement qualitatif. Cette problématique est traitée dans le cas des produits industriels par le domaine de la *qualité sonore*. Avant de présenter les principaux travaux qui s'y sont consacrés, nous allons d'abord aborder l'étude du timbre des instruments de musique qui est à la base des méthodes employées dans les approches psychophysiques de la qualité sonore.

Timbre des instruments de musique

D'après Gaver, dans un contexte d'écoute musicale, les sons d'instruments de musique sont perçus et appréciés pour les qualités sonores qu'ils contiennent, indépendamment de toute référence à l'événement sonore¹⁶. La place de chaque instrument de l'orchestre dans le travail d'orchestration est ainsi choisie en fonction de ses qualités sonores, que d'autres pourront nommer des couleurs sonores, ou encore des timbres.

Alors qu'il est plutôt facile de reconnaître une source sonore, ses propriétés ou la façon dont elle est excitée, décrire le timbre des sons qu'elle produit est une tâche beaucoup plus délicate. Cette question a été abordée dans le cas des instruments de musique par les travaux de Faure [Fau00]. L'auteur montre que la plupart des auditeurs éprouvent des difficultés à parler du timbre d'un son mais qu'il leur est alors beaucoup plus facile de reconnaître un son à partir d'une description verbale. Plusieurs types de descriptions ont été testés : celles qui décrivent l'objet ou le mode de production du son sont plus faciles à reconnaître que celles qui décrivent le son en termes de qualités sonores. Ces résultats

¹⁶Cette faculté d'écouter un son pour lui-même, sans référent à sa cause, est très clairement mise en évidence par les travaux de Schaeffer [Sch77] sur l'écoute réduite dans la musique concrète.

montrent ainsi qu'il est possible de parler du timbre des sons instrumentaux, mais cela ne nous dit pas quels sont les paramètres acoustiques à l'origine du timbre.

Cette question a été soulevée par de nombreux auteurs, nous ne présenterons ici que les principaux résultats dans l'étude des timbres des sons pour la musique (pour une revue des travaux sur de l'étude du timbre, voir notamment [McA94, MWD⁺95a, Don97]). Des études de référence ont montré que le timbre des sons avait un caractère multidimensionnel qu'il est possible de décomposer sur deux ou trois dimensions [Plo70, Gre77]. C'est-à-dire que le timbre n'est pas quantifiable sur une échelle unidimensionnelle comme grave/aigu ou faible/fort. Ce caractère nécessite donc la mise en place d'une technique d'analyse spécifique : l'analyse multidimensionnelle, ou (Multi-Dimensional Scaling). Pour ce type d'analyse, une première étape consiste à estimer la proximité perceptive entre des sons au moyen de jugements de dissemblance effectués par des auditeurs sur des paires de sons. La MDS cherche ensuite à représenter les sons dans un espace multidimensionnel dont les dimensions représentent au mieux les distances perceptives obtenues dans l'étape précédente (pour plus de détails sur le fonctionnement de la MDS le lecteur pourra se référer à [BG05]). De nombreuses études ont montré que le timbre des instruments de musique se décompose sur trois dimensions. Il est possible d'attribuer un vocabulaire à ces dimensions [Fau00], et de trouver un paramètre acoustique qui les décrit :

- Distribution de l'énergie spectrale. Cette dimension est appelée *brillance* [Wes79]
- Évolution temporelle de l'énergie spectrale. Cette dimension est appelée *flux spectral* [Kru89]
- Contenu spectral dans la partie initiale du son. Cette dimension est appelée *qualité d'attaque* [McA94]

La figure 2.9 représente l'espace tridimensionnel des timbres obtenu dans l'étude de McDams et coll. [MWD⁺95b].

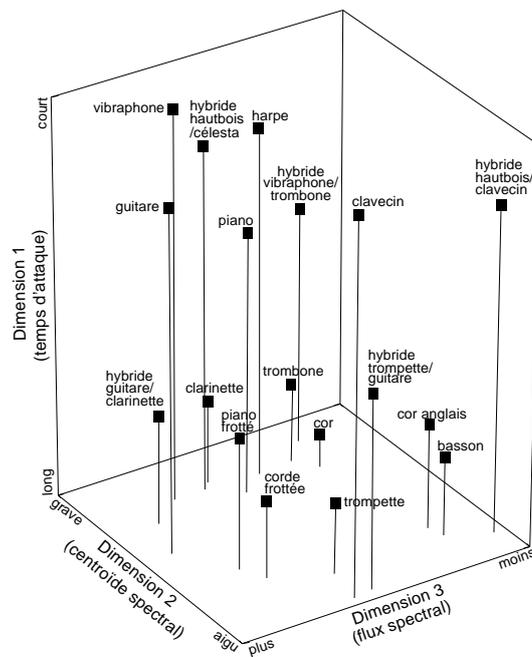


FIG. 2.9: Espace des timbres de 18 sons d'instruments [MWD⁺95b]

Qualité sonore

De manière très générale, l'étude de la qualité sonore consiste à expliciter les relations entre un son (que l'on peut décrire par ses propriétés acoustiques), l'objet qui produit le son, et la perception de ce son. Il s'agit d'un domaine pluridisciplinaire qui peut faire intervenir des connaissances sur la mécanique, l'acoustique et la perception. Il existe plusieurs approches de la qualité sonore qui diffèrent surtout par les théories de la perception auxquelles elles se rattachent et les méthodologies qu'elles mettent en place. Une synthèse de ces approches est proposée dans la thèse de Lemaitre [Lem04].

L'étude de la qualité sonore des objets a permis dans certains travaux d'expliquer la préférence des auditeurs à certains sons. Ainsi, en 1996 Guyot [Guy96] propose dans sa thèse une étude sur l'identification des propriétés acoustiques corrélées à l'agrément de bruits d'aspirateurs. Une première expérience de catégorisation a permis d'une part de révéler le niveau sonore comme le premier paramètre influant sur le jugement de ce type de bruits. Ensuite, une deuxième expérience de catégorisation a montré que trois paramètres spectraux avaient une forte influence : émergences spectrales, variations temporelles de ces émergences, équilibre d'énergie entre les bandes de fréquences. Les deux premiers paramètres sont les plus influents, les bruits dont les émergences spectrales croissent étant jugés les plus désagréables. Plus récemment, Susini ([SPV⁺01] [SMW⁺04]) propose une évaluation de la qualité sonore de différents types de blocs de climatisation domestiques par une approche multidimensionnelle de l'exploration des qualités sonores des sons étudiés. Trois indicateurs acoustiques ont permis d'expliquer les jugements de préférence des auditeurs : rapport énergie des harmoniques sur bruit, centre de gravité spectral et sonie.

Un autre exemple de l'application de ce type d'étude est la caractérisation de la typicité d'un type de son. Ainsi, Lemaitre [Lem04] présente dans sa thèse une étude sur la perception des sons d'avertisseurs sonores automobiles. La méthodologie mise en place repose sur deux expériences en laboratoire : une expérience de catégorisation libre puis une expérience de comparaison par paires. La première expérience a permis de sélectionner les sons de klaxon les plus représentatifs de la variété des sons existants. La deuxième expérience a permis d'identifier les attributs perceptifs du corpus sonore. Les analyses statistiques des résultats ont montré qu'il existait 9 familles perceptives de sons de klaxon dont la structure hiérarchique permettait de distinguer trois types de klaxon. Enfin, 3 descripteurs psychoacoustiques ont permis de caractériser les propriétés perceptives des sons mises en jeu dans la formation des 9 familles : centre de gravité spectral, rugosité et déviation spectrale.

2.3.3 Design sonore des produits industriels

Si maintenant on cherche à fabriquer un nouvel objet en fonction d'une spécification sur les qualités du son qu'il devra produire, on aborde une démarche de design sonore industriel¹⁷. Cette discipline s'est beaucoup développée dans le domaine automobile car elle permet de donner des moyens aux constructeurs de modifier certains aspects qualitatifs (confort, identité de marque, etc.) des sons de leurs véhicules (moteur, portières, commandes électriques, etc.). L'enjeu du design sonore est bien entendu économique, mais il est aussi scientifique car il permet une articulation entre des disciplines très différentes (mécanique, acoustique, traitement du signal, informatique, psychoacoustique ou encore ergonomie).

¹⁷Pour une présentation plus large du design sonore, voir notamment les conférences présentées lors des Journées Design Sonore organisée en 2002 (www.sfa.asso.fr/ds2002/) et 2004 (www.sfa.asso.fr/ds2004/).

Une illustration de cette problématique est proposée par les travaux de LeNindre [LN04] dans le cadre de l'automobile. L'objectif de son travail était de réaliser un véhicule dont le moteur ait les qualités sonores d'un moteur de véhicule sportif. Dans un premier temps, une étude sur la qualité sonore des moteurs de véhicules sportifs a été menée. Lors de cette étude, une première expérience de catégorisation libre et de verbalisations a permis d'identifier trois types de qualité sonore sportive pour un moteur : turbo, 4 cylindres et plus de 4 cylindres. Une deuxième expérience de jugement sur une échelle continue a permis d'identifier les sons les plus sportifs : ce sont ceux des moteurs à plus de 4 cylindres dont le son est caractérisé par de la rugosité et de la modulation. Ensuite, un cahier des charges a été écrit afin de traduire ces caractéristiques perceptives en spécifications mécaniques pour la réalisation d'un nouveau moteur. Le véhicule a été construit et commercialisé et contribue à l'image sportive de la marque. Ces travaux constituent un bon exemple d'une démarche industrielle complète depuis l'analyse de l'existant, la définition d'une cible en termes de qualités sonores, et la réalisation concrète de cette cible.

On le voit, la définition d'un son cible qui possède les qualités sonores souhaitées est une étape indispensable dans une démarche de design sonore industriel. Des travaux ont alors proposé des outils pour modéliser librement le son d'un objet en gardant le plus possible un lien vers le phénomène physique à l'origine du son (voir par exemple les travaux de Misdariis et al. [MDC⁺02] ou de Richard et al. [RR04]).

Une application au design sonore des produits domestiques est aussi proposée par le laboratoire du *Product Sound Design Group* à Delft¹⁸. Par exemple, les chercheurs ont travaillé sur l'amélioration de la qualité sonore de la séquence de sons provoqués lors de l'allumage d'une machine à café. Les résultats ont permis de spécifier les caractéristiques mécaniques de certaines pièces de la machine afin qu'elles produisent le son désiré mais aussi de construire un nouveau scénario de déclenchement des différents sons de la séquence (allumage, chauffage, pompe hydraulique, etc.). D'autres applications sont possibles, notamment pour les sons des appareils électroniques avec par exemple les travaux de l'agence Laps¹⁹ ou Diasonic²⁰.

2.3.4 Discussion

Nous venons de voir qu'il est possible d'analyser les sons des objets manufacturés afin d'identifier des qualités sonores, c'est-à-dire des attributs perceptifs qui traduisent la façon dont le son est perçu. Ces qualités sonores peuvent véhiculer des informations sur le fonctionnement de l'objet, sur la nature de l'objet, sa matière, ou encore la nature de l'action physique qui a produit le son. Dans un contexte musical, les qualités sonores des instruments de musique sont fondamentales dans la différenciation des timbres des instruments. Les sons des objets qui nous entourent dans notre vie quotidienne sont porteurs d'informations. Un objectif de notre travail sera par la suite d'identifier quelles sont ces sources sonores porteuses d'information dans le cas des espaces publics et des gares en particulier. Les travaux présentés pour illustrer les domaines de la qualité sonore et du design sonore industriel montrent ensuite que ces informations peuvent être contrôlées voire modifiées. Par exemple, il est possible d'identifier les paramètres acoustiques responsables de la typicité d'un son de klaxon ou encore les préférences des auditeurs quant à des sons d'aspirateurs. Enfin, les travaux de [LN04] ont montré que l'on peut modifier

¹⁸Laboratoire de la Faculty of Industrial Design Engineering, TU Delft
www2.sounddesign.io.tudelft.nl/Page/PageFrameSet_Flash.htm

¹⁹www.laps-design.com

²⁰www.diasonicdesign.com

des paramètres mécaniques d'un moteur pour qu'il ait les qualités sonores souhaitées.

Tous ces travaux sur les sources sonores montrent ainsi que l'on peut identifier, maîtriser et modifier les informations sonores qu'elles véhiculent. Cependant, on remarque que ces informations sont essentiellement relatives à la source (reconnaissance, propriétés structurelles ou physiques, identité) ; ce sont des informations non-intentionnelles pour la plupart qui nous permettent de percevoir et comprendre les phases de fonctionnement d'un objet. Les qualités sonores peuvent être modifiées pour rendre le son plus agréable ou plus en accord avec l'image souhaitée d'un produit. Cela ne nous montre pas comment faire pour véhiculer une intention, une information ou une fonction qui ne soit pas nécessairement liée à une source sonore. Or dans notre démarche, nous serons amenés à véhiculer une information spécifiée *a priori*, et qui n'est pas dirigée vers une source sonore mais vers une intention particulière (nous verrons que l'étude de l'usage des espaces permettra de définir les fonctions des sons que nous allons utiliser). les travaux présentés dans les paragraphes suivant vont montrer que l'on peut aussi s'affranchir de la source sonore et utiliser des signaux sonores.

2.4 Signaux sonores

Nous allons maintenant aborder le cas des signaux sonores. Nous appelons signaux sonores des sons créés dans le but de véhiculer une information, un message, ou une émotion. Il s'agit de sons fixés sur un *support* et ne renvoyant pas à une source. Comment faire pour traduire une intention avec un son non-verbal ? Nous allons voir différentes approches de cette question, certaines plus ou moins empiriques.

2.4.1 Signalétique

Les alarmes

Dans le domaine des alarmes, Patterson [Pat82] fut l'un des premiers auteurs à aborder la question en proposant une méthodologie pour la construction d'alarmes. L'auteur donne des préconisations sur 4 paramètres pour que l'alarme soit perçue urgente par les auditeurs :

- Le niveau sonore : il doit être 15 dB et 25 dB supérieur au niveau du bruit de fond.
- Le *pulse* (l'unité élémentaire de l'alarme) : il doit durer entre 100 et 200 ms, avoir une fréquence fondamentale comprise entre 150 Hz et 1000 Hz, comprendre au moins 4 harmoniques et son spectre doit être compris entre 500 Hz et 5000 Hz.
- Le *burst* (groupe de pulses) : il doit comprendre au moins 5 pulses espacés d'au plus 150 ms pour une urgence élevée, et d'au plus 300 ms pour une urgence faible.
- L'alarme complète (répétition de bursts) : le burst doit être joué une ou deux fois, suivi d'un silence.

La figure 2.10 donne un exemple d'alarme formée de deux bursts de cinq pulses

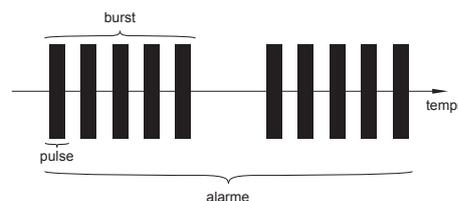


FIG. 2.10: Exemple d'alarme formée de deux bursts de cinq pulses

Les résultats de Patterson étant plutôt qualitatifs, plusieurs études ont suivi pour tenter de quantifier plus précisément l'influence de chaque paramètre acoustique sur l'urgence perçue. Notamment, Edworthy [ELD91] en 1991 montre que les alarmes perçues comme les plus urgentes sont celles conçues avec des bursts rapides et réguliers, de pulses dont la fréquence fondamentale est élevée et dont les harmoniques sont irréguliers. En 1993, Heliier [HED93] montre que l'urgence perçue peut être exprimée en fonction de la valeur des paramètres de vitesse de répétition, fréquence fondamentale, nombre de répétitions et du rapport entre vitesse et répétition. Ces travaux utilisent tous une estimation subjective de l'urgence perçue, en demandant aux sujets de juger l'urgence des sons. Plus récemment, Suied [SPS⁺06] a proposé une méthode pour mesurer de manière objective l'urgence d'un son en observant des temps de réaction.

Les travaux de Lemaitre [Lem04] sur la typicalité des sons d'avertisseurs sonores automobiles (voir paragraphe 2.3.2) ont permis de définir des prescriptions pour la construction de nouveaux sons d'avertisseurs. L'auteur propose de faire varier les paramètres acoustiques responsables du timbre des sons d'avertisseurs en respectant certaines plages de valeurs prédéfinies. Cette méthode permet de créer des sons nouveaux tout en conservant une identité d'avertisseurs sonores, i.e. des sons permettant l'identification d'une situation dangereuse.

Les IHM

Il est possible d'étendre ce type de prescriptions à d'autres types de signaux sonores pour véhiculer d'autres types d'informations non-verbales. C'est le cas dans le domaine des interfaces homme-machine (IHM) où de nombreux travaux ont développé des méthodes pour représenter des données par des sons ou les paramètres d'un son. C'est ce que Kramer appelle *la sonification* [Kra94], thème largement développé par le congrès ICAD²¹ depuis 1992.

Parmi les procédés développés dans ces travaux, on peut notamment citer les *earcons*²². Cette notion a été introduite par Blattner et coll. en 1989 [BSG89] pour désigner des sons synthétiques utilisés pour véhiculer une information non-verbale. La relation entre le son et sa signification est posée de manière arbitraire et doit donc être apprise par les auditeurs. Les auteurs proposent ainsi la construction d'earcons à base de motifs mélodiques dont 5 paramètres permettent de faire varier la signification du motif : la dynamique, le registre, le rythme, la hauteur et le timbre. Les travaux de Brewster [Bre02, BWE94] ont permis par la suite de préciser la spécification des earcons et propose des séries de sons pour différentes actions effectuées sur un ordinateur comme la création d'un fichier par exemple.

Une autre notion, dérivée des earcons, a été introduite en 1988 par Gaver [Gav88] : les *auditory icons*²³. Cette notion définit une forme particulière d'earcons, lorsque le son renvoie à la signification de manière métaphorique. Généralement, un auditory icon est un son qui ressemble à un son de notre environnement, et le lien métaphorique est établi entre la signification du son et la source ou à l'événement sonore à laquelle il renvoie : par exemple, un son de papier jeté à la poubelle pour signifier la suppression d'un fichier sur un ordinateur. Contrairement aux earcons, les auditory icons ne nécessitent que très peu d'apprentissage. Gaver a ainsi proposé une interface sonore pour ordinateur, le *Sonic-Finder* [Gav89], basé sur l'utilisation d'icônes auditives (par exemple la copie de fichiers est accompagnée d'un son de bouteille qui se remplit). Les travaux de Barrass [Bar97]

²¹International Conference on Auditory Display, www.icad.org

²²Néologisme anglais formé à partir de *ear* et de *icon*.

²³Littéralement *icônes auditives*.

ont apporté par la suite une méthode originale pour définir les paramètres d'une icône devant servir à véhiculer une information donnée. Sa méthode est basée sur des enquêtes à grande échelle (sur internet par exemple) où les personnes sont interrogées sur leurs expériences vécues avec les sons de la vie quotidienne. En analysant les résultats, l'auteur propose de définir des icônes auditives qui regroupent le plus de traits communs à toutes les expériences des personnes interrogées. Plus récemment, Conversy [Con00] a proposé une méthode de conception d'icônes auditives dont certains paramètres acoustiques peuvent varier en fonction de l'information à véhiculer. L'auteur propose par exemple la sonification de processus informatiques se déroulant en tâche de fond. Pour cela il utilise une icône auditive du son émis par le vent : un bruit de bande dont la fréquence centrale varie en fonction de l'état du processus.

Plus récemment, les travaux de Susini et al. [SVD⁺02, SGDD03] ont proposé le principe d'*hyperlien sonore* pour des programmes de radio diffusés sur internet. Ce principe, basé sur une analogie avec les hyperliens utilisés dans les pages web, permet de souligner un mot ou un groupe de mots pendant la diffusion en lui superposant un autre son. Ces hyperliens sonores associés à d'autres types de *fonctions sonores* (arrivée/départ d'un mail, feedback positif ou négatif, etc.) ont été évalués expérimentalement. Les résultats obtenus ont permis d'identifier les paramètres acoustiques qui traduisent ces différentes fonctions.

Dans les espaces publics

Dans le domaine des espaces publics, peu de travaux ont abordé la question de la signalétique sonore. En 1990, Dandrel et coll. [DD90] ont proposé l'utilisation d'un signal sonore pour avertir les usagers des gares du passage d'un train sans arrêt. En effet, dans certaines gares, des TGV passent sur les voies centrales à grande vitesse, et cela peut causer une forte sensation de surprise chez les usagers ainsi qu'un danger. Le signal proposé est une séquence composée d'une mélodie suivie d'une note plus aiguë qui apparaît puis disparaît en se déplaçant dans le même sens que le train. Ce signal permet d'attirer l'attention des usagers et de diminuer ainsi l'effet de surprise tout en conservant l'aspect spectaculaire de l'événement. Cette solution originale n'a pas été mise en place, bien qu'elle présente des avantages par rapport à des solutions classiques plus coûteuses.

En 1998, Rubin [Rub98] propose une étude de cas sur les sons utilisés dans le métro à New York (messages vocaux, sons des contrôleurs automatiques de tickets, etc.). L'auteur observe le manque de cohérence de ces sons et parfois le manque d'efficacité dans la communication de l'information par le son. L'auteur propose alors d'améliorer les sons existants en augmentant le nombre de sons et la variété de timbres utilisés, ainsi qu'en optimisant la répartition des sons. La création des sons est basée sur la notion de *tonalité*²⁴ de l'environnement sonore selon Schafer [Sch79]. L'auteur a réalisé une proposition pour les contrôleurs automatiques de tickets, mais aucune expérimentation n'a été effectuée in situ. Le résultat est très original car il transforme l'aspect répétitif et ennuyeux qui caractérisait l'ancien système en une sorte de séquence sonore aléatoire et amusante²⁵.

Cette problématique est aussi traitée à travers le cas des personnes mal ou non-voyantes. Au Japon notamment, les travaux de Kawakami [Kaw00] ont permis d'évaluer l'efficacité d'un système de signalétique sonore pour personnes non-voyantes. Par

²⁴Traduit du terme anglais *keynote* que Schafer emploie par analogie avec la tonalité d'une pièce musicale pour désigner dans l'environnement sonore *le son que l'on entend en permanence, ou assez fréquemment pour constituer un fond sur lequel les autres sons sont perçus* [Sch79].

²⁵Une démonstration est disponible sur internet www.earstudio.com/projects/subway.html

exemple, l'auteur développe une série d'earcons mélodiques pour informer les personnes qu'ils entrent dans un escalier, qu'ils arrivent sur un palier ou bien qu'il atteignent la fin de l'escalier.

Dans le cas des espaces urbains, on peut observer l'utilisation très fréquente de signaux sonores aux passages cloutés pour les personnes malvoyantes. Dans certains cas, comme en France par exemple, ces signaux sont de simples voix qui indiquent le nom de la rue et la couleur du feu. Dans d'autres cas, des signaux non-verbaux plus intuitifs et plus universels (pas de problème de langue) sont utilisés : un son percussif répété rapidement pour le vert et lentement pour le rouge, une mélodie différente selon le sens de traversée (au Japon par exemple), etc.

On s'aperçoit que l'utilisation de sons non-verbaux pour transmettre des informations dans des lieux publics n'est pas très développée et fait l'objet de réalisations souvent isolées ou même avortées.

2.4.2 Jingles

Dans un contexte plus industriel et commercial, l'utilisation des *jingles*²⁶ dans la radio, la télévision, la publicité ou dans les espaces publics de certaines grandes entreprises montre que le son peut aussi être utilisé pour véhiculer une identité de marque. Dans le dictionnaire, la définition de jingle est :

Bref thème musical introduisant ou accompagnant une émission ou un message publicitaire et destiné à provoquer un réflexe de reconnaissance. (Synonymes : indicatif, sonal.)

À la manière d'un logo graphique, de plus en plus d'entreprises utilisent ces jingles pour afficher leur identité à travers tous leurs supports de communication. Il est difficile de trouver des travaux qui exposent une véritable méthodologie de création de jingle, et bien souvent les principes utilisés sont plutôt empiriques. Contrairement à ce que l'on peut croire, il ne s'agit pas forcément de motifs mélodiques simples susceptibles d'être chantés facilement. C'est ce qu'illustre parfaitement le jingle utilisé dans l'aéroport de Roissy, composé en 1969 par Bernard Parmegiani²⁷, compositeur de musique électroacoustique issu du Groupe de Recherche Musicale. L'auteur explique dans une interview²⁸ qu'il a volontairement choisi un son électronique pour indiquer aux usagers qu'ils entraient dans un espace aérien. C'est aussi ce qu'explique Louis Dandrel à propos du jingle qu'il a créé en 1990 pour les gares de la SNCF. Même si ce dernier est beaucoup plus tonal que le jingle de Roissy, le compositeur explique qu'il a volontairement utilisé un intervalle d'octave parce qu'il n'était pas facile à chanter.

Aujourd'hui, des petites sociétés se spécialisent dans la création d'identités sonores pour les grandes marques. Comme l'illustrent les travaux de Weiss [Wei04], l'enjeu repose sur la communication des valeurs de l'entreprise à travers des motifs musicaux. Ces motifs sont ensuite déployés sur plusieurs types de supports : jingle, bande son pour film publicitaire, ou encore le son de démarrage sur les ordinateurs des employés.

²⁶ Terme anglais que l'on utilise tel quel dans la vie courante ou que l'on traduit par *sonal*

²⁷ Il a aussi composé des jingles pour la radio dès le début des années 60, et aussi pour l'émission *Stade 2* entre 1976 et 1986

²⁸ Extrait disponible sur le site internet de l'Institut National de l'Audiovisuel (INA).

2.4.3 Illustrations

Les paragraphes précédents ont montré que le son peut être utilisé pour véhiculer des informations, pour transmettre des messages, pour avertir d'un danger etc. Mais il est des applications, comme le cinéma ou les jeux vidéo, où le son est utilisé dans le but d'illustrer ou d'accompagner un contenu visuel. Dans beaucoup de réalisations cinématographiques, le son est utilisé comme un effet pour rendre une situation plus spectaculaire ou plus réaliste²⁹. Les réalisateurs avec les *sound designer* vont alors chercher à développer des méthodes de bruitage, de prise de son, de traitements du son et de restitution du son suffisamment performantes pour créer les effets souhaités. On peut citer des précurseurs dans le domaine du *sound design* au cinéma comme Walter Murch qui a travaillé notamment avec Francis Ford Coppola en 1974 sur le film *The Conversation* ou encore Ben Burtt qui a travaillé avec Georges Lucas en 1977 sur le film *Star Wars* pour lequel il a créé une très grande quantité d'effets sonores originaux. Il utilise par exemple un enregistrement d'air conditionné qu'il modifie jusqu'à obtenir le son d'un vaisseau³⁰.

Dans les jeux vidéo, l'utilisation du son est principalement guidée par le spectaculaire et/ou le réalisme. Les performances de plus en plus élevées des ordinateurs ou consoles de jeux permettent d'augmenter la qualité des effets sonores : rendu du son, spatialisation des sources sonores mobiles, etc. Les récents développements effectués par le fabricant de cartes-son Creative en sont une illustration³¹.

Mais comme le souligne Fernström [Fer03], le savoir faire des bruiteurs travaillant pour le cinéma, la télévision, la radio ou les jeux vidéo consiste le plus souvent à façonner un son jusqu'à ce qu'il ressemble au son qu'ils recherchent. L'enjeu des *sound designer* est alors d'exagérer ou d'amplifier certaines caractéristiques du son pour atteindre une sorte de caricature sonore. Autrement dit, ce qu'ils cherchent avant tout c'est une simplification du son pour faire croire à un objet sonore *prototype*, c'est-à-dire un son qui à lui seul fait référence à toute une famille (ou catégorie) d'objets sonores³². Cette idée renvoie au principe du *cartoon sonore* introduit par Gaver [Gav88] qu'il définit comme un son qui ne sonne pas exactement comme l'objet auquel il fait référence mais qui capture ses propriétés essentielles. Rocchesso [Roc04] utilise ce principe pour la création de sons à partir de modèles de synthèse hybrides, c'est-à-dire des modèles physiques simplifiés qui ne conservent que les paramètres acoustiques les plus importants (voir aussi l'ouvrage *The Sounding Object* [RF03]). Des exemples de sons fabriqués sur ce type de modèle sont décrits dans l'article de Rath et al [RAB⁺03]. Nous verrons dans le chapitre suivant que l'idée de prototype repose sur un principe psychologique relatif à la façon dont nous organisons les connaissances que nous avons acquises sur le monde qui nous entoure.

2.4.4 Discussion

Les travaux présentés dans cette partie ont permis d'aborder le thème des signaux sonores, c'est-à-dire des sons utilisés pour transmettre une information, un message ou une émotion. Dans le domaine de la signalétique sonore, la question revient à développer des méthodes plus ou moins robustes pour créer des sons par rapport à une fonction

²⁹On pourra noter cependant que, comme l'explique Michel Chion [Chi92], l'utilisation du son au cinéma ne se réduit pas à «un tête-à-tête symétrique de l'audio et du visuel».

³⁰Une revue détaillée et illustrée du *sound design* au cinéma est proposée sur le site www.filmsound.org.

³¹Information recueillie lors d'un séminaire donné à l'Ircam le 19 Mai 2006 par J.-M. Jot, responsable des activités de recherche en son 3D chez Creative.

³²Contrairement à l'objet sonore de Pierre Schaeffer, il s'agit bien ici du son faisant référence à un objet qui a produit ce son.

donnée. Dans le domaine de l'illustration sonore de contenus visuels comme dans les jeux ou le cinéma, il s'agit plus d'adapter un son ou une bande sonore à un support visuel, et bien souvent cette question est abordée essentiellement sous son aspect technique. Enfin, l'utilisation de jingles et d'indicatifs sonores dans la publicité ou dans les espaces publics montre qu'un son peut aussi servir à véhiculer l'image d'une entreprise³³.

On peut tout de même remarquer au regard de certains de ces travaux, notamment dans les IHM, que le résultat est souvent décevant. Soit parce que les sons sont pauvres esthétiquement, soit alors parce que les fonctions que remplissent les sons ne sont pas convaincantes. Or, comme le rappelle Stephen Barrass lors des Journées Design Sonore en 2004 [Bar04], la fonction devrait précéder la forme du son³⁴. C'est-à-dire que toute forme de création de sons pour véhiculer une fonction devrait obligatoirement commencer par une spécification détaillée et justifiée de cette fonction. Nous verrons que dans notre démarche, l'étude des usages dans les espaces publics permettra de spécifier les fonctions que devra remplir une nouvelle signalétique sonore pour résoudre un problème d'usage.

2.5 Discussion générale

L'objectif de ce chapitre était de faire un état des lieux des études antérieures afin d'apporter des premiers éléments de réponses aux questions posées en introduction : quelles sont les informations contenues dans une ambiance sonore et comment faire pour les modifier ou les provoquer ?

Mise en évidence des informations sonores Les études présentées montrent qu'il existe un grand nombre d'informations contenues dans une ambiance sonore, et qu'il existe plusieurs façons de les identifier. Ces informations diffèrent d'abord suivant ce sur quoi elles renseignent : l'espace ou bien les sources sonores présentes. Elles peuvent ensuite être de plusieurs types, et dans certains cas les indices acoustiques qui sont porteurs de ces informations ont été identifiés.

Sur l'espace

- La taille et la configuration : longueur de la réverbération et présence de réflexions latérales.
- Les transitions d'un espace à l'autre : effets sonores produits par les transitions architecturales.

Sur les sources sonores

- Nature de la source : contenu spectral
- Action qui a produit le son : enveloppe temporelle
- Position dans l'espace : distance perçue par un rapport entre le son direct et le son réverbéré, azimut et élévation perçus par des différences interaurales.

Mais des questions subsistent : comment intervient la reconnaissance des sources sur la perception de l'ambiance sonore d'un espace clos ? quelles sont ces informations dans le cas des espaces publics ? ces informations participent-elles à une reconnaissance du type d'espace lorsqu'il s'agit d'un espace public composé ? Dans la démarche que nous exposerons

³³Voir, par exemple, les travaux de l'entreprise Rumblefish, www.rumblefish.com.

³⁴Adaptation au son du principe esthétique énoncé par les fondateurs du Bauhaus : "form should follow function".

plus en détail dans le Chapitre 4, nous mettrons en place des expériences sur la perception des ambiances sonores afin de répondre à ces différentes questions. Nous tiendrons compte des résultats évoqués dans ce chapitre à plusieurs niveaux : dans la constitution d'une base de données sonores, dans la technique de prise de son et de diffusion.

Maîtrise des informations sonores Ensuite, les études antérieures présentées dans ce chapitre révèlent aussi plusieurs façons de maîtriser ces informations contenues dans l'ambiance sonore. Nous les classons de la même façon que précédemment :

Sur l'espace

- Solutions techniques pour maîtriser des paramètres physiques responsables du comportement acoustique de la salle.
- Modélisation du comportement acoustique de la salle.

Sur les sources sonores

- Maîtrise des qualités sonores d'un produit industriel.
- Modélisation du comportement vibratoire des sources (pour les instruments de musique par exemple).

Même si nous ne sommes pas amenés à introduire ce type d'interventions dans notre démarche, nous devons en tenir compte lors de la spécification des solutions sonores que nous mettrons en place (comportement acoustique des espaces ou modélisation par exemple). L'approche par la qualité sonore ne sera pas non plus celle choisie dans notre proposition. Cependant, elle pourrait être envisagée une fois identifiées les informations sonores contenues dans l'ambiance sonore des espaces. Nous verrons par exemple que dans les gares, le son produit par le tableau des départs («*flap-flap-flap*») est porteur d'une information, et qu'il serait possible d'en étudier les qualités sonores. Les informations sonores mises en évidence jusqu'à présent sont non-intentionnelles, c'est-à-dire qu'elles renseignent soit sur un espace soit sur une source. Or, dans notre approche, nous souhaitons proposer de nouvelles informations sonores basées sur l'identification préalable de problèmes d'usage (thème que nous présenterons dans le chapitre suivant). L'utilisation de signaux sonores sera donc privilégiée.

Création de nouvelles informations sonores Enfin, plusieurs travaux ont montré qu'il est aussi possible de communiquer une information de manière intentionnelle grâce à des éléments pris dans une ambiance sonore.

Par les installations sonores Communication en termes artistiques, pédagogiques ou ludiques.

Par les sources sonores Manipulation des qualités sonores (design sonore), communication en termes d'image.

Par des signaux sonores Avertissement (alarmes), fonctions plus complexes (*auditory icons* et *earcons*), identité (jingles).

Nous verrons que dans notre méthodologie, nous serons amenés à véhiculer de nouvelles informations sonores dans un espace public. Cependant, avant de proposer des sons, nous chercherons avant tout à spécifier les fonctions souhaitées. Pour illustrer cette démarche, nous la comparons à celle du design. Lorsque Walter Groepius, le fondateur du Bauhaus

et précurseur du design industriel, énonce que *la forme devrait suivre la fonction*, nous entendons là une approche prospective du design, c'est-à-dire une activité qui ne consiste pas uniquement à *designer* un objet pour un usage donné, mais qui consiste aussi à réfléchir à de nouveaux scénarios d'usages dans un contexte donné. Ces scénarios peuvent découler d'une analyse du contexte existant, et peuvent ensuite donner naissance à de nouveaux objets ou de nouvelles pratiques³⁵.

Un point important n'a pas encore été abordé : l'usage des espaces publics. L'ambiance sonore d'un espace public est étroitement liée à l'espace, c'est-à-dire un contexte dans lequel cette ambiance sonore apparaît. De même qu'écouter le son d'un objet peut difficilement se passer de la reconnaissance de celui-ci, écouter l'ambiance sonore d'un espace public nous renvoie forcément au contexte défini par cet espace. Nous verrons d'ailleurs que cette hypothèse sera validée dans le cas des espaces de gare. Or, un espace public correspond nécessairement à des situations vécues par des usagers, c'est-à-dire à des activités pratiquées dans cet espace. Les connaissances que nous avons acquises sur ces lieux ou ces situations au cours de nos activités peuvent alors nous renseigner sur les informations que nous sommes capables d'extraire d'une ambiance sonore. Mais quelles sont ces connaissances et comment interviennent-elles lors de nos activités dans ces espaces ? Enfin, comment caractériser l'usage d'un espace à travers les activités qui s'y déroulent ?

Ces questions seront abordées dans le chapitre suivant.

³⁵C'est aussi l'approche du design telle qu'elle est pratiquée par *Plan Créatif* (www.plancreatif.fr), cabinet de design qui a travaillé en particulier pour la RATP (informations recueillies lors d'un entretien avec S. Gautier, directeur du design chez Plan Créatif).

Chapitre 3

Connaissances, perception et activité

3.1 Introduction

Lorsqu'un auditeur se trouve dans une situation de la vie courante, immergé dans un environnement sonore, il perçoit une multitude de sons qui lui apportent des informations sur le monde qui l'entoure. Les résultats de la psychoacoustique permettent d'expliquer la sensation sonore procurée par un son donné en établissant des relations entre des paramètres physiques du son et des paramètres perceptifs. Ajoutés à cela, les travaux regroupés sous le terme de *cognition auditive* ont étudié les processus de traitement cognitif de l'information sonore encodée par l'oreille (pour une introduction, le lecteur pourra se référer à l'ouvrage de McAdams et Bigand [MB93]). Par ailleurs, la perception est aussi influencée par les connaissances que nous avons acquises tout le long de notre vie sur le monde qui nous entoure. Cela peut se traduire par des phénomènes d'attente, d'anticipation ou de sélection, en particulier lorsqu'on est engagé dans une situation de la vie courante et impliqué dans une activité donnée. Les espaces publics sont clairement un exemple de cadre de la vie quotidienne, c'est-à-dire un cadre dans lequel se déroulent des situations de vie courante et des activités variées.

L'objectif de ce nouveau chapitre est de présenter des principes théoriques et méthodologiques qui abordent les notions de connaissance, de perception et d'activité. Les éléments qui vont être présentés nous serviront dans le chapitre suivant à construire notre méthodologie pour répondre à la problématique posée. De manière générale, les trois thèmes présentés sont abordés sous l'angle de la psychologie expérimentale. C'est-à-dire que les principes présentés vont nous amener à formuler une démarche méthodologique pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés. Autrement dit, l'objectif de ce chapitre n'est pas d'inscrire la thèse dans une théorie en particulier, mais plutôt de présenter des notions, des principes et des méthodes jugées pertinentes pour notre problématique.

Ainsi, trois parties composent ce nouveau chapitre. La première partie (*Organisation des connaissances*) aborde les différentes manières dont nos connaissances sur le monde sont organisées. Deux types d'organisation seront détaillés : les catégories qui ont trait aux connaissances sur les objets, et les schémas qui ont trait aux connaissances sur les événements et les situations. La deuxième partie (*Perception*) concerne l'activité de percevoir et les processus mis en jeu. Deux types de processus complémentaires seront examinés : *ascendant* lorsque la perception est guidée par l'information reçue de l'environnement, et *descendant* lorsque la perception est guidée par nos connaissances sur le monde qui nous permettent de sélectionner les informations à collecter ou d'anticiper sur les événements. La troisième partie (*Analyse de l'activité*), présente des définitions théoriques ainsi que des principes méthodologiques (en particulier sur le mode d'observation et de

verbalisation de l'activité) qui permettent de donner un cadre pour l'analyse d'activité dans les espaces publics. L'accent sera mis sur les caractères contextuel et significatif pour l'acteur de l'activité, en particulier grâce à la notion de *cours d'action* développée par Theureau [The95, The04].

3.2 Organisation des connaissances

L'objet de cette partie est de présenter des principes psychologiques qui décrivent la manière dont nous organisons les connaissances que nous avons en mémoire sur le monde qui nous entoure.

3.2.1 Les catégories

Définition

Une catégorie est un ensemble d'objets ou de propriétés. Comme l'explique Rosch [Ros78], les catégories sont acquises tout au long de notre vie et reflètent une manière que nous avons de nous représenter le monde extérieur. L'auteur a développé des principes liés à l'utilisation des catégories dans le cas des objets de la vie courante, principes qui seront présentés plus bas.

Il existe plusieurs types de catégories qui correspondent à différentes manières de regrouper des objets ensemble :

- Les catégories des objets de la nature, qui sont organisées grâce à nos connaissances sur les objets. Ce type de catégories a fait notamment l'objet des travaux de Rosch [Ros78] que nous présenterons par la suite.
- Les catégories contextuelles, qui sont des catégories qui ne sont formées que dans un contexte donné (par exemple : la catégorie des objets apportés par une personne).
- Les catégories *ad hoc*, qui correspondent aux catégories d'objets formées selon un but donné [Bar91] (par exemple : les objets nécessaires à faire du camping).

Selon Tijus [Tij01], étudier les catégories permet alors de mettre en évidence la manière dont sont organisées nos connaissances dans la mémoire sémantique (mémoire à long terme). Il existe deux types de propriétés mises en jeu dans la formation d'une catégorie :

- montrables, comme la taille, la forme ou la couleur, par exemple. Ce sont des propriétés qui peuvent avoir une métrique.
- non montrables, comme le nom de l'objet, sa fonction, etc.

Les catégories jouent un rôle fondamental dans de nombreux processus cognitifs comme l'identification d'un objet, l'apprentissage de nouvelles connaissances, etc. Il est alors nécessaire de comprendre leur fonctionnement et leurs propriétés.

Propriétés

Économie cognitive Une propriété fondamentale des catégories est qu'elles permettent de nous représenter le monde avec une quantité d'information réduite. Autrement dit, les catégories traduisent le fait qu'il est impossible (heureusement !) de connaître en détail les propriétés de tous les objets qui peuvent exister. En réalité, nous apprenons à considérer comme similaires certains groupes d'objets. Le rôle des catégories est donc de réduire le nombre de différences entre les objets afin de pouvoir effectuer des processus cognitifs plus facilement (reconnaissance, apprentissage, rappel d'une liste d'objets, etc.). Cette

propriété des catégories nous permet ensuite de faire des inférences de propriétés, c'est-à-dire que lorsqu'un nouvel objet est considéré comme faisant partie d'une catégorie, il hérite de toutes les propriétés de la catégorie déjà connues. Prenons un exemple : un canari a de fortes chances d'être un oiseau (car il a des plumes et des ailes), et si c'est un oiseau alors il peut voler. Cela traduit un fonctionnement caractéristique des catégories, celui d'attribuer des propriétés à un objet. La propriété d'*économie cognitive* [Ros78] est alors fondamentale dans le fonctionnement des catégories et de la mémoire, elle permet avec un seul mot d'évoquer tout un ensemble de propriétés.

Structure hiérarchique Une autre propriété fondamentale des catégories est leur organisation hiérarchique, c'est-à-dire qu'une catégorie peut être plus ou moins inclusive. Les travaux de Collins et Quillian [CQ69, CQ72] ont prouvé l'existence de cette structure hiérarchique dans le cas des objets concrets en mesurant des temps de réaction. Les sujets devaient répondre le plus rapidement possible par oui ou par non à des questions comme « un canari est un oiseau ? » ou « un canari est un animal ? ». Les résultats montrent que les sujets répondent plus rapidement à la première question qu'à la deuxième. Cela demande donc plus d'effort pour dire qu'un canari est un animal que de dire un canari est un oiseau. Les auteurs de ces travaux concluent alors que cette différence de temps de réaction est due au degré d'inclusivité des classes : l'objet *canari* est inclus dans la catégorie *oiseau*, elle-même incluse dans la catégorie *animaux*. Cette structure emboîtée explique le principe d'héritage de propriétés énoncé plus haut : les objets d'une catégorie héritent des propriétés de la catégorie supérieure à laquelle elle appartient.

Cependant, l'hypothèse d'économie cognitive a été discutée par certains travaux, comme les expériences menées par Conrad par exemple (décrites dans [Gér04]). Les résultats montrent que les temps de réaction observés ne dépendent pas que de l'éloignement des objets dans la structure hiérarchique, mais ils dépendent aussi de la fréquence de co-occurrence de ces objets.

Le niveau de base Pour Rosch [Ros78], la structure hiérarchique des catégories traduit différents niveaux d'abstraction dans l'organisation de nos connaissances. C'est-à-dire que nos connaissances sur les objets sont plus ou moins générales, plus ou moins spécifiques. Pour l'auteur, il existe trois niveaux d'abstraction du plus abstrait au plus concret :

1. **Niveau superordonné** C'est le niveau le plus abstrait, il est formé de catégories qui ont très peu de propriétés communes.
2. **Niveau de base** Il correspond au niveau d'abstraction à la fois le plus abstrait et pour lequel le nombre propriétés qui différencient les objets est maximal.
3. **Niveau subordonné** Le niveau inférieur est quant à lui beaucoup moins abstrait et est composé de catégories qui ont un grand nombre de propriétés communes. Ce niveau est souvent considéré comme le niveau d'expertise.

Rosch [Ros78] définit le niveau de base comme le niveau de segmentation le plus inclusif pour lequel les catégories qui le composent comportent des objets qui ont le plus de propriétés communes. En terme de similarité entre objets, le niveau de base est celui pour lequel il y a le plus de similarités à l'intérieur de chaque catégorie et le moins de similarités entre les objets de catégories différentes.

L'auteur introduit alors un concept probabiliste permettant de rendre compte du niveau d'abstraction dans une structure de catégories hiérarchiques. Ce concept est nommé *validité d'indice* : la validité d'un indice (ou d'une propriété) x à décrire une catégorie

y augmente avec la fréquence d'association de x à la catégorie y et diminue avec la fréquence d'association de x à une autre catégorie que y . La validité totale d'une catégorie correspond à la somme de la validité de chaque propriété de la catégorie. Une catégorie avec un fort indice de validité sera donc plus distincte que celle avec un faible indice de validité. Le niveau de base est alors défini comme étant le niveau qui maximise la validité d'indice totale. En d'autres termes le niveau de base est défini par un compromis entre un maximum de ressemblances à l'intérieur des catégories, et un minimum de ressemblances entre les catégories.

Les expériences de Rosch sur les catégories concrètes, i.e. les catégories d'objets de la nature, ont permis de valider l'existence du niveau de base. Le Tableau 3.1 présente deux exemples de taxinomies d'objets utilisées par Rosch pour ses expériences sur l'identification du niveau de base. Il s'agit d'une taxinomie d'arbres, et de meubles. Les expériences menées ont consisté à recueillir des jugements de similarité sur les objets de 9 taxinomies comme celles présentées dans le Tableau 3.1. Quatre types de jugements ont été demandés aux sujets :

- Attributs communs. Les sujets doivent lister les attributs auxquels ils pensent face à une série de mots. Les résultats montrent que les sujets utilisent beaucoup plus d'attributs pour le niveau de base que pour les autres niveaux.
- Mouvements moteurs communs. Pour la même série de mots, de nouveaux sujets doivent maintenant décrire les gestes qu'ils font lorsqu'ils utilisent l'objet. Le résultat est identique à l'expérience précédente.
- Similarité de forme. Les sujets doivent dessiner la forme de l'objet. La similarité entre les formes obtenues est bien plus grande pour le niveau de base.
- Identification d'une forme moyenne. Les sujets reconnaissent beaucoup mieux une forme moyenne du niveau de base que des autres niveaux.

Superordonné	Niveau de base	Subordonné	
Meubles	Chaises	Chaise de cuisine Chaise de salon	
	Tables	Table de la cuisine Table de la salle à manger	
	Lampes	Lampe de bureau Lampe sur pied	
Arbres	Chêne	Chêne rouge Chêne blanc	
	Érable	Érable argenté Érable à sucre	
	Bouleau	Bouleau de rivière	
		Bouleau blanc	

TAB. 3.1: Exemple de taxinomie d'objets concrets utilisés par Rosch (tiré de [Ros78]).

Typicalité Les travaux de Wilkins (décrits dans [Bad87]) ont montré que le temps de réponse à une question comme « est-ce que A appartient à la catégorie B » est aussi fonction de la fréquence d'apparition (*instance frequency*) de l'objet A. Pour l'auteur, accéder à des éléments plus atypiques demande plus d'effort qu'accéder à des éléments plus typiques. Les catégories sont en fait composées d'objets qui ne sont pas tous équivalents, c'est-à-dire que certains objets d'une catégorie sont plus représentatifs de la catégorie que d'autres. Par exemple, pour la catégorie *oiseau*, le canari semble être plus typique que l'autruche.

Il y existe donc une notion de typicalité mise en jeu lors de la formation des catégories. Il en va de même pour les propriétés des catégories, certaines sont plus représentatives

d'une catégorie que d'autres. Rosch remarque à ce titre qu'il ne faut pas essayer de comprendre les catégories en termes de limites claires et précises, mais plutôt en terme de représentativité. L'auteur introduit alors la notion de *prototype* qui est l'élément de la catégorie le plus représentatif de celle-ci. Le prototype d'une catégorie est l'élément qui ressemble le plus aux autres membres de la catégorie et en même temps qui se distingue le plus des éléments des autres catégories.

Le rôle des prototypes a été identifié expérimentalement en termes de temps de réaction et de vitesse d'apprentissage de catégories artificielles [Ros78]. Par exemple, pour les propriétés qui ont une métrique (taille), le prototype aura une valeur moyenne de ces propriétés (d'après Reed [Ree72] cité dans [Ros78]). Dans ce cas, le prototype n'est pas forcément un objet qui existe mais une image de l'objet qui a les propriétés moyennes.

Le principe du prototype permet aussi d'expliquer pourquoi on peut trouver des catégories formées d'objets ayant très peu ou pas de propriétés communes [Tij01]. Prenons un exemple simplifié, soit une catégorie formée des objets $X(a)$, $Y(b)$ et $Z(c)$ où a , b , et c sont des propriétés, un prototype de la catégorie peut alors être l'objet qui comporte les trois propriétés a , b , c . Rosch [Ros78] précise que le prototype en tant que tel n'existe pas, c'est le degré de typicité qui est en jeu. Il n'y a pas forcément de réponse tranchée à la question « cet objet est-il un prototype ? ». Le prototype peut être l'exemplaire le plus typique ou une construction mentale [Tij01].

3.2.2 Les schémas

Il existe d'autres formes d'organisation des connaissances qui concernent plus spécifiquement les événements, les actions, les situations. Selon les auteurs, nous allons voir que cette organisation se présente sous la forme de schémas, de cadres ou de scripts.

Plusieurs définitions

Schémas Selon Eysenck et Keane [EK00], un schéma est un groupe structuré de concepts, en pratique il implique des connaissances génériques et peut être utilisé pour représenter des événements, des séquences d'événements, des situations et même des objets. À la différence d'une catégorie qui est un ensemble d'objets reliés entre eux par un ensemble de propriétés, un schéma est un ensemble d'objets ou d'actions reliés entre eux par des liens de causalité [Mat01].

Historiquement les notions de schéma, de script et de cadre sont proches de la notion de *schème* développée par Piaget (cité dans [dM95]). L'auteur définit les schèmes comme des totalités organisées qui sous-tendent les actions grâce à trois principes d'autorégulation :

- L'assimilation, c'est-à-dire que par ses schèmes, le sujet transforme ses structures propres pour les adapter à celles de l'environnement.
- L'accommodation, ou ajustement du schème pour l'adapter à la structure de l'environnement.
- L'équilibration, ou attribution d'une signification fonctionnelle à un objet.

Piaget développe cette notion pour étudier le fonctionnement de l'apprentissage des connaissances chez les très jeunes enfants. Le concept de schème est aussi utilisé dans le domaine de l'analyse du travail pour caractériser le contenu des connaissances dites procédurales, ou savoir-faire.

Bartlett (cité dans [EK00]) a suggéré que les anticipations des gens sur des événements étaient représentées mentalement par un schéma. L'auteur a vérifié cette hypothèse en menant des expériences pour illustrer l'effet des schémas sur certaines tâches cognitives.

Une de ses expériences a montré comment des sujets provenant d'une culture donnée reconstruisaient une histoire traditionnelle d'une culture différente. Les résultats montrent que lorsqu'on demande aux sujets de se rappeler l'histoire qui leur avait été racontée, les sujets reconstruisent l'histoire en adoptant un déroulement propre à leur culture.

Le concept de schéma a été repris plus tard par d'autres auteurs sous des formes plus spécifiques telles que les *scripts* ou les *cadres*¹ qui sont des cas particuliers de schémas.

Scripts Un script est une forme de schéma qui contient une séquence organisée d'actions stéréotypées. Cette notion a été développée par Schank et Abelson [SA77] qui ont mené des travaux sur des situations de la vie courante, comme le fait d'aller au restaurant. Les auteurs ont mis en évidence un script de restaurant composé d'une séquence standard d'événements auxquels un client peut s'attendre lorsqu'il se rend dans un restaurant. Ce script est composé des actions typiques ainsi que les types d'objets et de personnes que l'on pourrait rencontrer dans ce type de situation. Il est divisé en 4 parties : entrer, commander, manger et partir. Chacune est divisée en actions subordonnées : par exemple l'action *entrer* est divisée en 5 actions subordonnées : marcher dans le restaurant, chercher une table, décider où s'asseoir, aller à la table et s'asseoir.

Plus récemment, lors d'une expérience sur l'ambiance sonore de l'habitacle d'une automobile, Susini et al. [SHM⁺03] ont utilisé un script "phase d'accueil" correspondant à la séquence d'événements de prise en main du véhicule : entrer, mettre en route (ceinture, contact, ...), manœuvrer, rouler. Ce schéma a été utilisé et présenté aux sujets lors de l'expérience avant l'écoute de la séquence sonore correspondante. Le schéma permet ici de provoquer des attentes chez le sujet et ainsi de favoriser la compréhension des événements sonores qu'il sera amené à entendre pendant l'expérience.

Liens avec les catégories En termes de temps de réaction, les expériences menées par Barsalou et Sewell (cités dans [Mat01]) ont étudié le temps mis par des sujets pour énumérer les éléments d'une catégorie donnée ou d'un script donné. Les résultats ont montré que pour les catégories, les prototypes sont rappelés plus rapidement que les autres éléments, alors que les éléments des scripts sont rappelés avec un rythme régulier.

Rosch [Ros78] a établi un lien entre les éléments d'un script et le niveau de base des catégories mises en jeu. Les expériences exploratoires menées par l'auteur ont montré d'une part que les éléments listés par les sujets pour une situation donnée étaient du même type que ceux utilisés dans les scripts de Schank. D'autre part, l'analyse de ces éléments a montré qu'ils appartenaient au niveau de base d'une structure catégorielle. La conclusion de l'auteur est alors que le niveau de base correspond au niveau d'abstraction d'objets nécessaires à construire le script d'une situation.

Les travaux de Bransford et Jonhson [BJ73] ont conduit Rosch à mettre en évidence le lien entre la compréhension d'un texte par des sujets et le niveau d'abstraction des termes employés [Ros78]. Les auteurs ont présenté un court texte² aux sujets avec ou sans indice supplémentaire³. Les résultats montrent que les sujets rappellent beaucoup plus d'idées du texte avec l'indice en titre que sans l'indice. Rosch analyse ce phénomène en remarquant que l'indice fourni correspond en fait à une action du niveau de base et qu'il permet alors aux sujets de faire passer les termes d'un niveau superordonné à un niveau

¹Traduit de l'anglais *frame*

²Extrait du texte utilisé par Bransford et Jonhson : « The procedure is actually quite simple. First, you arrange items into different groups. Of course one pile may be sufficient depending on how much there is to do (...) » ([Ros78], p. 45)

³Indice utilisé par Bransford et Jonhson : « washing clothes ».

de base. Par exemple, grâce à l'indice *washing clothes*, le terme *things* devient *clothes*, le terme *pile* devient *pile of clothes*, etc.

Cadres La notion de cadre a été développée par Minsky [Min75] dans le domaine de l'intelligence artificielle pour caractériser des scènes visuelles. Il s'agit en fait d'un concept opérationnel pour programmer des ordinateurs capables de reconnaître des formes visuelles. L'auteur propose que l'ordinateur soit doté de frames afin d'anticiper les événements qui peuvent apparaître lors de la description d'une scène par exemple.

3.2.3 Synthèse

Deux principes psychologiques relatifs à l'organisation des connaissances ont été présentés : les catégories et les schémas. Les catégories sont des groupes d'objets ou de propriétés liés entre eux par des relations de similarité (par exemple les catégories d'objets concrets mises en évidence par les travaux de Rosch [Ros78]). Les schémas sont des groupes de concepts, d'actions ou d'objets liés entre eux par des relations de causalité (par exemple, le script du restaurant mis en évidence par Schank et Abelson [SA77]). Ces deux principes caractérisent la façon dont nous organisons nos connaissances sur le monde extérieur, sur les objets qui le composent, ou sur les actions que l'on peut engager dans des situations habituelles.

Ces deux types d'organisation traduisent aussi la façon dont nos connaissances sur le monde ont été acquises dans la mémoire sémantique (ou mémoire à long terme) tout au long de notre expérience. Elles interviennent dans de nombreux processus cognitifs comme la mémorisation, l'apprentissage, la reconnaissance de forme, etc. Mais les catégories et les schémas interviennent aussi dans l'activité de percevoir, à travers des phénomènes de sélection, d'anticipation, d'attentes ou de planification. C'est l'objet de la partie suivante.

3.3 Perception

L'activité de percevoir consiste à recueillir des informations dans notre environnement afin de les interpréter pour l'action, la réflexion, le jugement, etc. L'activité de percevoir peut être décrite à travers deux types de processus qui n'engagent pas les mêmes mécanismes cognitifs : des processus ascendants, c'est-à-dire guidés par les stimuli et leur contenu physique, et des processus descendants, c'est-à-dire guidés par les connaissances que nous avons acquises sur les stimuli. En d'autres termes, la perception est guidée à la fois par notre capacité à recueillir des informations dans notre environnement, mais aussi par les connaissances que nous avons sur le monde extérieur.

3.3.1 Processus ascendant

Tout système vivant possédant des organes sensoriels adaptés est capable de traiter un certain type d'information qui lui provient du monde extérieur : la lumière, le son, etc. La psychophysique est la science qui permet de caractériser ce type de traitement en étudiant la relation entre les propriétés physiques d'un stimulus et la sensation que ce stimulus procure chez un sujet (pour une revue des résultats et des méthodes de la psychophysique, le lecteur pourra se référer à différents ouvrages de référence [Fec66, Ges76]).

La psychoacoustique est la branche de la psychophysique qui traite spécifiquement de la sensation procurée par les stimuli sonores. La psychoacoustique étudie par exemple les

seuils de perception, les phénomènes de masquages qui peuvent avoir lieu lorsque deux sons sont présentés ensemble, les phénomènes d'illusion auditive, etc. De nombreux ouvrages font référence dans ce domaine et présentent les principaux résultats et méthodes de la psychoacoustique, comme celui de Moore [Moo03].

3.3.2 Processus descendant

Comme le suggère Matlin [Mat01],

«Nos processus cognitifs (...) sont guidés aussi bien par des processus ascendants que descendants. Dès lors nous sélectionnons, rappelons, interprétons, et intégrons de nombreuses caractéristiques uniques de chaque stimulus, en compléments des caractéristiques conformes aux schémas et assorties à nos connaissances passées.» (Matlin [Mat01], p. 352)

En d'autres termes, les connaissances que nous avons acquises, qui peuvent être représentées sous la forme de catégories d'objets ou de schémas d'actions, orientent notre perception du monde.

Ces processus descendants vont se traduire par des phénomènes d'attentes, d'inférence, d'anticipation, de planification et de sélection. Plusieurs études ont permis d'identifier ces processus.

Rôle des catégories Comme le souligne Rosch [Ros78], la situation dans laquelle on se trouve fera appel à certaines catégories d'objets ou de propriétés perceptives qui vont influencer notre perception des objets qui nous entourent. L'exemple donné par l'auteur est celui d'une personne qui entre dans un magasin pour acheter une chaise. Il ne va pas percevoir tous les objets de la même façon, ceux qui auront les attributs perceptifs de ce qu'il se représente comme étant une chaise seront plus saillants à sa perception. De plus, toutes les combinaisons d'attributs perceptifs n'ont pas la même probabilité, certaines combinaisons sont plus probables, d'autres le sont moins, voire impossibles. Les principes de prototype et de niveau de base énoncés plus haut permettent d'expliquer la fonction des catégories lors de la sélection des attributs perceptifs.

Différents travaux sur la signalétique visuelle (cités dans [CTJ⁺01]) ont permis de montrer qu'un dispositif de signalétique visuelle était d'autant plus efficace qu'il reposait sur des catégories. En effet, comme le rappellent Chêne et al. [CTJ⁺01], l'indication de catégories permet de réduire le nombre de signalisations différentes. Pour les panneaux de signalisation routiers par exemple, le pictogramme désignant les véhicules de tourisme s'adresse à tout type de véhicule, y compris les camions (pour une revue historique de la signalétique routière, voir [dL01]).

Rôle des schémas Nous avons vu que les schémas étaient une forme d'organisation des connaissances relatives à des événements, des suites d'action ou des situations courantes. Nous avons vu l'influence des schémas sur la compréhension d'un texte ou d'une histoire avec les expériences de Bartlett ou encore ceux de Bransford et Johnson [BJ73] (et cités dans [EK00, Ros78]). Le schéma intervient aussi dans la perception. Pour Neisser [Nei76], le schéma implique que l'information doit correspondre à un certain *format* pour être acceptée, et «les informations qui ne correspondent pas au format ne sont pas utilisées. La sélectivité est inhérente à la perception⁴.»

⁴Traduit de «Information that does not fit such a format goes unused. Perception is inherently selective», extrait de Neisser [Nei76], p. 55)

Les expériences de Brewer et Treyns (citées dans [Mat01]) permettent d'illustrer le rôle des schémas dans le cadre de la perception visuelle. Les auteurs ont montré que des étudiants à qui on demande de se rappeler tout ce qui se trouve dans le bureau de leur professeur se souviennent surtout des stimuli perçus. Mais ils ont également mentionné certains objets (ex : des livres) qu'ils s'attendaient à trouver mais qui en réalité ne s'y trouvaient pas.

3.3.3 Discussion

Les paragraphes précédents ont montré que l'activité de percevoir est dans un premier temps dépendante de notre faculté à traiter l'information présente dans notre environnement. La psychoacoustique étudie les mécanismes d'encodage sensoriel du son afin de mettre en évidence des relations entre les propriétés physiques du son et la sensation procurée. La cognition auditive étudie ensuite les processus cognitifs mis en jeu lors du traitement de l'information provenant de l'oreille. D'autre part, la perception est guidée et conditionnée par les connaissances que nous avons acquises sur ce monde. Les catégories et les schémas d'actions liés à des situations particulières de la vie courante vont produire des phénomènes d'attente et d'anticipation qui vont influencer notre perception.

La première question que nous nous sommes posée consiste à savoir si l'utilisateur d'un espace public est capable de tirer des informations de l'ambiance sonore des espaces publics. Même si nos capacités à traiter le signal sonore sont fondamentales dans la perception sonore, elles ne feront pas l'objet de notre étude (elles pourront cependant être prises en compte). L'accent sera alors mis sur l'identification des connaissances qui interviennent lors de la perception des ambiances sonores, à travers les phénomènes décrits plus haut. Ces connaissances sont par hypothèse organisées sous la forme de catégories d'objets ou de propriétés, ou sous la forme de schémas d'actions ou d'événements.

Comme le rappelle Tijus [Tij01], d'un point de vue expérimental, une tâche de catégorisation (i.e. faire des groupes d'objets qui se ressemblent) effectuée par des sujets permet de mettre en évidence l'organisation des connaissances relatives aux objets étudiés. Le chapitre précédent a présenté des travaux sur la perception des sources sonores du point de vue de la catégorisation [Guy96, Hou03, Maf99, Lem04]. Ces travaux se sont appuyés sur les principes de la catégorisation pour identifier les connaissances acquises sur les stimuli sonores étudiés. Notre démarche s'appuiera de la même façon sur une tâche de catégorisation pour mettre en évidence les indices sonores que les auditeurs sont capables d'extraire des ambiances sonores. Comme l'a montré le chapitre précédent, ces informations peuvent être relatives à certaines propriétés des sources sonores présentes (type, matériau, interaction), à des fonctions véhiculées par des signaux sonores (jingle, icônes sonores, etc.), ou encore à des propriétés architecturales de la salle.

3.4 Analyse de l'activité

3.4.1 Introduction

Les deux parties précédentes ont présenté la manière dont nous allons aborder la perception de l'ambiance sonore des espaces publics afin d'identifier les informations sonores que les usagers sont capables d'extraire et d'utiliser. Une fois que nous avons montré que ces informations existent et que nous les avons identifiées, la deuxième question que nous nous sommes posée peut maintenant être abordée : comment proposer et évaluer une solution pour améliorer l'usage d'un espace public par le sonore ?

On sait déjà (du moins nous allons le montrer) que les usagers d'un espace public sont capables d'utiliser des indices sonores et de les interpréter en tant qu'information. Autrement dit, toute nouvelle information sonore introduite dans un espace public est susceptible d'être interprétée et apprise par les usagers. Cet apprentissage et cette acquisition de connaissances se feront avant tout par le biais des nombreuses activités pratiquées dans ces espaces aux cours desquelles les usagers sont immergés dans l'ambiance sonore. L'*analyse de l'activité* apparaît alors comme un moyen pour évaluer l'efficacité d'un nouvel indice sonore, ou plus généralement tout nouveau système d'information pour les usagers. D'un autre côté, l'analyse de l'activité, en tant que composante de la démarche ergonomique [Lep00], constitue aussi un moyen de définir les besoins nécessaires à l'amélioration de cette activité.

Cette dernière partie présente des définitions, des principes théoriques et des éléments méthodologiques relatifs à la notion d'activité et à la question de l'analyse de l'activité. Dans notre démarche, nous nous appuyons sur ces principes et ces méthodes pour analyser l'activité dans les espaces publics afin d'une part, de spécifier une solution pour l'amélioration de l'activité et d'autre part, d'évaluer l'efficacité de cette solution une fois implantée.

3.4.2 Définitions

Activité

Dans *Vocabulaire de l'ergonomie* [dM95], l'activité est définie de la manière suivante :

« Exercice de la possibilité que possède tout être vivant d'agir sur son environnement et de réagir aux stimulations qu'il reçoit de celui-ci. Mais l'activité n'est pas le comportement ; elle est le processus par lequel le comportement est engendré. Elle peut être purement mentale ou comporter des éléments observables (des actions par exemple). En général on est amené à la spécifier : ainsi, on parlera de l'activité oculomotrice qui régit la perception visuelle ; ou encore elle sera spécifiée en fonction du but à atteindre ou des effets attendus (par exemple, l'activité de conduite d'un bus ou d'un train).» (Montmollin [dM95], p. 18)

Nous verrons par la suite que nous nous intéresserons particulièrement à l'usage des espaces publics comme activité des usagers de ces espaces. L'auteur ajoute plus loin que l'analyse de l'activité prend comme objets les enchaînements de prises de décision, de raisonnements, de communications, d'actions. Cette précision appelle une autre définition, celle du *cours d'action*, notion développée par Theureau [The95, The04].

Cours d'action

Comme l'indique Theureau [The95], « l'activité pratique, mettant en jeu tout l'homme en situation, est trop complexe pour être étudiée directement ». Le *cours d'action* est l'objet théorique qui permet l'étude de l'activité pratique dans sa globalité. Pour l'auteur, l'activité pratique se compose de deux parties : une partie observable et une partie racontable et commentable à tout instant.

Theureau définit alors le *cours d'action* comme la réduction de l'activité pratique à sa partie racontable et commentable, et le définit de la manière suivante : « l'activité d'un (ou plusieurs) acteur(s) engagé(s) dans une situation, qui est significative pour ce (ou ces) dernier(s), c'est-à-dire montrable, racontable et commentable par lui (ou eux) à tout instant, moyennant des conditions favorables ».

3.4.3 Analyser l'activité

Nous venons de définir les notions d'activité et de cours d'action. Il reste maintenant à aborder la question de l'analyse de l'activité.

La démarche ergonomique

Comme le rappelle Leplat [Lep00], l'analyse de l'activité est une sous-partie d'une démarche ergonomique. L'ergonomie est un champ d'étude très vaste, qui s'applique à des domaines très variés, mais elle peut être définie de manière générale comme « une technologie dont l'objectif final est l'amélioration du travail » [dM95]. Elle peut se décomposer en 5 parties :

1. Définition du but
2. Analyse de l'activité et diagnostic
3. Définition de l'intervention qui conduit souvent à une redéfinition du but
4. Exécution de l'intervention
5. Évaluation

L'auteur rappelle ensuite que « c'est le couplage dynamique des conditions internes et externes à l'activité qui est la clé de la compréhension de cette dernière ». En effet, les conditions externes à l'activité ne sont pertinentes que si elles conditionnent l'activité, et les conditions internes ne sont pertinentes que si elles sont liées à l'activité en situation. Ce couplage dynamique entre un acteur en situation d'activité et son environnement est observable à différents niveaux, comme la *compatibilité* ou l'*affordance*, par exemple.

Compatibilité Ce niveau d'analyse du couplage permet de caractériser par exemple des dispositifs de signalisation associés à un dispositif de commande (un exemple simple : index qui se déplace sur une fenêtre par la rotation d'un bouton). Une bonne compatibilité entre un acteur et ce type de dispositif se traduira par une :

- moindre sensibilité à l'apprentissage
- moindre sensibilité à la vitesse d'exécution
- moindre sensibilité aux tâches interférentes
- moindre susceptibilité d'erreurs

Affordance Le concept d'affordance est issu du courant *écologique* de la psychologie et s'est construit sur la base de réflexions sur la perception visuelle. Selon Gibson [Gib79], il est possible de résoudre des tâches complexes avec très peu de planification. L'affordance des objets indique ce qu'on peut faire ou ne peut pas faire⁵. L'affordance est liée à des propriétés invariantes contenues dans la stimulation, principalement visuelle dans les travaux de Gibson. Lorsqu'un observateur bouge ou qu'un objet bouge, une partie de la lumière reste invariante alors que le reste change. La perception du monde visuel se fait simplement en recueillant ces invariants. Le sujet n'a pas besoin de traiter l'information car elle est déjà contenue dans la lumière. Avec des exemples (le chemin qui invite à marcher, le mur qui indique qu'on ne peut pas le franchir, le marteau qui invite à être pris par le manche, les ciseaux qui invitent à glisser les doigts, la boîte aux lettres qui invite à y poster le courrier), Gibson montre que l'action peut être reliée directement à la perception, tout comme on tourne la tête du côté du bruit violent.

⁵Le verbe anglais *to afford* signifie littéralement *permettre de*.

La notion d'affordance a été reprise en ergonomie et en design notamment grâce aux travaux de Norman [Nor88] : les affordances d'un objet font référence à ses fonctions possibles. On voit alors apparaître la notion d'*utilisabilité* qui caractérise la propriété des objets qui, pour une population et une tâche données, sont très facilement utilisables. Leplat ajoute que le concept d'affordance peut être étendu aux situations, la psychologie écologique ayant bien montré que des situations habituelles appellent des types de comportements mis en œuvre sans activité représentative ou réfléchie (par exemple : prendre l'autobus, acheter son journal, aller à son lieu de travail). Identifier ces comportements dans les situations de travail est très utile.

Méthodes

Le choix d'une méthode pour l'analyse de l'activité dépend de la nature de l'activité (activité pratique, experte, etc.) mais aussi des objectifs de l'étude et des moyens disponibles (temps, ressources, etc.). Nous n'allons pas présenter un ensemble exhaustif des méthodes de l'ergonomie pour l'analyse de l'activité (pour cela voir par exemple [BSF99, Lep00]), seules des techniques nécessaires à notre problématique seront abordées.

L'expérimentation Theureau [The95] donne une série de recommandations afin de mettre en place un protocole d'observation du cours d'action qui altère le moins possible ce dernier. La définition du cours d'action montre que l'activité d'un acteur est construite progressivement en fonction du contexte. L'observation du cours d'action s'effectue alors en situation réelle ou en situation qui se rapproche le plus possible d'une situation réelle. Dans les expériences que nous mènerons, nous attacherons une grande importance à la définition de la situation réelle et au respect de celle-ci lors de nos expériences sur le terrain.

Theureau ajoute que chaque action dépend de la prise en compte par l'acteur à la fois des circonstances particulières et des actions précédentes. La tâche consiste donc à recueillir des données qui soient les plus riches possibles (§ Recueil d'observables). Ensuite, le cours d'action est abordé du point de vue de l'acteur, c'est la signification de l'action pour l'acteur qui est abordée. Le recours aux verbalisations de l'acteur est alors nécessaire.

Recueil d'observables Il s'agit de recueillir des traces de l'activité, sous la forme d'enregistrements audio, vidéo, de prises de notes ou de codage en temps réel grâce à des outils appropriés (comme le logiciel Kronos développé par Kerguelen [Ker97], par exemple). Cet outil a été utilisé par Huska-Chiroussel [HC01] pour évaluer, en situation réelle de déplacement, l'efficacité de différents types de supports visuels pour l'aide au guidage en situation urbaine. Il permet de coder en temps réel les détails des étapes du trajet (lieu, temps), tout en suivant le sujet dans sa tâche. Les résultats ont par ailleurs montré qu'un support mélangeant plusieurs types de média (ici photos et flèches directionnelles), était plus efficace qu'un support classique comme le plan.

Mais comme le rappelle Theureau, le cours d'action s'organise dynamiquement, il ne s'agit pas simplement d'une série d'actions isolées mais plutôt d'un enchaînement cohérent. Le recueil des données doit respecter la caractéristique dynamique du cours d'action. La technique la plus courante est le magnétophone ou la vidéo. Elle a plusieurs avantages : le stockage des données pour une utilisation ultérieure, la possibilité de soumettre les enregistrements à plusieurs juges, la possibilité d'automatiser le codage. Aussi, comme le résume Lacoste [Lac97], la vidéo permet aussi bien de *faire voir* que de *faire dire*. En effet, d'une part la vidéo fixe les détails de l'action, ce qui permet une analyse plus fine et

plus rigoureuse grâce aux propriétés du support vidéo (arrêt sur image, retour en arrière, segmentation) ; d'autre part, la vidéo permet de mieux cerner la signification de l'action pour l'acteur en la confrontant à nouveau avec lui lors d'une visualisation de la vidéo (voir § suivant).

Verbalisations des acteurs Elles peuvent être recueillies en simultané pendant l'activité ou bien immédiatement après (verbalisation consécutive). La verbalisation en auto-confrontation est intéressante car elle permet de pallier un inconvénient majeur de la verbalisation simultanée : le risque de perturber l'activité de l'agent en lui ajoutant une seconde tâche susceptible d'interférer avec la précédente. La technique de verbalisation en auto-confrontation consiste à présenter à l'agent des traces de son propre comportement en même temps qu'il verbalise. Cette technique est largement utilisée à la suite des travaux de Theureau, et favorisée par le développement de la vidéo.

Theureau ajoute dans [The95] que la qualité des verbalisations recueillies en auto-confrontation dépend de plusieurs facteurs, dont celui de la compétence de l'expérimentateur à questionner correctement l'acteur sur son activité. Il est alors possible d'utiliser les techniques de *l'entretien d'explicitation* développées par Vermersch et sont abordées dans la partie suivante.

3.4.4 L'explicitation

Les techniques d'explicitation ont été introduites et développées par Vermersch [Ver00] au cours de ses nombreuses expériences d'entretiens. Comme l'explique Vermersch dans l'introduction de son ouvrage [Ver00] : «L'entretien d'explicitation a pour objectif de rendre explicite ce qui est implicite dans l'action, c'est-à-dire le savoir faire non-conscient». Cette même idée est reprise en ergonomie dans la définition du *savoir-faire* que Montmollin définit comme «des connaissances procédurales telles qu'elles se manifestent dans l'activité, elles sont acquises par la pratique personnelle plus que par une formation formalisée. Ils sont rarement verbalisables, et donc difficilement transmissibles» ([dM95], p. 214).

De même, Vermersch précise que «la verbalisation de l'action n'est pas naturelle, il faut donc être aidé. Or les questions les plus efficaces sont contre intuitives, il faut donc apprendre une technique» [Ver00]. L'auteur propose alors une série de techniques d'entretien permettant d'amener l'interviewé à verbaliser ses actions⁶. Les paragraphes suivants résument ces techniques en deux parties essentielles de l'entretien d'explicitation : la dimension relationnelle (A) et la relance (B).

A - La dimension relationnelle

Il s'agit d'une série de règles à respecter dans le but d'obtenir une bonne communication entre l'interviewé et la personne qui mène l'entretien. Cette première partie se divise en deux problématiques.

1. Etablir un accord explicite entre l'interviewer et l'interviewé. Il s'agit, avant de commencer l'entretien, de demander l'autorisation à l'autre de pousser le questionnement, et lui indiquer qu'il est libre d'arrêter à tout moment. Par exemple, on pourra initier l'entretien avec une formulation comme : *si vous êtes d'accord ...*

⁶le lecteur pourra se référer au site www.expliciter.net qui regroupe un grand nombre de travaux sur l'explicitation dans le cadre du Groupe de Recherche sur l'Explicitation, le GREX

2. Repérer, créer et maintenir la communication. Il s'agit là d'être attentif au déséquilibre entre la position de l'intervieweur et de l'interviewé pouvant causer une mauvaise compréhension entre les deux parties. Pour cela, on pourra se concentrer sur l'observation de certains indicateurs non verbaux comme le rythme et la tonalité de la voix ou les gestes et les postures.

B - Les relances

Les relances dans l'entretien d'explicitation ont pour fonction d'aider l'interviewé à verbaliser son action vécue en utilisant différents types de relances lors de l'entretien. Ces relances ont 4 différentes fonctions :

Initialiser Il est souhaitable de privilégier les formulations positives, par exemple *je vous propose ... je souhaite ... je voudrais ...* Il faut éviter les formulations avec inductions négatives. La première phrase initialise en partant de l'intérêt de l'entretien, ensuite il y a le contrat de communication (voir paragraphe précédent). Il n'y a que des formulations positives.

Focaliser Il peut être efficace de laisser l'interviewé choisir. Par exemple, l'intervieweur peut débiter l'entretien avec la phrase *je vous propose de choisir dans ce qui c'est passé ce qui vous paraît important pour vous* ou bien *de choisir ce qui vous intéresse dans tout ce qui s'est passé* ou bien *qu'est-ce qui vous vient à l'esprit en premier, à propos de ce que vous avez fait*. Il faut bien sûr ensuite réguler l'échange pour l'amener à expliciter son action.

Elucider Il s'agit de l'objectif principal de l'entretien d'explicitation. C'est à la fois établir la succession des actions élémentaires et aussi décrire précisément une action en particulier.

Il faut à tout moment que l'intervieweur encourage la description de l'action en utilisant le plus possible les termes *quoi, qu'est-ce que, où, quand, comment*. Cela encourage le sujet à donner des informations sur ce qu'il a perçu et sur ce qu'il a fait. Ensuite, l'élucidation consiste à amener le sujet à décrire le déroulement temporel de son activité (exemple : *Par quoi avez-vous commencé ? qu'avez-vous fait ensuite ? et puis après, qu'avez-vous fait ? comment saviez-vous que c'était terminé ?*). La description des prises d'informations peut être obtenue avec des questions comme : *comment saviez-vous que c'était cette action qui devait être faite ?*

D'autres types de relances sont possibles pour l'élucidation comme la reformulation en écho ou la relance à partir d'une dénégation. Vermersch précise que la dénégation n'est pas une action, on peut toujours la réorienter vers un fait. Par exemple, si le sujet dit *je ne sais rien*, l'intervieweur peut rebondir en relançant : *et quand tu ne sais rien, qu'est-ce que tu sais ? comment tu sais que tu ne sais rien ?*

Réguler Réguler l'échange consiste à prendre du recul pendant l'entretien afin de changer de champ d'investigation. Cela peut être utile lorsque le contenu de l'échange commence à trop s'éloigner du but visé. Par exemple, il peut être nécessaire de réguler pour guider le sujet plus précisément sur le domaine de la description du vécu. Il est donc important de noter que ce guidage n'est pas un guidage sur le contenu mais sur le domaine de verbalisation. Par exemple : *continue ... c'est bien ... plus précisément ...*

Mais la régulation peut aussi se heurter à des situations difficiles où le sujet ne parvient pas à mettre en mots une situation spécifique. Dans ce cas, il est important de demander

au sujet d'arrêter de chercher et de l'aiguiller, chercher par exemple une autre situation vécue qu'il/elle arrive à expliciter.

Les indicateurs de la relance

Indicateurs verbaux de la relance Il s'agit là d'être attentif à certaines formulations de l'interviewé qui appellent l'intervieweur à relancer pour spécifier. Par exemple des verbes non spécifiés (faire, agir, penser, comprendre), des expressions abstraites (méthode, autonomie, compréhension), une absence de référent (on, les gens, cela, cette), ou encore l'utilisation de superlatifs ou comparatifs dont la référence n'est pas formulée (la formule *c'est plus facile* peut être relancée avec *plus facile que quoi?*).

Indicateurs gestuels de la relance De la même façon, le corps de l'interviewé peut exprimer des choses qui peuvent aider l'intervieweur à formuler des relances pour aiguiller la mise en mot de l'action. Par exemple lorsque le sujet mime une action avec ses mains, il peut être judicieux de le relancer sur cette action⁷.

Nous verrons dans les chapitres 7 et 9 dans quelle mesure ces règles sont intervenues lors des entretiens que nous avons menés. Nous verrons par exemple que l'initialisation est très importante dans l'établissement d'un dialogue riche entre l'expérimentateur et le sujet.

3.4.5 La gare du Nord : deux exemples de réalisation

La Gare du Nord à Paris a fait l'objet de deux études consécutives sur l'analyse de l'activité des voyageurs. La première étude, effectuée par Lévy [Lév93] a permis d'analyser plusieurs types de trajets afin d'identifier les obstacles rencontrés par les voyageurs et les ressources mises en jeu. La deuxième étude a été effectuée par Theureau [The97] dans le but de développer la première étude en évaluant les éléments méthodologiques et théoriques relatifs à l'analyse du cours d'action proposés par l'auteur.

L'étude de Lévy Dans son étude, Lévy [Lév93] part du constat qu'une gare comme la Gare du Nord est un espace public caractérisé par un mélange de différents types d'organisation plus ou moins complexes qui peuvent être source de grandes confusions pour les voyageurs. Citons trois exemples de ce mélange :

- fonction : transport, informations mais aussi de plus en plus de services (commerces, argent, toilettes, agence de voyage, etc.)
- modalité : interconnexion entre plusieurs types de transports (trains Grandes Lignes, trains de banlieue, métro, bus, RER, taxis, locations, etc.)
- institutions : en plus de la SNCF et de la RATP, la Gare du Nord accueille aussi d'autres institutions (services de sécurité, de nettoyage, de travaux, associations d'aide aux voyageurs, etc.)

L'auteur a choisi d'étudier l'activité des voyageurs afin de mettre en évidence les confusions qui peuvent être causées par cette organisation complexe inhérente au fonctionnement de la gare. La méthodologie mise en place repose sur l'étude de trajets effectués dans la gare par des voyageurs complices, c'est-à-dire qu'ils se sont portés volontaires pour effectuer un trajet dans des conditions expérimentales. Les sujets avaient pour consigne d'effectuer l'un des six trajets prédéfinis, et en même temps de verbaliser tout haut tout

⁷Une note d'information du Groupe de Recherche sur l'Explicitation (GREX) de novembre 1993 donne plus de détails sur ces indicateurs gestuels

ce qui leur passait par la tête à chaque instant du trajet. Les verbalisations étaient enregistrées par un micro-cravate porté par le sujet. Les trajets étaient tous des trajets d'interconnexion, c'est-à-dire allant d'un mode de transport à un autre (train de banlieue, RER, métro et bus).

Les résultats de ces expériences ont permis d'identifier deux types d'obstacles rencontrés par les sujets. D'abord, les sujets ont rencontré des problèmes avec le système d'information (panneaux, annonces, etc.), par manque de visibilité, de cohérence, de précision pour les informations visuelles, et par un manque d'audibilité pour les annonces. Ensuite, les sujets ont rencontré des obstacles physiques : des lignes infranchissables et des embouteillages. Les conséquences observées de ces obstacles ont été des actions supplémentaires (réaction en chaîne : une erreur implique de nouvelles actions qui n'étaient pas prévues) ainsi qu'une augmentation du stress, de l'énerverment et de l'inquiétude.

Enfin, deux types de ressources sont identifiées : des ressources servant directement à l'action (exemple : guichet, billetterie, téléphones, etc.) et d'autres servant à l'information générale. En analysant chaque ressource d'information, l'auteur conclut sur leur rôle dans le trajet des sujets et montre qu'un décalage pouvait exister entre la fonction originale de la ressource d'information et l'usage qui en est fait. La prise en compte du contexte dans lequel apparaît une ressource d'information est alors pour l'auteur la précaution à prendre lors de la conception de cette ressource.

L'étude de Theureau Theureau a souhaité prolonger les travaux de Lévy sur la Gare du Nord en introduisant la notion de *cours d'action*. L'objectif de l'étude qu'il a menée [The97] était de développer et de généraliser les conclusions de l'étude précédente d'un point de vue théorique et méthodologique.

L'auteur a choisi d'effectuer ses expériences une semaine après le début d'une interconnexion suspendue sur la ligne B du RER⁸, c'est-à-dire après la période d'organisation du personnel conduisant à la mise en place de systèmes de signalisations de remplacement. La conséquence majeure de cette situation était que les RER (en sous-sol) venant du Sud s'arrêtaient à la Gare du Nord, les voyageurs étant alors contraints de prendre un train de banlieue (en surface) pour continuer leur voyage.

Le protocole expérimental mis en place était constitué de 3 trajets effectués par 2 voyageuses complices (soit six trajets au total) : chaque trajet est filmé et enregistré, un entretien d'auto-confrontation suit chaque trajet et est enregistré. Toutes ces données sont transcrites pour l'analyse. D'un point de vue méthodologique, l'utilisation de la vidéo et de l'auto-confrontation est une avancée par rapport à l'étude de Lévy, car cela permet une meilleure saisie de tout ce qui fait signe pendant l'activité du voyageur complice.

Les résultats des trajets ont permis dans un premier temps de caractériser les problèmes liés à la situation d'interconnexion suspendue. Deux types de problèmes ont été identifiés. D'une part, une mauvaise mise à jour des anciens systèmes d'information, ce qui peut provoquer la cohabitation d'informations contradictoires (par exemple, un ancien panneau horaire en partie erroné, ou un guichetier qui indique d'anciennes informations). D'autre part, les systèmes d'informations provisoires ne sont pas nécessairement compris par les sujets (par exemple les panneaux «travaux» ne sont pas lus, ou les agents d'orientation⁹ sont évités).

Dans un deuxième temps, les résultats obtenus ont montré que les éléments méthodologiques mis en place étaient efficaces et faciles à mettre en œuvre, comme l'exprime très

⁸du fait des travaux du Stade de France en Juillet 95

⁹Personnels mis à disposition pour gérer sur le terrain les problèmes d'orientation dus aux travaux

bien Theureau dans le passage suivant :

«Le dispositif d’observation et d’enregistrement mis en œuvre (...) peut constituer la base d’une méthode générale de test des dispositifs de signalisation, permanents ou provisoires, qu’on pourrait appeler le «test du voyageur (ou de la voyageuse) consciencieux(se) et critique». Un tel test peut mettre en évidence les défauts du dispositif de signalisation du point de vue du voyageur en situation, auxquels les personnels de la SNCF ou de la RATP, dans leur situation de gestionnaires et d’habités, peuvent ne pas être sensibles. Ajoutons qu’un tel test est beaucoup plus efficace et beaucoup plus facile à mettre en place qu’un dispositif d’enquête et d’interview classique.» (Theureau [The97], p. 27)

3.4.6 Discussion

Cette partie a permis de présenter des éléments théoriques et méthodologiques sur l’analyse de l’activité en situation réelle. La notion de cours d’action proposée par Theureau met l’accent sur le rôle fondamental joué par le contexte dans la réalisation de l’activité et dans la signification de celle-ci pour l’acteur. L’auteur montre ainsi qu’une analyse scientifique de l’activité ne peut être centrée qu’autour de l’acteur et de la signification de l’activité pour l’acteur. Cela impose alors des contraintes fortes sur les méthodes et techniques employées pour analyser l’activité. L’expérimentation doit se faire dans un contexte le plus *réel* possible, i.e. significatif pour l’acteur, et l’analyse de l’activité de l’acteur doit passer par la verbalisation que celui-ci peut produire à son sujet. La technique de la vidéo permet alors de recueillir une trace fidèle de l’activité pour d’une part l’analyser et d’autre part la présenter à l’acteur pour l’aider à verbaliser son activité vécue. Cet ensemble de techniques et de prise en compte théorique nous permettra de mettre en place un protocole d’observation et d’analyse de l’activité des usagers dans un espace public afin d’identifier les problèmes rencontrés (voir chapitre suivant).

3.5 Discussion générale

Ce chapitre vient de présenter des principes théoriques et méthodologiques sur lesquels vont être formulées nos hypothèses expérimentales. Dans un premier temps deux types d’organisation des connaissances acquises sur le monde ont été présentées : les catégories et les schémas (ou scripts). Le rôle de ces deux types d’organisation dans la perception a ensuite été mis en évidence. En effet, les catégories et les schémas interviennent dans la perception à travers des phénomènes d’attente, de sélection et de planification. Les catégories influencent la façon dont on perçoit les propriétés des objets, et les schémas ou les scripts qui ont aussi été acquis dans les différentes situations de la vie courante influencent notre perception des séquences d’événements. Dans un deuxième temps, la notion d’activité a été abordée d’un point de vue théorique avec la notion de *cours d’action*. Cette notion implique que l’activité d’un acteur ne peut être analysée que dans son contexte, et à travers les verbalisations que l’acteur est capable de formuler.

Les espaces publics constituent un cadre de vie quotidienne où se déroulent un grand nombre d’activités que nous pratiquons plus ou moins régulièrement. Les usagers de ces espaces ont acquis des connaissances sur ces espaces en même temps qu’ils ont appris à les *utiliser*, c’est-à-dire à faire en sorte que leurs activités se déroulent bien. Par exemple, dans le cas d’un espace public composé de plusieurs sous espaces (ex : les gares sont composées de quais, de halls, de couloirs, etc.), les usagers de ces espaces ont acquis suffisamment de connaissances pour différencier ces espaces et les reconnaître. Notre première hypothèse

est que les connaissances que nous avons sur ces espaces concernent aussi les ambiances sonores, et qu'elles sont organisées sous la forme de catégories de sources sonores, de propriétés sonores ou bien de schémas d'actions ou d'événements. Étudier la manière dont des auditeurs catégorisent des extraits d'ambiance sonore va alors nous renseigner sur l'organisation des connaissances. En d'autres termes, l'étude de la perception des ambiances sonores des espaces par la catégorisation permettra de mettre en évidence les indices sonores que les usagers sont capables d'extraire, afin de les interpréter en tant qu'informations sonores utiles à leur activité dans ces espaces.

Cela permet alors de poser notre deuxième hypothèse, à savoir que de nouvelles informations peuvent être transmises de manière sonore afin d'améliorer l'usage des espaces publics. C'est-à-dire que, une fois que nous avons montré que les usagers sont capables de tirer des informations de l'ambiance sonore des espaces publics, et de les utiliser lors de leurs activités dans ces espaces, nous allons montrer qu'il est possible de proposer et d'évaluer de nouvelles informations sonores. L'analyse de l'activité dans ces espaces, telle qu'elle a été présentée dans ce chapitre, permettra à la fois de déterminer les informations nécessaires aux usagers, et d'évaluer si notre proposition de solution sonore est adaptée à l'usage de ces espaces.

Le chapitre suivant détaille les hypothèses méthodologiques qui viennent d'être introduites, ainsi que les différentes étapes expérimentales qui permettront de les confirmer.

Deuxième partie

Méthodologie

Chapitre 4

Démarche méthodologique

4.1 Introduction

Améliorer l'usage d'un espace public par le sonore ?, telle est l'enjeu posé en introduction de cette thèse. Ce nouveau chapitre présente la démarche méthodologique que nous avons proposée sur la base des hypothèses, des principes théoriques et méthodologiques présentés dans les deux chapitres précédents. La mise en œuvre de cette démarche dans le cas des espaces de gares sera présentée dans les chapitres suivants.

La figure 4.1 présente un schéma faisant apparaître les cinq étapes qui composent notre démarche méthodologie. La première étape est une étape préliminaire qui a pour objectif de caractériser la typologie des espaces d'un point de vue acoustique et d'un point de vue des usages. En pratique, cette étape permettra de constituer une base de données d'échantillons d'ambiances sonores qui serviront dans l'étape suivante. La deuxième étape est une étude perceptive sur les ambiances sonores des différents espaces constituant un lieu public avec une forte activité humaine. Elle permettra d'identifier les indices sonores existants que les usagers des espaces ont appris à reconnaître, à associer à un espace, et à utiliser comme informations. La troisième étape est constituée d'une étude sur l'usage des espaces, elle permettra grâce à une analyse de l'activité, d'identifier quel usage nous allons souhaiter améliorer ou favoriser par le sonore. La 4e étape est une spécification fonctionnelle et technique de la solution sonore qui devra être créée pour résoudre les problèmes d'usage identifiés dans l'étape 3. La 5e étape est une évaluation ergonomique de la solution sonore une fois installée dans l'espace public étudié. Elle permettra de vérifier si les usagers comprennent les fonctions de la solution sonore.

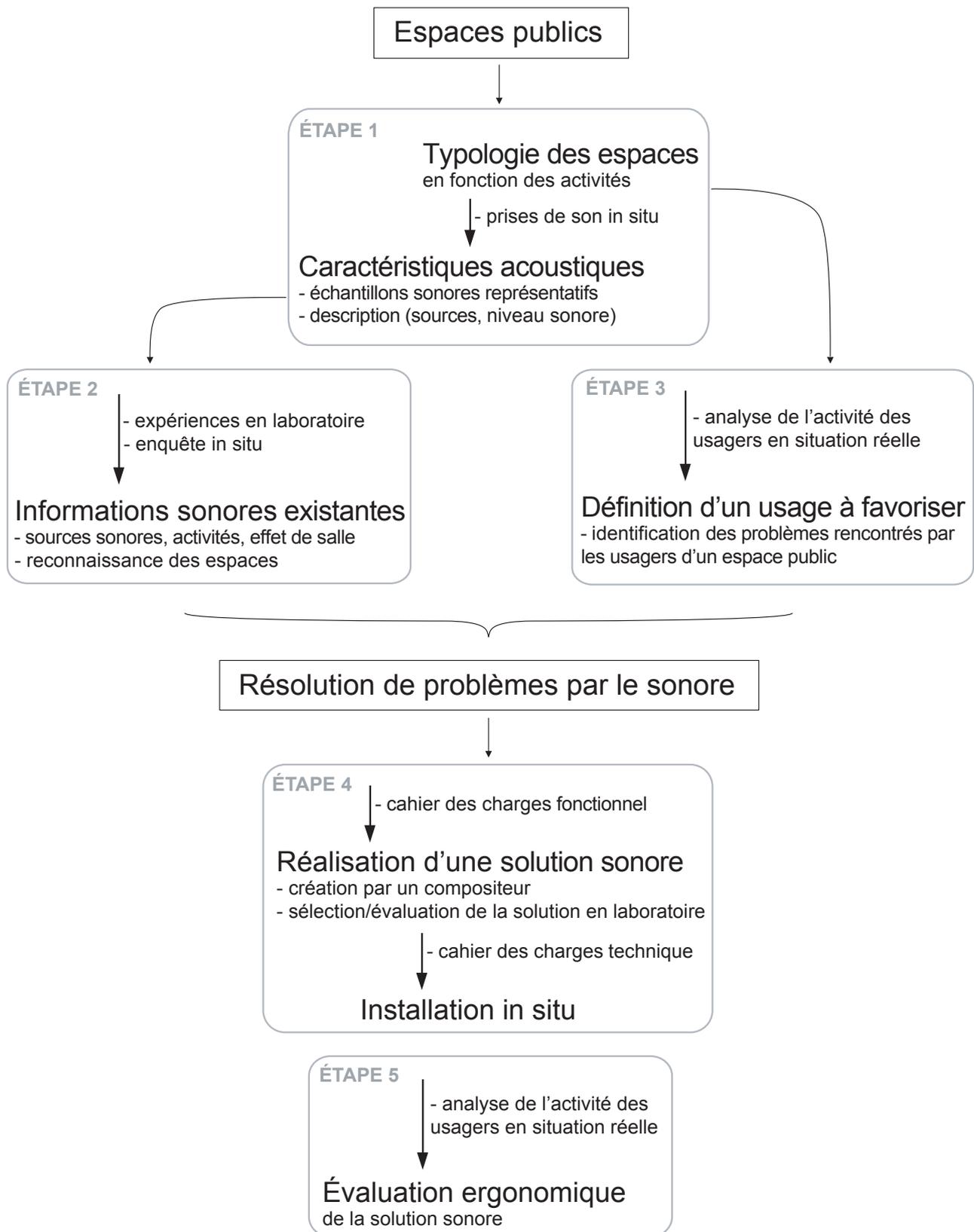


FIG. 4.1: Schéma de synthèse présentant les cinq étapes qui composent notre démarche méthodologique.

4.2 Étape 1 : Typologie et caractéristiques acoustiques des espaces

Cette première étape est une étape préliminaire, qui permet de préparer l'étape suivante. Il s'agit d'une caractérisation des espaces d'un point de vue de la typologie des usages et d'un point de vue acoustique. Elle permettra à terme d'obtenir un corpus d'échantillons sonores représentatifs des ambiances sonores pouvant exister dans les espaces étudiés.

4.2.1 Caractérisation typologique des espaces publics

On sait que les espaces publics sont un cadre de la vie quotidienne, et que les connaissances que l'on acquiert sur ces espaces proviennent essentiellement des situations vécues dans ces espaces. En d'autres termes, c'est à travers les différentes activités pratiquées dans un espace que l'on acquiert des connaissances à son sujet ; dans ce cas, on parlera davantage de connaissances implicites¹. Les activités pratiquées peuvent être de plusieurs types, c'est-à-dire qu'un espace public est conçu pour accueillir différents types d'activités ou différents types d'usage, plus ou moins nombreux. Il y a donc une typologie d'usages dans un espace public. Cette typologie peut être liée à une typologie architecturale, par exemple une salle d'attente ou un couloir sont deux types d'espaces où l'on trouve un certain type d'activité (respectivement activités d'attente comme lire, se reposer, discuter et activité de transit comme marcher, aller d'un point A à un point B) et qui ont aussi des traits architecturaux qui les distinguent (une salle d'attente est généralement confinée et de petite taille, un couloir est généralement long et étroit). Non pas que les activités soient figées dans ces espaces (il est toujours possible d'attendre dans un couloir ou de marcher dans une salle d'attente), mais c'est plutôt qu'ils ont été conçus pour privilégier certaines activités, et qu'ils sont utilisés par convention sociale. Établir la typologie d'un espace public (ex : une salle d'attente) en terme d'activité (attendre) permet de rendre compte des différentes situations vécues et acquises dans cet espace par les usagers.

4.2.2 Caractérisation des ambiances sonores

Une fois la typologie des espaces établie dans la partie précédente, il s'agit maintenant d'établir une caractérisation sonore des ambiances pouvant exister dans chaque espace ou zone de la typologie. Cette caractérisation va d'abord passer par la construction d'un corpus d'échantillons sonores représentatifs de cette typologie. Ensuite, une description acoustique du corpus d'échantillons permettra de décrire les ambiances sonores en termes de sources sonores, d'évolution du niveau sonore, etc.

¹Bien entendu il n'y a pas que par la pratique que l'on acquiert des connaissances sur un espace donné. Un individu a une représentation des caractéristiques d'un nouveau lieu sans l'avoir pratiqué pour autant. Il lui associe les propriétés de la catégorie à laquelle il appartient ; par exemple, que ce soit un aéroport, une gare, une station d'autocars, on s'attend à voir un bureau d'accueil, un tableau d'affichage, des guichets, etc. La représentation, «image», d'un lieu se construit aussi à partir des représentations qu'en offre la littérature mais surtout les supports audiovisuels ; le cinéma est un bon producteur de caricatures à partir desquelles nous nous construisons des représentations schématiques d'un lieu, d'un objet, d'un son, etc. Par ailleurs, les systèmes de signalisation permettent par convention la lisibilité d'un espace indépendamment de la connaissance de celui-ci.

Prises de son

Ainsi dans un premier temps, il va falloir effectuer des enregistrements dans les espaces qui illustrent de manière fidèle la typologie des espaces identifiée dans l'étape précédente. En terme de prise de son, cela impose d'établir un protocole précis qui devra définir les conditions d'enregistrement. Voici les deux points autour desquels le protocole va s'articuler :

1. Choix des espaces. La typologie étant par définition une réduction c'est-à-dire une généralisation des espaces existants, il faudra trouver des espaces représentatifs de cette typologie.
2. Choix des situations à enregistrer, en termes d'événements et de sources sonores présentes.

Ce protocole se traduira en pratique par une grille d'enregistrement qui servira sur place à vérifier que les préconisations du protocole sont bien respectées. Aussi, nous verrons que le choix de la technique de prise de son sera important afin de respecter le caractère enveloppant de l'ambiance sonore d'un espace clos.

Sélection et description

Une fois les prises de son effectuées dans les espaces, l'étape suivante consiste à sélectionner dans ces prises de son un ensemble d'échantillons représentatifs des ambiances sonores des espaces de la typologie. Pour être représentatif de la typologie, le nombre d'échantillons sélectionnés est contraint par le nombre d'espaces ou de zones qui la composent. Mais la sélection sera aussi contrainte par l'utilisation que l'on en fera dans l'étape suivante. En effet, les échantillons seront utilisés dans une phase expérimentale en laboratoire. Un compromis doit être trouvé entre la durée des séquences, leur nombre et la durée de l'expérience. Cependant, les séquences devront être suffisamment longues pour que les sujets puissent percevoir assez d'événements représentatifs de la scène écoutée. Cette question ne trouve pas forcément de réponse tranchée, mais nous verrons que dans le cas précis des gares, des échantillons de 15 secondes environ suffisent pour avoir une bonne idée de l'ambiance sonore en termes de sources sonores et de réverbération. C'est aussi cet ordre de grandeur qui avait été choisi dans des travaux précédents sur l'ambiance sonore urbaine [GKP⁺05, Gua03, Maf99].

Une fois que les échantillons ont été sélectionnés, la dernière étape consiste à décrire ces échantillons en terme de contenu sonore. La description acoustique va permettre de caractériser chaque échantillon sonore selon deux aspects :

1. Les sources sonores présentes. Cette partie est effectuée *manuellement* à partir de la grille d'enregistrement qui a servi pendant la séance d'enregistrement. C'est-à-dire que chaque échantillon est écouté plusieurs fois et à chaque fois qu'une source apparaît, elle est notée sur la grille. Ce codage permet d'obtenir un tableau qui indique pour chaque échantillon toutes les sources sonores présentes. Ce type de technique a notamment été utilisé par Schafer [Sch79] pour représenter les faits sonores d'une ambiance sonore rurale (voir exemple dans le chapitre 2, figure 2.2).
2. L'évolution du niveau sonore au cours du temps. Cet aspect est complémentaire du précédent, il permet de rendre compte du caractère *amorphe* ou *événementiel* [Maf99] de chaque échantillon. Cette caractérisation permet aussi, selon Schafer [Sch79] de différencier des ambiances sonores *Lo-Fi* (i.e. les faits sonores émergent

peu du bruit de fond) des ambiances sonores *Hi-Fi* (i.e. les faits sonores sont clairement détachés du bruit de fond). Le niveau sonore est calculé en dB à partir du signal sonore enregistré.

4.3 Étape 2 : Identification des informations sonores existantes

4.3.1 Problématique

Une fois que la typologie des espaces est connue et que les ambiances sonores associées à cette typologie ont été caractérisées et enregistrées pour former une sélection d'échantillons représentatifs, l'étape suivante consiste en une étude perceptive de cette sélection d'échantillons d'ambiances sonores.

Au cours de nos activités pratiques dans les espaces constituant un espace public, nous avons acquis des connaissances sur ces espaces et cela se traduit en outre par notre capacité à les identifier, i.e. la typologie des espaces a été apprise. Notre hypothèse est que pour un espace donné, des connaissances ont été acquises sur les sources sonores présentes, sur l'effet de salle qui diffère d'un autre espace, ainsi que sur les activités humaines que l'on s'attend à trouver dans cet espace. Le chapitre précédent a montré que ces connaissances interviennent lors de l'activité de percevoir sous la forme d'attentes, d'anticipations ou de planification d'actions. Il est donc important d'identifier ces connaissances pour les ambiances sonores des espaces considérés, et de savoir si ces connaissances sur les ambiances sonores sont cohérentes avec la typologie des espaces. Autrement dit, notre objectif est d'une part d'identifier dans quelle mesure les indices sonores traduisent la représentation d'un espace associé à une activité spécifique, et d'autre part d'examiner leur participation à la reconnaissance de cet espace.

Cette étude perceptive va se dérouler en deux temps :

1 - En laboratoire Une partie expérimentale en laboratoire basée sur deux expériences de catégorisation et de verbalisation.

2 - In situ Une partie in situ basée sur une enquête qui viendra évaluer la pertinence des résultats obtenus en laboratoire.

4.3.2 Expériences en laboratoire

Deux expériences seront menées, lors desquelles les sujets devront catégoriser les échantillons d'ambiances sonores obtenus précédemment.

Catégorisation libre

Dans une première expérience, les sujets devront catégoriser librement les échantillons et décrire les catégories qu'ils auront ainsi formées. La catégorisation libre consiste à effectuer des groupes (le nombre de groupes est libre) d'objets selon un ou plusieurs critères de similarité que l'on doit expliciter lors des verbalisations. Les verbalisations sont libres, les sujets doivent expliquer avec leurs propres mots sur quel(s) critère(s) ils ont jugé la similarité entre les objets de chaque groupe qu'ils ont formés. Selon les principes de catégorisation énoncés par Rosch [Ros78] (voir chapitre précédent), les catégories sont

formées autour d'un prototype, c'est-à-dire un objet plus représentatif de la catégorie que les autres. C'est pourquoi dans l'expérience de catégorisation libre, nous demanderons aussi aux sujets d'élire un prototype, s'il existe, dans chaque catégorie qu'ils ont formée.

Des analyses statistiques sur les données de cette première expérience permettent dans un premier temps de représenter les classes moyennes effectuées par l'ensemble des sujets. Ensuite, une analyse lexicale sur les verbalisations permet de représenter les termes employés pour décrire les classes moyennes (les détails statistiques sont présentés dans le chapitre consacré à cette partie).

Cette première expérience permet donc d'identifier d'une part comment sont organisées les connaissances des sujets à propos des ambiances sonores du corpus d'échantillons et d'autre part quels sont les indices sonores qui sous-tendent cette organisation. Cela permettra alors de répondre à la première partie de la problématique de cette étape de la méthodologie. Il reste à savoir si ces connaissances participent à la reconnaissance des espaces, c'est l'objet de la deuxième expérience.

Catégorisation orientée

L'objet de cette deuxième expérience est de vérifier si les connaissances acquises sur l'ambiance sonore des espaces, connaissances qui portent sur des indices sonores qui ont été identifiés dans l'expérience précédente, participent à l'identification des espaces. L'objectif de cette deuxième expérience est donc de voir si des sujets arrivent à reconnaître l'origine de chaque échantillon sonore du corpus, c'est-à-dire le type d'espace dans lequel chaque ambiance a été enregistrée. Il s'agit cette fois d'une expérience de catégorisation orientée, c'est-à-dire que les sujets doivent écouter les échantillons et les classer dans des catégories prédéterminées qui correspondent à la typologie des espaces.

Les données seront analysées en deux temps. D'abord le score de reconnaissance de chaque espace de la typologie sera calculé à partir des réponses de l'ensemble des sujets. Cela permettra dans un premier temps de voir dans quelle mesure les sujets ont reconnu les espaces juste en écoutant les ambiances sonores. Ensuite, une analyse statistique similaire à celle effectuée pour l'expérience précédente permettra d'identifier les classes moyennes effectuées par les sujets. S'il y a consensus sur les catégories des sujets, on devrait voir apparaître autant de classes qu'il y a d'espaces dans la typologie. Une comparaison de la composition des classes entre les deux expériences permettra ensuite d'en déduire les indices sonores qui sous-tendent la reconnaissance des espaces. Cela implique une hypothèse méthodologique assez forte puisque nous supposons que dans les deux expériences, ce sont les mêmes indices qui permettent d'effectuer les regroupements.

Ces deux expériences vont ainsi permettre de répondre à la première partie de la problématique énoncée en début de chapitre, c'est-à-dire l'identification des connaissances acquises sur les ambiances sonores des espaces, et leur rôle dans l'identification de la typologie des espaces. Ce type de méthodologie (comparaison des résultats d'une catégorisation libre puis orientée) a été utilisée dans une étude menée par Susini [SGDD03] afin d'identifier les propriétés acoustiques traduisant la typologie fonctionnelle d'un ensemble de signaux sonores pour une IHM.

Dans un deuxième temps, la robustesse des indices sonores obtenus en laboratoire sera testée en conditions réelles grâce à une campagne d'enquête sur le terrain.

4.3.3 Enquête in situ

Les étapes décrites précédemment vont permettre d'identifier les indices sonores que les auditeurs sont capables d'extraire d'une ambiance sonore et d'utiliser comme information sonore. Le problème est de savoir si ces indices obtenus en laboratoire sont pertinents en situation réelle. Pour cela, une enquête in situ sera élaborée et mise en place dans les espaces qui ont été le mieux reconnus dans l'expérience précédente. Par ailleurs, l'enquête in situ sera aussi l'occasion de tester des hypothèses qui auront été formulées sur la base des résultats obtenus en laboratoire ou sur d'autres études.

Objectifs

L'enquête aura deux objectifs :

1. Obtenir une description de l'ambiance sonore de chaque espace par des usagers en situation réelle. Pour cela l'enquêteur(-euse) se postera dans chaque espace, et proposera aux usagers de répondre à un questionnaire préétabli.
2. Vérifier des hypothèses prédéfinies pour chaque type d'espace. De la même manière, des questions seront posées aux usagers sur des points précis.

Questionnaire

Le questionnaire sera divisé en deux grandes parties. Une première partie sera commune à chaque type d'espace de la typologie et concernera les questions sur la description de l'ambiance sonore. La deuxième partie sera spécifique à chaque espace et concernera les hypothèses spécifiques. La méthodologie mise en place pour la construction des questionnaires est similaire à celle utilisée dans les travaux de Mzali [Mza00, MDLP01, Mza02] pour aborder le confort acoustique des passagers à bord d'un TGV.

Le choix des espaces où se dérouleront les enquêtes dépendra des résultats de l'expérience précédente. Les espaces choisis seront ceux dont les échantillons sonores obtiendront le meilleur score de reconnaissance par les sujets.

4.4 Étape 3 : Définition d'un usage à favoriser

4.4.1 Problématique

L'étape précédente va permettre de vérifier si, en plus des aspects généraux sur les espaces publics considérés, nos connaissances acquises concernent aussi les ambiances sonores des espaces, et si elles permettent de tirer des informations sur les sources présentes, sur les activités mais aussi sur le type d'espace.

Cette deuxième étape de la méthodologie va ainsi conforter l'idée que les usagers des espaces publics *utilisent* le son lors de leur passage dans ces espaces, et qu'il est tout à fait possible que de nouveaux indices sonores, ou de nouvelles informations véhiculées par le son soient reconnus, interprétés et utilisés. Mais quelle information faire passer par le son ? Cette question est abordée dans la troisième étape de la méthodologie. Autrement dit, avant de proposer d'introduire de nouvelles informations sonores pour améliorer l'activité d'un espace public, nous souhaitons définir la nature de l'usage que nous souhaitons améliorer. Pour cela nous avons choisi d'analyser l'activité de l'espace public considéré afin d'identifier les problèmes rencontrés par les usagers. Ce sont ces problèmes que nous souhaiterons résoudre par une solution sonore. L'intérêt d'une telle approche est qu'elle va

permettre avec la même méthode d'analyser l'activité pour comprendre comment l'améliorer, et d'évaluer l'apport de la solution que nous mettrons en place (étape 5 de la méthodologie).

4.4.2 Identification de problèmes

La méthode mise en place dans cette étape est basée sur les principes d'analyse de l'activité énoncés dans le chapitre précédent et développés entre autres dans les travaux de Theureau [The97, The95, The04]. Elle va consister à demander à des sujets volontaires d'effectuer une tâche précise dans un espace public afin de caractériser les problèmes rencontrés.

Pré-enquête

Il est nécessaire dans un premier temps d'effectuer une pré-enquête, c'est-à-dire de trouver un terrain d'expérimentation sur lequel la méthode sera mise en place. Ce repérage va servir à formuler des hypothèses sur les problèmes susceptibles d'apparaître dans l'espace public considéré afin de définir le protocole expérimental.

Protocole expérimental

Le protocole est très similaire à celui mis en place par Theureau dans la Gare du Nord [The97] (voir description dans le chapitre 3). Il comporte les points suivants :

- Un panel de voyageurs complices, qui ne connaissent pas l'espace étudié mais qui ont une bonne connaissance et une bonne pratique générale de ce type d'espaces. Un pré-entretien avec chaque sujet est nécessaire afin de bien expliquer la tâche qu'il devra effectuer et aussi les objectifs précis de l'étude. Il est important que le sujet agisse de la manière la plus naturelle possible lors de l'expérimentation, c'est pourquoi il faut prendre le temps d'expliquer au sujet que ce n'est pas lui qui est évalué mais l'espace public à travers la tâche qu'il va effectuer.
- Un objectif précis est donné à chaque sujet en début d'expérience. Cet objectif est défini sur la base des repérages effectués précédemment et effectué par chacun des sujets individuellement.
- Enregistrement vidéo du trajet effectué par chaque sujet. Comme il a été montré au chapitre précédent, et comme Theureau le rappelle [The97], la caméra vidéo est l'outil idéal pour capturer les détails de l'activité d'un acteur en situation réelle. Il sera important de bien choisir l'angle de vue pour, d'une part ne pas gêner le cours de l'activité, et d'autre part capturer le maximum d'informations sur ce que le sujet fait, voit, entend.
- Entretien consécutif avec chaque sujet. Cet entretien est mené en auto-confrontation c'est-à-dire que le sujet doit décrire son trajet en s'aidant de la vidéo. Cette méthode a aussi été utilisée par Theureau [The97]. Pour aider le sujet à décrire verbalement son activité, l'expérimentateur pourra utiliser les techniques de l'entretien d'explicitation développées par [Ver00] et décrites dans le chapitre précédent. Chaque entretien est enregistré et retranscrit pour alimenter la phase d'analyse des résultats.

Contrairement aux trois objectifs utilisés dans l'étude de Theureau [The97], un seul et même objectif sera donné à tous les sujets. De plus, il n'y aura pas de verbalisation pendant le trajet. Les données recueillies pendant la phase expérimentale sont les vidéos des trajets, et les entretiens enregistrés et retranscrits.

Analyse des résultats

Chaque entretien sera transcrit et chaque vidéo sera analysée afin, dans un premier temps, de déterminer les détails de chaque action qui a été entreprise pendant le trajet. Bien entendu nous nous limiterons à des actions visibles comme *prendre une direction, regarder un panneau, prendre un escalier mécanique, demander son chemin*, par exemple. Cette première analyse permettra un premier niveau de comparaison entre chaque sujet.

Ensuite, chaque entretien sera analysé dans le but d'identifier quels ont été, du point de vue du sujet, les problèmes rencontrés, quelle a été la stratégie mise en place (si celle-ci a été explicitée par le sujet), et enfin quel a été l'avis général du sujet sur la tâche à effectuer.

4.5 Étape 4 : Réalisation d'une solution sonore

4.5.1 Problématique

L'étape 3 va permettre d'identifier clairement les problèmes rencontrés par des sujets dans un espace public. La 4e étape de notre démarche méthodologique a pour objectif la réalisation d'une solution sonore aux problèmes identifiés dans l'étape 3. Cette 4e étape se déroule en 3 temps. D'abord nous écrivons un premier cahier des charges *fonctionnel* qui doit spécifier la création de la solution sonore. Ensuite, la solution sonore est réalisée sur la base des éléments du cahier des charges. En fonction des solutions proposées, nous écrivons enfin un deuxième cahier des charges, *technique*, qui spécifiera l'installation technique sur le terrain.

4.5.2 Cahier des charges fonctionnel

L'étape 3 aura permis d'identifier les problèmes rencontrés par les usagers dans un espace public choisi préalablement. Cette définition des problèmes sera la base de notre cahier des charges *fonctionnel* pour une solution sonore. Nous écrivons ce cahier des charges destiné à la personne qui devra créer la solution sonore. Il est composé de trois parties. Dans la première partie, le cahier des charges spécifie les caractéristiques architecturales du lieu (plan, distances, photos). Ensuite, la deuxième partie spécifie les caractéristiques acoustiques des espaces où sera mise en place la solution sonore, qui pourront avoir une influence sur le rendu de la solution sonore une fois installée. Cette caractérisation acoustique comportera les points suivants :

- Contenu spectral du bruit de fond dans les espaces considérés, pour tenir compte des éventuels phénomènes de masquages fréquentiels pouvant exister si le contenu sonore de la solution créée ne se détache pas suffisamment du bruit de fond.
- Évolution du niveau sonore. De la même manière, cette caractéristique permettra de dimensionner le mode de diffusion de la solution pour qu'elle émerge suffisamment.
- Réponse impulsionnelle, qui caractérise la façon dont l'espace va modifier la diffusion de la solution sonore en termes de filtrage fréquentiel et de réverbération. Des réponses impulsionnelles mesurées ou simulées seront fournies à la personne en charge de la création pour qu'elle puisse écouter les sons en tenant compte de ces phénomènes grâce à une technique d'auralisation².

²Cette technique, qui consiste à effectuer une convolution entre le son *sec*, c'est-à-dire anéchoïque, et la réponse impulsionnelle d'une salle, permet d'écouter le son comme s'il était diffusé dans la salle. Pour plus de détails, voir notamment l'article de Poisson [PLHM01].

- Enregistrements sonores des ambiances, pour une caractérisation sonore des ambiances en termes de sources sonores présentes dans les espaces.
- Réponse fréquentielle du système de diffusion, pour tenir compte du filtrage apporté par le système de diffusion (haut-parleur par exemple) aux sons diffusés³

Enfin, la dernière partie spécifie les *fonctions* que devra remplir la solution sonore. Nous définirons ces fonctions sur la base des résultats obtenus lors des expériences de l'étape précédente.

4.5.3 Création et sélection d'une solution sonore

Le cahier des charges fonctionnel que nous aurons écrit sera soumis à un compositeur en charge de la création sonore. En fonction des éléments du cahier des charges, le compositeur sera libre de choisir les outils de création sonore, ainsi que les méthodes employées pour véhiculer les fonctions souhaitées. Dans le cas où plusieurs propositions seront fournies par le compositeur, nous devons sélectionner parmi ces propositions la solution mise en place sur le terrain. Un test d'écoute en laboratoire sera mené auprès d'un panel d'auditeurs. Le test consistera en une évaluation subjective de l'adéquation entre les différentes propositions du compositeur et les fonctions qu'elles sont censées véhiculer. C'est-à-dire que les sujets du test devront choisir, parmi les solutions proposées, celle qui remplit le mieux, selon leur propre critère, la fonction décrite.

4.5.4 Installation technique

La réalisation du compositeur sera finalement traduite en terme de cahier des charges *technique*. Nous écrirons ce deuxième cahier destiné à la personne qui devra prendre en charge la mise en place technique de la solution sonore choisie dans l'espace public. En fonction des caractéristiques de la solution sonore, ce cahier des charges pourra spécifier le mode de diffusion, le type de haut-parleur, leur nombre, leur emplacement, ainsi que le mode de déclenchement.

4.6 Étape 5 : Évaluation ergonomique de la solution sonore

4.6.1 Problématique

Une fois la 4e étape réalisée, nous aurons installé sur le terrain la solution sonore proposée par le compositeur, et choisie par un panel d'auditeurs en laboratoire comme étant celle qui répond le mieux au cahier des charges fonctionnel. Mais cela ne nous dit pas si la solution sonore permet de résoudre les problèmes qui ont été identifiés dans l'étape 3. La 5e et dernière étape de notre démarche méthodologie traite cette nouvelle question, et consiste à évaluer la solution sonore en situation réelle. Autrement dit, nous souhaitons savoir si les usagers comprennent les différentes fonctions de la solution sonore mise en place et si cela permet d'améliorer le déroulement de leur activité dans les espaces considérés.

³Cette précision peut paraître triviale mais malheureusement la mauvaise qualité du système de diffusion peut parfois transformer complètement le contenu sonore des sons diffusés, et modifier ainsi la façon dont ils seront compris et interprétés par les usagers.

4.6.2 Évaluation ergonomique

Pour répondre à cette question, nous allons mettre en place la même méthode que celle utilisée dans l'étape 3, mais avec de nouveaux sujets. L'intérêt d'utiliser la même méthode est de pouvoir comparer les résultats sur un même plan. De plus, comme le signale Theureau [The97], cette méthode est efficace et permet de mettre en évidence les défauts d'un dispositif de signalisation.

Le protocole expérimental comportera les mêmes éléments que dans l'étape 3. Cependant, des modifications pourront être apportées à certains éléments. Par exemple, lors de l'entretien d'auto-confrontation, nous amènerons cette fois les sujets à expliciter le rôle joué par la solution sonore pendant leur activité. Ensuite, la solution sonore que nous installerons constituera une nouvelle information sonore pour les usagers. En particulier, elle sera nouvelle par rapport aux informations sonores que les usagers ont appris à utiliser par leur pratique de ces espaces, et que nous aurons identifiées dans l'étape 2 de notre méthodologie. Il pourra alors être spécifié aux sujets, lors de la consigne de cette nouvelle expérience, d'être particulièrement attentifs au son.

L'analyse des résultats sera effectuée de la même manière que dans l'étape 3, le rôle de la solution sonore sera mis en évidence grâce à l'analyse des entretiens.

4.7 Conclusion

Ce chapitre a présenté les 5 étapes (figure 4.1) qui composent la démarche méthodologique que nous proposons dans cette thèse. Les trois premières étapes constituent de manière générale une *analyse des espaces publics*. Cette analyse est développée selon trois aspects :

- Typologie des espaces et caractérisation des ambiances sonores (étape 1).
- Mise en évidence des informations contenues dans les ambiances sonores (étape 2).
- Identification des problèmes rencontrés par les usagers (étape 3).

Ensuite, les deux dernières étapes ont pour objectif général d'*améliorer l'activité par le sonore* dans ces espaces publics, sur la base des résultats obtenus dans les étapes précédentes. L'étape 4 a pour objectif de réaliser une solution sonore aux problèmes identifiés. En pratique, la création sonore sera réalisée par un compositeur, à qui sera fourni un cahier des charges fonctionnel que nous aurons écrit. En fonction de la solution réalisée et sélectionnée, l'étape 5 permettra d'évaluer cette solution sonore en situation réelle.

Les cinq chapitres suivants vont maintenant présenter l'application de cette méthodologie dans le cas des espaces de gares.

Troisième partie

Application au cas des gares

Chapitre 5

Typologie des gares et caractéristiques acoustiques des ambiances sonores

5.1 Introduction

Nous avons vu dans le chapitre précédent que la première étape de notre méthodologie consistera à identifier les informations sonores contenues dans l'ambiance sonore d'une gare, ainsi qu'à voir si ces informations contribuent à une représentation des espaces dans la mémoire des auditeurs. Avant de mettre en place les différentes expériences nécessaires à l'analyse de l'existant, nous avons constitué un corpus d'échantillons d'ambiances sonores de gare. Il n'existait pas à notre connaissance de tel corpus qui soit représentatif des différents espaces qui composent une gare. Nous avons donc effectué les enregistrements nous-même. Il a donc fallu étudier la typologie des gares et des espaces afin de choisir les sites à enregistrer, et trouver une technique de prise de son qui respecte au mieux les caractéristiques des ambiances sonores à enregistrer. Ce sont ces questions que ce nouveau chapitre va aborder maintenant.

5.2 Typologie des gares et des espaces

5.2.1 Les gares

Parmi toutes les gares de France, 165 sont gérées par la Direction des Gares de la SNCF, 3 sont en construction (pour la nouvelle ligne TGV Est) et 21 sont en projet de rénovation¹. Effectuer une typologie des gares est a priori une tâche assez complexe et fastidieuse. Nous avons tout de même cherché à identifier des critères typologiques qui nous semblaient pertinents pour notre étude, c'est-à-dire ceux qui ont une influence sur l'acoustique de la gare et son ambiance sonore. Différents entretiens avec l'acousticien P. Holstein de AREP² ont permis d'identifier les 3 principaux critères ayant une influence sur l'acoustique de la gare. Le Tableau 5.1 présente ces critères : le type (passante ou terminus), l'ancienneté et l'importance du trafic dans la gare.

¹Informations recueillies sur le site internet de la Direction des Gares SNCF, ainsi que dans la lettre d'information interne *la Tribune des Gares*

²Aménagement Recherche Pôle d'échanges, bureau d'études responsable de l'aménagement des gares à la SNCF.

Critère	Influence sur l'ambiance sonore
Type passante ou terminus	Une gare terminus comporte un quai transversal (ou plateforme transversale) sur lequel les motrices des trains viennent buter, mais qui est aussi une zone où les voyageurs patientent ou font des achats. Une gare passante peut comporter dans certains cas des voies où des trains passent sans s'arrêter.
Ancienneté	Les gares très anciennes sont classées monuments historiques, peu de traitement acoustique est possible contrairement aux gares plus récentes.
Trafic	Le nombre de voyageurs sur une année (mais aussi le nombre d'interconnexions avec d'autres transports et le type de train qu'elle accueille) détermine le taux d'activité de la gare.

TAB. 5.1: Critères typologiques pour la description des gares, influence sur l'ambiance sonore d'une gare.

5.2.2 Les espaces

La typologie des espaces d'une gare a été déterminée grâce à une étude précédente effectuée par Holstein et al. [HP02] ainsi qu'à des informations recueillies lors d'entretiens avec différents spécialistes³. L'objectif de cette typologie est de répertorier les différents types d'espaces qui peuvent exister dans une gare du point de vue de l'usager. C'est-à-dire que la définition d'un type d'espace doit tenir compte des différents types d'activités qui peuvent s'y dérouler : attente, transit, achat de billets, autres achats. Comme on peut le voir sur la liste suivante, cette typologie est mixte car elle mélange des critères architecturaux et des critères fonctionnels. Certains espaces, comme les quais et les halls correspondent à un type d'espaces architectural, on peut leur associer une série de caractéristiques architecturales qui leur sont propres. Par contre les espaces de transit, ou les espaces de ventes, sont de type fonctionnel, c'est-à-dire qu'ils sont définis par l'activité qui s'y déroule. Cela montre que cette typologie n'est pas figée, qu'on peut l'aborder sous l'angle architectural ou l'angle fonctionnel. Par exemple, un hall peut aussi être un lieu où les gens attendent, de même que le quai d'une gare passante.

Les quais Aussi bien les quais sous dalle (ex : Montparnasse, Rennes, etc.), sous marquise (ex : Paris St Lazare, Bordeaux St Jean), extérieurs (ex : Le Creusot TGV), ou sous abris (ex : Paris Gare de l'Est).

Les halls Halls départs et arrivées, ainsi que les quais transversaux des gares terminus.

Les espaces de transit Les couloirs, souterrains sous les quais, escalators, escaliers.

Les salles d'attente Les salles d'attente fermées, les espaces d'attente ouverts, les salons grands voyageurs (SGV).

Les espaces de vente Les guichets SNCF, ou Bureaux Informations Réservations (BIR).

Les commerces. Les galeries marchandes, les cafés, les magasins de journaux, etc.

³N. Bonvalet, A.I. Bédé, et P. Holstein de AREP.

5.2.3 Choix des sites

Le choix des sites à enregistrer a été guidé avant tout par la volonté d'avoir une bonne représentativité des différents types d'espaces qui peuvent exister et que nous avons répertoriés dans la typologie. Il n'était donc pas nécessaire d'être représentatif des différents types de gares. Mais il fallait aussi avoir une sélection qui soit représentative des situations réelles de fonctionnement d'une gare. Il a donc fallu s'assurer que les gares choisies n'étaient pas en période de travaux, ou bien qu'aucune manifestation exceptionnelle n'était prévue (exposition, tournage de films, grèves, etc.). Nous avons ainsi choisi six gares pour effectuer nos enregistrements (voir Tableau 5.2).

Gare	Type	Ancienneté	Remarques	Trafic
Avignon TGV	P	Nouvelle	Passages de TGV sans arrêt	2 082 790
Bordeaux St Jean	P	Ancienne	Grande marquise	7 418 708
Lille Flandres	T	Ancienne	Hall ouvert sur les quais	2 985 892
Nantes	P	Rénovée	2 halls très différents	6 617 724
Paris Est	T	Ancienne	Sonorisation inefficace	8 045 168
Rennes	P	Rénovée	Quai sous dalle	5 404 374

TAB. 5.2: Gares sélectionnées pour la constitution de la base de données d'échantillons sonores.

5.3 Construction d'un corpus d'échantillons sonores

5.3.1 Les prises de son

Choix d'une technique d'enregistrement

Il existe de nombreuses techniques de prise de son plus ou moins adaptées à ce que l'on souhaite enregistrer. Généralement, ce qu'on attend d'un système de prise de son est qu'il dénature le moins possible le signal à enregistrer. Dans notre cas, nous voulons effectuer des prises de son d'ambiances dans des espaces variés sur le plan acoustique : salle d'attente, couloirs, quais extérieurs, grands halls, etc. Nous avons vu dans le Chapitre 2 que l'ambiance sonore d'un espace était caractérisée notamment par l'impression d'espace [BM81, Bla97, SGSN66]. C'est-à-dire que lorsqu'on est plongé dans une ambiance sonore, des sons (ou les réflexions subies par les sons) peuvent nous parvenir de toutes les directions : aussi bien en azimut qu'en élévation. Il est donc nécessaire d'effectuer une prise de son qui conserve cet aspect immersif de l'ambiance sonore, ce qui réduit le choix des techniques puisqu'il n'existe que trois types de prises de son spatialisées (3D) : la prise de son binaurale, la prise de son *ambisonic* et la stéréophonie «étendue» (i.e. sur plus de deux canaux).

La prise de son binaurale utilise deux microphones placés dans les oreilles du preneur de son ou dans les oreilles d'un mannequin. L'écoute peut se faire au casque ou sur deux enceintes (transaural) et est basée sur le principe des Head Related Transfer Functions (HRTF).

L'*ambisonic* est basé sur la description du champ sonore en harmoniques sphériques : plus l'ordre des harmoniques est élevé, plus la description sera précise [Dan00]. À ce jour, la prise de son associée à cette technique ne permet d'obtenir que les 4 premières

harmoniques (ordre 1 ou Bformat) : W, X, Y et Z (voir figure 5.1). Des travaux récents [DNM03, ME02, MDB06] ont montré qu'il était possible de mettre au point des microphones ambisonic à des ordres plus élevés, mais aucun modèle n'est encore commercialisé. Le Bformat peut ensuite être décodé⁴ et restitué sur une configuration à plusieurs haut-parleurs, en binaural, ou bien en transaural [Ger85, Dan00].

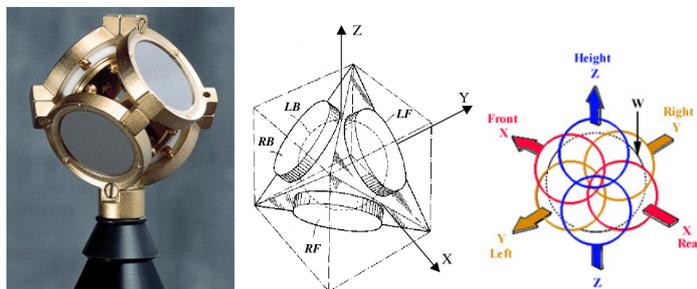


FIG. 5.1: Microphone ambisonic et Bformat. À gauche et au milieu, les quatre capsules d'un microphone ambisonic. À droite, les quatre canaux du Bformat obtenus par combinaison linéaire des 4 signaux provenant du microphone ($w = lf + rb + rf + lb$, $x = lf - rb + rf - lb$, $y = lf - rb - rf + lb$, $z = lf + rb - rf - lb$).

Notre choix s'est porté sur la technique de prise de son ambisonic d'abord parce qu'elle ne fige pas le système de restitution. Ensuite, des précédents travaux [Gua03, GKP⁺05] ont prouvé expérimentalement que la prise de son ambisonic permettait une meilleure immersion que les autres techniques de prise de son. Enfin, plusieurs raisons pratiques nous ont aussi poussé à choisir cette technique : un encombrement moins important que le mannequin acoustique et la mise à disposition par la SNCF d'un microphone ambisonic.

Le matériel utilisé lors des enregistrements a donc été le suivant (illustration figure 5.2) :

- Un microphone Bformat Soundfield ST250 avec le boîtier de traitement (Stereo Unit Control).
- Un magnétophone DAT Sony PC204Ax : enregistrement numérique sur cassette des 4 voies du Bformat (W, X, Y et Z).
- Deux préamplis Beyerdynamic MV100.
- Un sonomètre Brüel&Kjaer type 2232.
- Un pied de micro.

Déroulement des enregistrements

Dans chaque gare, nous avons enregistré chaque espace de la typologie, y compris lorsqu'il y avait plusieurs fois le même type d'espace dans une même gare. Chaque prise est numérotée sur une feuille de bord qui comporte (en plus de la date, l'heure et le lieu) une liste de sources sonores à cocher lorsqu'elles apparaissent pendant la prise (voir Annexe A.1). Cette liste a été déterminée afin de ne pas oublier de sources sonores lors des différentes prises de son. Une photo était prise à chaque point d'enregistrement. Une séance d'enregistrement ne durait pas plus d'une journée, le temps d'obtenir suffisamment d'échantillons pour pouvoir ensuite faire une sélection.

Chaque espace a été enregistré plusieurs fois afin d'obtenir suffisamment d'extraits donnant une bonne représentation de l'ambiance sonore de chaque espace pour chaque gare

⁴Plusieurs logiciels de décodage sont disponibles sur internet (par exemple, www.gerzonic.net, www.muse.demon.co.uk, www.soundfield.com, www.dmalham.freeserve.co.uk), certains sont gratuits.



FIG. 5.2: Matériel utilisé pour les prises de son dans les gares. Photo de gauche : DAT, boîtier de traitement, les deux préamplis et le microphone Bformat. Photos de droite : tout le matériel rangé dans une valise.

visitée. C'est-à-dire que nous avons enregistré des situations pendant lesquelles l'activité était représentative de l'espace, en évitant les situations exceptionnelles : la présence de travaux très bruyants, espaces complètement vides ou surpeuplés. Chaque prise n'excédant pas 5 minutes, nous avons enregistré en moyenne 20 prises par gare, soit un total de 1h d'enregistrement environ par gare.

5.3.2 Dépouillements et sélections des échantillons

Nous avons donc à notre disposition 6 heures d'enregistrements d'ambiances sonores dans les différents types d'espaces des 6 gares visitées. Dans un premier temps, le contenu des cassettes est transféré depuis le magnétophone jusqu'à l'ordinateur via le logiciel PCscanII et l'interface PCIF de Sony. Les fichiers sont ensuite sauves au format *.wav*, en 4 canaux. Ces fichiers sont enfin importés dans un logiciel d'édition du son multipiste afin de pouvoir les écouter⁵ et effectuer des sélections dans les enregistrements.

Une première sélection a été effectuée pour donner un corpus de 210 échantillons (voir tableau A.1 en Annexe A.2). La durée des échantillons a été fixée à 15 secondes, durée suffisante pour qu'un auditeur ait le temps de décrire l'ambiance sonore. Ensuite, plusieurs écoutes de ce corpus par 4 personnes ont permis de réduire le nombre d'échantillons à 66. Le tableau 5.3 synthétise le contenu de ce corpus, en indiquant le nombre d'échantillons par gare, par type d'espace et le codage choisi pour les noms des fichiers son. On peut remarquer déjà la sous représentativité des échantillons provenant de zones commerciales avec seulement 5 échantillons. Cela est dû au fait que ce type d'espace n'était présent que dans 4 des 6 gares choisies (Avignon, Nantes, Paris Est et Rennes).

Ce corpus, représentatif des ambiances sonores pouvant exister dans les différents types d'espaces des gares sélectionnées, sera utilisé par la suite pour effectuer des tests d'écoute avec des auditeurs (voir Chapitre suivant). Les échantillons sonores sont conservés au format *.wav* à 4 canaux pour pouvoir ensuite les décoder sur le système choisi pour les expériences.

⁵L'écoute s'effectue au casque, les 4 voies du Bformat étant décodées en binaural via un *plugin* VST fourni par la société GENESIS.

Préfixe	Gare	Total
av	Avignon TGV	10
bx	Bordeaux St Jean	10
li	Lille Flandres	10
na	Nantes	14
pe	Paris Est	10
re	Rennes	12
	Total	66

Suffixe	Type d'espace	Total
q	Quais	10
ha, hd, hs, hn, pft	Halls	16
tr, sor	Couloirs	12
sa, me, sgv	Salles d'attente	13
ev, edv, bir	Guichets	10
zc, hdzc	Commerces	5
	Total	66

TAB. 5.3: Préfixes et suffixes des 66 échantillons sonores utilisés lors des expériences en laboratoire. La colonne «Préfixe» correspond au nom de la gare et la colonne «Suffixe» au type d'espace dans lequel l'enregistrement a été effectué.

5.4 Caractéristiques acoustiques du corpus sonore

5.4.1 Sources sonores

Les sources sonores présentes dans les 66 échantillons du corpus ont été répertoriées dans le Tableau 5.4. Ces sources sonores sont les suivantes :

- Les composteurs, que l'on trouve essentiellement dans les échantillons provenant de halls.
- Les palettes du TGD (Tableau Général des Départs) : on les trouve essentiellement dans les halls.
- Les trains : les bruits des trains sont essentiellement présents près des quais, mais aussi dans d'autres espaces qui se trouvaient être proches des quais (salles d'attentes na_sa03, re_sa03, espace de transit na_tr03, et hall re_ha03).
- Les annonces : on trouve cette source au moins une fois dans chaque type d'espace.
- Le sifflet du chef de quai : essentiellement dans les espaces proches des quais, cette source apparaît 3 fois.
- La sonnerie des départs : elle est émise en début de quai des gares terminus, pour indiquer le départ imminent d'un train, elle n'apparaît que dans un seul échantillon (li_pft04).
- Les portes : cette source sonore apparaît dans 6 échantillons sonores.
- Les valises à roulettes : cette source apparaît dans les espaces où des voyageurs sont en transit (quais, couloirs, halls).
- La monnaie : sons émis par les pièces de monnaies dans les zones commerciales (av_hdzc) ou bien les guichets (av_ev01).
- Les bruits du bar : bruits des assiettes, des tasses, des cuillers, etc.

- Les appareils de bureautique : il s’agit des imprimantes à billets, des tampons, etc. que l’on trouve essentiellement dans les espaces de ventes SNCF.
- Les guichets automatiques : machines automatiques pour vendre des billets.
- La musique : diffusée par la sonorisation de la gare, on peut la trouver dans tous les types d’espaces.
- Les journaux : sons émis par la manipulation d’un journal, essentiellement dans les espaces où les voyageurs attendent.
- Les escalators : escaliers mécaniques, surtout dans les espaces de transit.
- La climatisation : essentiellement dans les espaces fermés (vente ou salle d’attente).
- Les voix : conversations entre des usagers, seulement 10 échantillons sonores ne comportent pas de voix humaines.
- Les bruits de la ville : n’apparaissent qu’une fois, lorsque l’espace est proche de l’extérieur de la gare (na_zc01).
- Les pas : source sonore présente dans beaucoup d’échantillons, essentiellement dans les espaces où les voyageurs transitent.
- Le bruit de fond : la présence de cette source est déterminée lorsqu’à l’écoute de l’échantillon, une impression de bruit de fond se fait ressentir. Il n’est pas toujours facile d’en déterminer l’origine : brouhaha des usagers, soufflerie, bruit continu des trains, etc.

De manière plus générale, le Tableau 5.4 fait apparaître des grandes tendances comme la présence de bruit de fond dans tous les échantillons sonores venant des halls et des commerces, ou la présence de musique dans quasiment tous les échantillons venant de commerces, ou encore la présence de voix dans la quasi totalité des échantillons sonores.

5.4.2 Évolution du niveau sonore

Une autre caractéristique des échantillons du corpus est l’évolution temporelle du niveau sonore sur toute sa durée. La figure 5.3 présente cette évolution pour chaque échantillon. Cette évolution est calculée à partir du signal numérique $x(i)$ de la manière suivante :

$$L_k(dB) = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{P} \sum_{i=1+(k-1)*P}^{i=k*P} x(i)^2\right)$$

où $P = 6000$ échantillons soit 125 ms pour une fréquence d’échantillonnage de 48000 Hz.

Chaque sous-figure représente le temps en abscisse (en secondes) et le niveau du signal (en dB) en ordonnée. Ces évolutions permettent de caractériser l’évolution temporelle du niveau du signal afin de voir s’il s’agit d’ambiances plutôt stationnaires, ou événementielles.

		Sources sonores																				
		compositeurs	TGD	bruit des trains	annonces	sifflet	sonnerie départs	porte	valises à roulettes	monnaie	bruits du bar	bureautique	guichet automatique	musique	journal	escalators	climatisation	voix	bruits de la ville	pas	bruit de fond	
Sons																						
Quais	av_q02		X	X	X								X				X					
	bx_q02		X	X	X								X				X					
	bx_q14		X	X	X																X	
	li_q06		X	X	X																X	
	li_q07		X																		X	
	na_q01		X					X									X					
	na_q02		X	X													X					
	pe_q03		X														X			X		
	re_q05							X									X			X		
re_q08		X														X						
Halls	av_ha03				X								X			X					X	
	av_hd02						X					X				X					X	
	bx_ha04	X	X							X						X					X	
	bx_ha06									X						X				X	X	
	li_ha03				X															X	X	
	li_pft04				X	X														X	X	
	na_hn01															X				X	X	
	na_hn05	X	X									X				X				X	X	
	na_hs01											X				X				X	X	
	na_hs05		X	X												X				X	X	
	pe_ha01		X	X												X				X	X	
	pe_ha05															X				X	X	
	pe_hd01	X		X												X				X	X	
	pe_pft01			X						X			X							X	X	
	re_ha03	X		X												X				X	X	
re_ha06			X												X				X	X		
Couloirs	av_tr01						X						X			X			X	X		
	av_tr06			X	X								X			X			X	X		
	bx_tr01						X								X				X	X		
	bx_tr02														X				X	X		
	li_tr02											X			X				X	X		
	li_tr03														X				X	X		
	na_tr03			X												X			X	X		
	na_tr04			X												X			X	X		
	pe_tr02	X						X					X			X			X	X		
	pe_tr03							X								X			X	X		
re_sor02			X												X			X	X			
re_tr03															X			X	X			
Salles d'attente	av_me02						X									X			X	X		
	av_me03															X			X	X		
	bx_sa01												X			X			X	X		
	bx_sa05			X			X						X			X			X	X		
	li_sa01											X			X	X			X	X		
	li_sa03			X								X	X		X	X			X	X		
	na_sa01															X			X	X		
	na_sa03			X												X			X	X		
	na_sgv															X			X	X		
	pe_sa01			X				X								X			X	X		X
	pe_sa03							X								X			X	X		
re_sa02			X												X			X	X			
re_sa03		X											X					X	X			
Guichets	av_ev01									X						X	X		X	X		
	av_ev02								X							X	X		X	X		
	bx_bir01							X								X	X		X	X		
	bx_bir04									X						X	X		X	X		
	li_edv03											X				X	X		X	X		
	li_edv04										X		X			X	X		X	X		
	na_edv02									X						X	X		X	X		
	na_edv05							X								X	X		X	X		
	re_bir01						X			X						X	X		X	X		
re_bir02															X	X		X	X			
Commerces	av_hdzc	X						X	X		X					X			X	X		
	na_zc01								X							X			X	X		
	pe_zc03															X			X	X		
	re_zc01															X			X	X		
	re_zc02			X												X			X	X		

TAB. 5.4: Liste des échantillons sonores décrits selon les sources qu'il contiennent. Une croix indique la présence de la source sonore dans l'échantillon sonore.

5.4. Caractéristiques acoustiques du corpus sonore

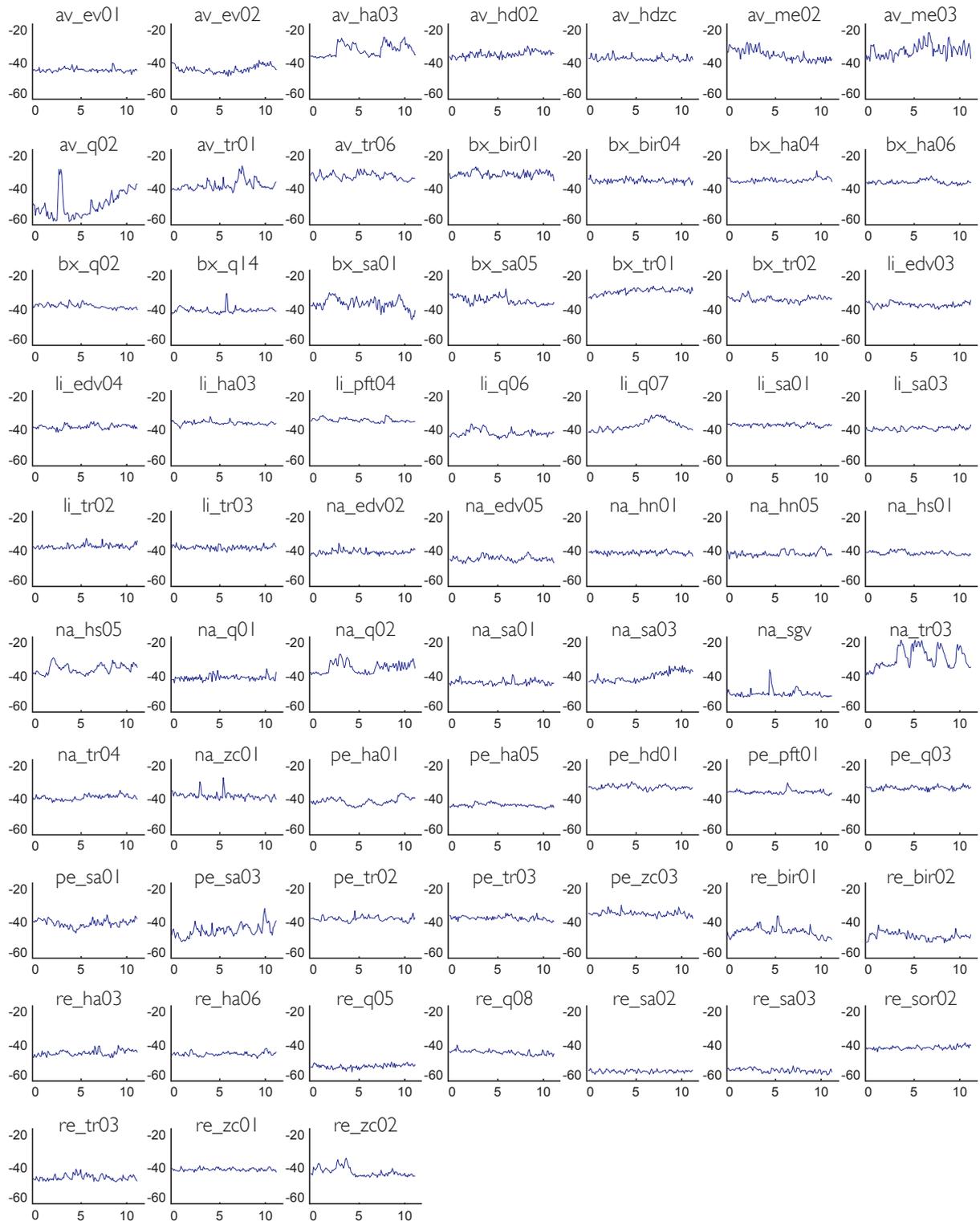


FIG. 5.3: Évolution du niveau sonore (dB) des 66 échantillons sonores sélectionnés. Chaque figure correspond à un échantillon sonore de la sélection (ordre alphabétique). En abscisse est représenté le temps en secondes, et en ordonnée est représenté le niveau en dB.

5.5 Conclusion

Ce chapitre a présenté une étape préliminaire dans la méthodologie que nous allons mettre en place dans le cas des gares. Cette étape a permis dans un premier temps de décrire la typologie des espaces qui composent une gare. Cette typologie est réduite à 6 types d'espaces : Quais, Halls, Couloir/Escaliers, Salles d'attente, Guichet/Espaces de vente, Commerces. Cette typologie correspond aux différents types d'espaces du point de vue des usagers, c'est-à-dire des voyageurs. Ces espaces sont utilisés par les voyageurs lors de leur passage dans une gare, et font ainsi l'objet des connaissances acquises sur les gares de manière générale. Le chapitre suivant présentera les résultats d'expériences qui montrent que ces connaissances concernent aussi les éléments de l'ambiance sonore.

Dans un deuxième temps, un corpus d'échantillons d'ambiance sonore des espaces de gare a été construit. Ce corpus est représentatif des ambiances sonores pouvant exister dans les espaces de la typologie décrite précédemment. L'accent a été mis sur la qualité de la prise de son pour respecter le plus possible l'aspect immersif d'une ambiance sonore, ainsi que sur les situations et les lieux qui ont été enregistrés. Les espaces choisis pour les enregistrements sont représentatifs de la typologie des espaces, ainsi que des différents types d'espaces à l'intérieur de la typologie. Les situations enregistrées sont aussi représentatives des situations de fonctionnement normal de la gare. Ces précautions ont permis d'obtenir un corpus de 66 échantillons sonores représentatifs des ambiances sonores des 6 types d'espaces.

Ce corpus sera utilisé dans le chapitre suivant afin d'effectuer des expériences sur la perception de l'ambiance sonore des espaces. Les sujets devront catégoriser ces échantillons en laboratoire, d'où l'importance d'une bonne qualité des prises de son et de la représentativité du corpus. De manière plus générale, ce corpus peut servir pour la SNCF de trace fidèle et exhaustive de l'ambiance sonore des gares à une certaine époque de son histoire.

Chapitre 6

Perception de l'ambiance sonore des espaces

6.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter les résultats d'une étude que nous avons effectuée sur la représentation perceptive de l'ambiance sonore des espaces de gares. L'enjeu de cette étude est de montrer que l'ambiance sonore d'un espace public tel qu'une gare contient des informations sonores pour un usager. Nous avons vu, dans le Chapitre 2, que des sources sonores peuvent véhiculer des informations dans le cas d'un environnement sonore urbain, et que dans un espace clos, la réverbération subie par les sources sonores apporte des informations sur l'espace (taille, position des sources, etc.). Comment interviennent les sources sonores et l'effet de salle dans la perception de l'ambiance sonore des espaces publics de gares ? Comment caractériser la représentation auditive en mémoire des espaces de gares ? Ce sont ces questions auxquelles ce nouveau chapitre va maintenant répondre.

Une première approche expérimentale (§ 6.2) a été mise en place afin d'identifier les indices sonores (sources ou effet de salle) contenus dans les ambiances, grâce à deux tâches de catégorisation effectuées par des auditeurs en laboratoire. Les stimuli utilisés ont été présentés dans le chapitre précédent. Ensuite, sur la base des résultats obtenus sur les indices sonores, une enquête in situ (§ 6.3) a été mise en place afin de valider certains de ces indices dans un contexte d'usage réel.

6.2 Approche expérimentale

L'approche expérimentale est basée sur deux expériences en laboratoire utilisant le même corpus sonore (présenté dans le chapitre précédent). La première expérience (E1) a pour objectif d'identifier les catégories perceptives associées aux ambiances sonores de gares. Il s'agit d'une expérience de catégorisation libre, avec verbalisations libres sur les catégories formées. La deuxième expérience (E2) a pour objectif de tester si les auditeurs reconnaissent le type d'espace, uniquement en écoutant les échantillons sonores. Il s'agit d'une expérience de catégorisation orientée : 6 catégories sont proposées aux sujets, correspondant aux 6 types d'espaces de la typologie (présentée dans le chapitre précédent). Enfin, la correspondance entre les catégories formées par l'ensemble des sujets de chaque expérience E1 et E2, permet de déduire les indices sonores qui sous-tendent la reconnaissance des espaces.

6.2.1 Corpus sonore

Les deux expériences utilisent le même corpus sonore. Les 66 échantillons sonores Bformat présentés dans le chapitre précédent ont été décodés pour une restitution binaurale, afin de pouvoir les écouter au casque tout en conservant les informations spatiales. Le décodeur utilise des HRTF standardisées de type Kemar, avec une égalisation champ diffus¹. Les expériences se sont déroulées dans une cabine audiométrique IAC du laboratoire Perception et Design Sonore (PDS) de l'Ircam. Les échantillons sont joués via l'interface informatique² sur un ordinateur Macintosh G4 (PowerPC G4 400 MHz), amplifiés par un Yamaha Power Amplifier P2075, et restitués sur un casque Sennheiser HD 250 linear II.

6.2.2 Protocoles : Expériences E1 et E2

Expérience E1 : catégorisation libre

Consigne Il s'agit d'une expérience de catégorisation libre. À l'aide de l'interface informatique, les sujets devaient dans un premier temps écouter l'ensemble des 66 séquences sonores, dans l'ordre qu'ils voulaient, les séquences étant disposées de manière aléatoire sur l'écran. Les séquences sonores devaient être écoutées en entier, il était impossible de les interrompre. Trois étapes composent le déroulement de l'expérience :

1. Former des groupes de séquences qui leur paraissaient similaires. Ils pouvaient faire autant de groupes qu'ils le souhaitaient, avec autant de sons qu'ils le souhaitaient.
2. Après une courte pause pendant laquelle l'expérimentateur vérifiait que toutes les séquences avaient été classées, les sujets devaient décrire chacun des groupes qu'ils avaient formés en expliquant les critères qu'ils avaient utilisés pour créer ces groupes. Les descriptions verbales étaient tapées à l'aide du clavier de l'ordinateur.
3. Enfin, pour chacun des groupes, ils devaient élire un prototype, c'est-à-dire la séquence sonore qui représentait le mieux le groupe.

Aucune autre indication n'était fournie aux sujets afin de ne pas influencer leur jugement. Cependant, étant donné le nombre très important de séquences sonores, certains sujets avaient quelques difficultés à effectuer la première tâche. L'expérimentateur vérifiait donc au bout de 45 minutes d'expérience que le sujet ne se perdait pas dans son écoute et restait spontané. Ainsi, l'expérience durait en moyenne 1h20.

Interface Les séquences sonores sont représentées par des croix numérotées de 1 à 66, et disposées de manière aléatoire sur l'écran de l'ordinateur. Lorsque le sujet double-clique sur une des croix, le programme lance la lecture de la séquence sonore. Pour être sûr que le sujet écoute la séquence en entier (15 secondes environ), l'interruption est impossible. Pour former un groupe, le sujet peut déplacer les sons à l'aide de la souris. Une fois les groupes formés, l'interface permet de sauver les groupes et de leur associer une description. Le tout est sauvé au format texte.

Sujets 55 sujets (23 femmes et 32 hommes) âgés de 25 à 45 ans ont été recrutés pour passer cette expérience rémunérée. Il s'agit de personnes faisant partie de la base de données de sujets du laboratoire PDS de l'Ircam. La seule information qui leur était fournie était qu'ils allaient écouter des enregistrements effectués dans des gares, ils n'avaient donc

¹Code développé par Christophe Lambourg, Signal Développement 2001.

²Interface développée sous Matlab par Vincent Rioux.

aucune information concernant les espaces dans lesquels étaient enregistrées les séquences. Aucun sujet ne présentait de perte auditive significative.

Expérience E2 : reconnaissance des espaces

Consigne Il s'agit d'une expérience de catégorisation orientée utilisant les mêmes 66 séquences sonores que dans l'expérience 1. Trois étapes composent le déroulement de l'expérience :

1. Classer chacune des séquences sonores dans l'une des 6 catégories proposées à l'écran : Quais, Halls, Couloirs/Escaliers, Salles d'attente, Guichets ou Commerces.
2. Elire le prototype de chacun des espaces.
3. Pour chaque espace, choisir la séquence sonore préférée, c'est-à-dire la séquence que les gens souhaiteraient entendre dans cet espace. De plus, les auditeurs devaient expliquer ce choix en tapant leurs verbalisations à l'aide du clavier de l'ordinateur.

Cette expérience a duré 1h en moyenne.

Interface L'interface reprend le même programme utilisé dans l'expérience E1, mais cette fois l'écran est divisé en deux parties. La partie supérieure présente les 66 échantillons sonores numérotés et disposés de manière aléatoire, la partie inférieure présente les 6 types d'espaces sous la forme de cases dans lesquelles les sujets peuvent faire glisser les sons.

Sujets 40 nouveaux sujets (18 femmes et 22 hommes) âgés de 25 à 45 ans ont été recrutés de la même manière que pour l'expérience E1. Cette fois, les sujets étaient informés de l'objectif du test et quelques jours avant de venir passer l'expérience, ils recevaient par mail ou par courrier un texte introductif. Ce texte décrivait la typologie des différents espaces dont nous parlons dans l'expérience afin de les familiariser avec le sujet. Aucun sujet ne présentait de perte auditive significative.

6.2.3 Résultats

Méthodologie

Analyse des classifications Dans les deux expériences, les données à analyser sont les différentes partitions (i.e. regroupements) que tous les sujets ont faites à partir de 66 séquences sonores. Ce que l'on cherche ici de sont les groupes de séquences que les sujets ont le plus souvent faits afin de n'avoir qu'une seule partition donnant les classes moyennes. Pour cela on commence par construire une matrice (66*66) individuelle par sujet qui représente la partition qu'il a effectuée. Ensuite, on construit une matrice moyenne de toutes les matrices individuelles, cette matrice donne la moyenne du nombre de fois que chaque paire de sons a été formée. C'est cette matrice, dite matrice globale de dissimilarité, qui est ensuite représentée graphiquement sous la forme d'un arbre. Il existe plusieurs méthodes pour construire cet arbre, la méthode additive et la méthode par groupements hiérarchiques. Cette dernière a été choisie pour notre étude car elle permet une représentation emboîtée et hiérarchique, ce qui est cohérent avec les principes de catégorisation énoncés au Chapitre 3. De plus, cette représentation est plus simple à interpréter, elle fait ressortir de manière plus claire un consensus entre les classements des sujets.

Un arbre hiérarchique est composé de feuilles qui représentent ici les séquences sonores, et de nœuds qui relie deux feuilles ou deux groupes de feuilles. La hauteur d'un

nœud correspond à la dissimilarité entre deux feuilles ou deux groupes. Plus le nœud entre deux feuilles ou entre deux autres nœuds est élevé, plus elles sont dissimilaires (détails et exemple en annexe). La figure 6.1 présente un exemple de construction d'arbre hiérarchique à partir d'une matrice globale de dissimilarité à 5 éléments. L'arbre de cette figure est obtenu par la méthode moyenne, c'est-à-dire que lorsque deux éléments (B et E sur la figure par exemple) sont regroupés, la distance entre ce groupe et un nouvel élément (A par exemple) est calculée avec la moyenne des deux distances (moyenne entre la distance B-A et la distance E-A). Il existe d'autres méthodes qui diffèrent précisément sur la façon de calculer la distance entre un groupe et un nouvel élément (voir figure 6.1), mais la méthode moyenne est celle qui permet d'obtenir la meilleure corrélation entre la matrice de départ et la matrice finale [Hou03]. C'est cette méthode qui sera utilisée dans notre étude³.

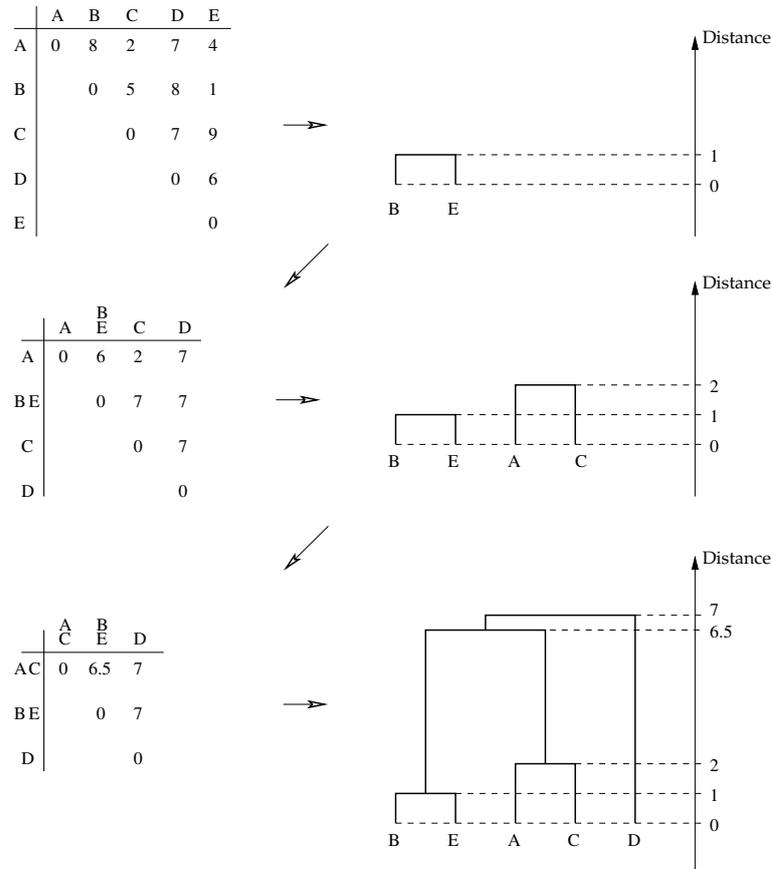


FIG. 6.1: Exemple illustrant la construction d'un arbre hiérarchique à partir d'une matrice de dissimilarité. À chaque étape, la paire la plus proche est regroupée en un nouvel élément de la matrice. La distance entre ce nouvel élément et les autres est calculée par la méthode moyenne : $d([x, y], z) = \frac{1}{2}(d(x, z) + d(y, z))$. Il existe d'autres méthodes qui donneront un arbre différent : par exemple, la méthode complète $d([x, y], z) = \max(d(x, z) + d(y, z))$ ou la méthode *single* $d([x, y], z) = \min(d(x, z) + d(y, z))$.

Ainsi obtenu, cet arbre hiérarchique représente les groupements effectués par l'ensemble des sujets sous la forme de classes emboîtées. Le problème lié à l'interprétation de cet arbre est de déterminer quelles sont les classes qui se dégagent le plus clairement. En

³Les analyses ont été effectuées grâce au logiciel R [Tea06].

d'autres termes, le problème est d'identifier les classes optimales qui représentent le mieux les groupements effectués par les sujets. Deux techniques ont été utilisées dans notre étude. La première technique, basée sur le critère de l'*indice de niveau*, a pour objectif d'identifier le niveau de dissimilarité auquel l'arbre doit être coupé. Pour cela, il suffit simplement de représenter la hauteur de tous les nœuds de l'arbre sur un graphe (cette technique est notamment décrite dans l'ouvrage de Saporta [Sap90]). Une rupture de pente dans la courbe, i.e. un saut important entre deux nœuds successifs, indique l'endroit où doit être coupé l'arbre. Cette méthode a l'avantage d'être très simple à mettre en place, et permet de donner une première estimation du nombre de classes. L'autre méthode, tirée des travaux effectués par Houix [Hou03], repose sur la technique de *bootstrap*, et sur le calcul de l'indice de Rand ajusté, qui quantifie la cohérence entre deux partitions d'un même ensemble d'items (se reporter à [Hou03] pour plus de détails). Le bootstrap consiste à fabriquer un grand nombre d'échantillons d'observations à partir de l'échantillon d'observations de référence⁴, en effectuant un tirage aléatoire avec remise. Généralement, 500 échantillons bootstrap suffisent. Un échantillon bootstrap contient alors le même nombre d'éléments que l'échantillon de référence, mais certains peuvent apparaître zéro fois, d'autre 1 fois, d'autres 2 fois, etc. L'indice de Rand ajusté est calculé entre l'arbre de référence (celui obtenu sur l'échantillon de référence) et chaque arbre bootstrap (obtenu sur chaque échantillon bootstrap), et pour différents niveaux de classement (2 classes, 3 classes, etc.). Le niveau de classement optimal est enfin obtenu lorsque l'indice de Rand est de moyenne la plus forte et d'écart type le plus faible, sur l'ensemble de tous les échantillons bootstrap. Une application de ces deux techniques est présentée dans l'analyse des résultats de l'expérience E1.

Cependant, il faut préciser que ces techniques ne sont là que pour aiguiller l'analyse des résultats, elles ne donnent pas nécessairement la solution idéale de façon nette et tranchée. Dans notre cas, il ne faut pas oublier que nous sommes à la recherche des catégories perceptives associées à un corpus de 66 séquences sonores.

Analyse lexicale Sachant que chaque sujet a tapé une verbalisation pour chacun de ses groupes et qu'il a fait un nombre de groupes variable, le corpus de verbalisations obtenu à la fin de l'expérience comporte 461 verbalisations. Or, ce qui nous intéresse ici c'est d'associer des verbalisations aux classes moyennes obtenues par l'analyse des groupes. Il faut donc réduire ce corpus en ne conservant que les verbalisations des groupes qui se rapprochent le plus des classes obtenues par l'analyse hiérarchique présentée précédemment. Pour chacune des classes de l'arbre, i.e. pour chacune des classes moyennes, nous n'avons conservé que les verbalisations des groupes individuels qui contenaient au moins la moitié de la classe. Le nombre de verbalisations associées à chaque classe dépend du nombre de fois que la moitié des sons de la classe ont été regroupés par les sujets.

On procède ensuite à une analyse sémantique de ce corpus de textes à l'aide du logiciel Lexico⁵. Cette analyse nécessite plusieurs étapes préliminaires :

- Compter toutes les formes lexicales (adjectifs, noms, pronoms, verbes, adverbes, etc.) utilisées par les sujets dans le corpus. On trouve ainsi que 1045 formes différentes ont été utilisées, dont 406 hapax (formes utilisées une seule fois).
- Il est ensuite nécessaire de réduire ce nombre de formes en ne conservant que celles qui sont utiles pour l'analyse. Par exemple les pronoms et les articles seront élimi-

⁴Une observation correspond ici à la matrice individuelle d'un sujet. L'échantillon d'observations de référence correspond à l'ensemble de toutes les matrices individuelles des sujets.

⁵SYLED-CLA2T, Université de la Sorbonne nouvelle, Paris 3

nés du décompte. En effet, pour une analyse sémantique, il ne nous a pas semblé nécessaire de garder ces deux formes.

- Regrouper les formes : si elles sont dérivées d'un même mot, ou si elles ne diffèrent que par l'orthographe. Par exemple les termes «arrivées», «ARRIVEES», «arrivé», «arrivant», «arrivais» seront regroupés ensemble.

Le logiciel Lexico permet aussi de rechercher la forme lexicale dans son contexte afin de lever certaines ambiguïtés. Par exemple, on trouve 74 occurrences de la forme «pas», une recherche dans le corpus permet de différencier entre le nom (bruits de «pas») et l'adverbe («pas» de bruit). Cette étape est indispensable puisque d'un point de vue sémantique, l'adverbe «pas» et le nom «pas» auront deux significations complètement différentes. Enfin, il est nécessaire d'éliminer les formes lexicales inintéressantes d'un point de vue sémantique, soit parce qu'il s'agit d'un hapax soit parce qu'elles ne concernent pas le thème de l'étude.

Expérience E1

Cette première expérience est analysée en deux temps. Dans un premier temps, chaque sujet ayant formé une partition des 66 séquences sonores, les 55 partitions sont analysées afin d'obtenir une partition *moyenne*, c'est-à-dire une partition qui représente au mieux les réponses de tous les sujets. De cette partition sont extraites ensuite les classes de séquences sonores qui représentent le mieux les groupements effectués par les sujets. Dans un deuxième temps, sur la base des classes de séquences obtenues, une analyse lexicale est effectuée sur les verbalisations des sujets. Cette analyse permet d'identifier les critères de similarité utilisés par les sujets pour effectuer leur classification.

Analyse des partitions L'arbre de la figure 6.2 représente le résultat de l'analyse par groupements hiérarchiques. L'axe gradué mesure la dissemblance entre les feuilles de l'arbre qui représentent les 66 séquences sonores de l'expérience. Plus le nœud entre deux feuilles ou deux autres nœuds est haut en dissemblance, plus ils sont dissemblants. On remarque que la structure des classes est emboîtée et que des groupes de séquences se détachent les uns des autres. Afin de trouver les classes qui représentent au mieux les groupes effectués par les sujets, les techniques présentées plus haut ont été utilisées.

Les hauteurs de tous les nœuds de l'arbre de la figure 6.2 sont représentées sur la figure 6.3, le numéro du nœud est donné en abscisse et la hauteur de nœud (qui correspond à la distance sur l'arbre de la figure 6.2) est donnée en ordonnée. Cette figure fait apparaître 4 sauts (représentés par les flèches sur la figure 6.3) : entre les paires de nœuds 2 et 3, 5 et 6, 58 et 59, 64 et 65. Un saut entre une paire de nœuds indique que l'arbre de la figure 6.2 peut être coupé entre les deux nœuds de cette paire. Si on coupait l'arbre entre les nœuds 64 et 65, on obtiendrait deux classes. Si on coupe l'arbre entre les nœuds 58 et 59 (voir sur la figure 6.2), on obtient 8 classes. De même, les paires 5-6 et 2-3 donneraient respectivement 60 et 64 classes. Sachant que le corpus est composé de 66 séquences sonores, les nombres de 64, 60 et 2 classes ne semblent pas être très pertinents.

La figure 6.4 représente le résultat de la méthode de bootstrap appliquée à la partition. On peut voir que le résultat n'est pas tranché, puisque le maximum de la moyenne de l'indice de Rand ne correspond pas au minimum de l'écart type. Cependant, on retrouve un maximum local pour le nombre de 8 classes, ce qui vient confirmer le résultat obtenu en observant les hauteurs de nœuds. Ce sont les 8 classes représentées par des rectangles sur la figure 6.2. Il faut noter que cet arbre n'est pas figé, c'est-à-dire que les classes peuvent *tourner* autour de leur nœud maximal, l'ordre des classes présenté sur la figure est donc

arbitraire et n'intervient pas dans l'interprétation des résultats. Par exemple l'ordre 6-7-8 pourrait tout aussi bien être 6-8-7 si on effectue une rotation du nœud 59.

Nous pouvons donc conclure que la partition optimale représentant au mieux les groupements effectués par les sujets est composée de 8 classes (voir figure 6.2).

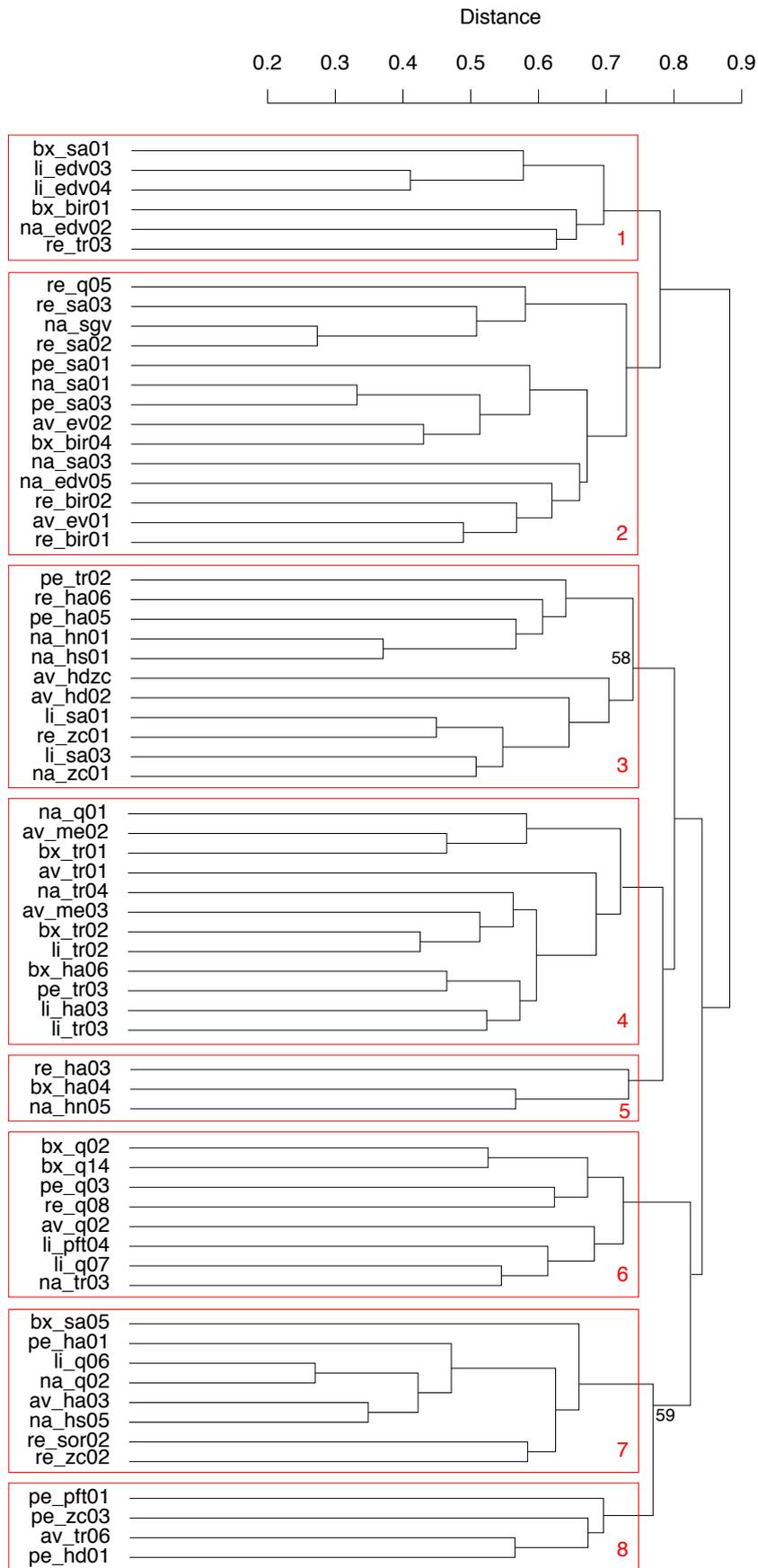


FIG. 6.2: Expérience E1, résultat de l'analyse par groupements hiérarchiques (méthode moyenne). Les cadres présentent les 8 classes obtenues en coupant l'arbre entre les nœuds 58 et 59 (voir figure 6.3). Ce nombre de classes est confirmé par l'analyse bootstrap (voir figure 6.4).

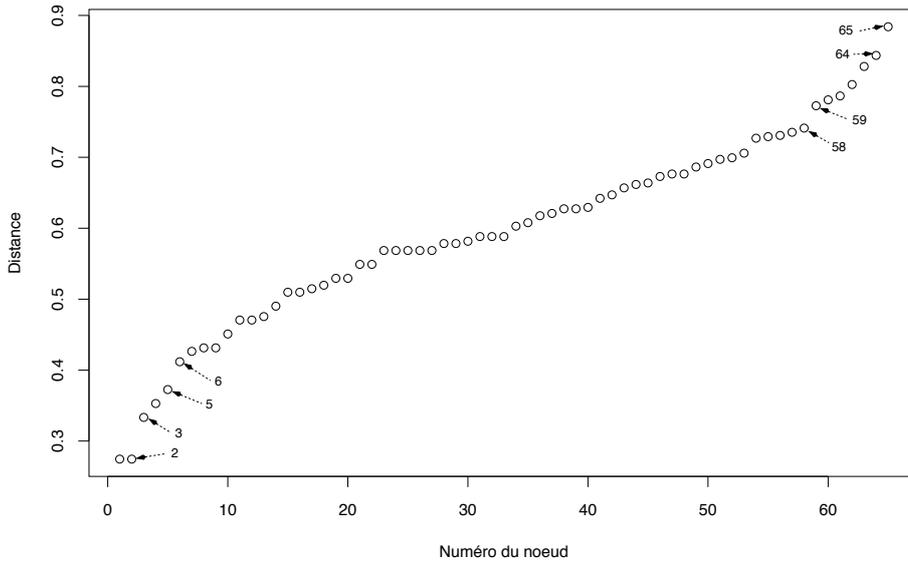


FIG. 6.3: Hauteurs des nœuds de l'arbre de la figure 6.2. Sont indiquées par des flèches les paires de nœuds pour lesquelles on peut observer un saut.

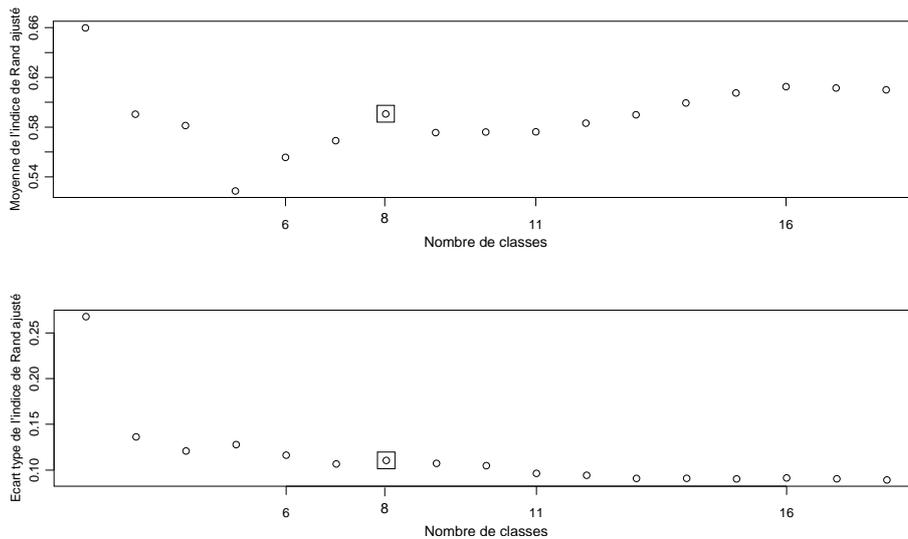


FIG. 6.4: Résultats de l'analyse bootstrap sur l'arbre de la figure 6.2 avec 1000 tirages.

Analyse lexicale Afin d'expliquer les critères de similarité utilisés par les sujets pour former ces 8 classes de séquences sonores, nous allons analyser les verbalisations par la méthode décrite précédemment. L'analyse des textes écrits par les sujets a permis de réduire le nombre total de verbalisations à 279 textes de quelques lignes chacun, soit 43 pour la classe 1, 29 pour la classe 2, 22 pour la classe 3, 32 pour la classe 4, 36 pour la classe 5, 30 pour la classe 6, 38 pour la classe 7 et 49 pour la classe 8. Le nombre total de formes lexicales a été réduit à 248 termes. Parmi ces termes, 147 ont été classés en 5 thèmes différents :

1. Les sources sonores, avec des termes comme «affichage», «annonce», «bip», «cloche», etc.

2. L'activité humaine : «passage», «attente», «vente de billet», etc.
3. L'effet de l'espace sur l'ambiance : «réverbération», «spacieux». Les termes qui composent ces thèmes sont essentiellement des adjectifs, ce qui montre bien que les auditeurs ont cherché à décrire l'espace.
4. La reconnaissance de type d'espace : «bar», «guichet», «hall», etc.
5. Le jugement personnel, à la fois sur l'agrément («bruyant», «confortable») ou sur l'esthétique («beau», «rythmé»). Il est intéressant de noter la présence de ce thème car cela montre que même si la consigne spécifiait clairement aux auditeurs de décrire les ambiances sonores, ceux-ci n'ont pu s'empêcher d'exprimer des jugements personnels.

Les 101 formes lexicales restantes n'ont pas été regroupées dans les thèmes ci-dessus car elles ne correspondaient pas, et n'apparaissent que très peu de fois. Cependant, elles interviendront ultérieurement pour affiner les analyses.

Ensuite, en faisant la somme des occurrences de tous les termes de chaque thème, nous pouvons représenter la répartition des thèmes au sein des 8 classes perceptives. Cela permet de voir quels thèmes sont les plus souvent abordés dans les descriptions de chaque classe. Ce résultat est présenté sous la forme de secteurs dans la figure 6.5. Cette figure permet de visualiser des similarités entre classes, suivant si elles sont décrites essentiellement par un ou plusieurs thèmes :

- Les classes 1 et 4 sont décrites essentiellement par l'activité humaine.
- Les classes 5, 6 et 7 sont décrites principalement par les sources sonores.
- La classe 2 repose essentiellement sur une combinaison de l'activité humaine, des sources sonores et de l'effet de salle.
- Les classes 3 et 8 n'ont pas de thème dominant puisque les descriptions sont basées sur une combinaison de tous les thèmes.

Ces premiers résultats montrent donc que 5 classes (1, 4, 5, 6, et 7) sont décrites par les sources sonores ou l'activité humaine, une classe (2) est décrite par ces deux thèmes auxquels s'ajoutent l'effet de salle et un jugement personnel plus prononcé, et enfin 2 classes (3 et 8) n'ont pas de thème dominant.

L'analyse en détail de chaque thème utilisé pour chaque classe va maintenant permettre de faire une distinction entre ces classes. Le tableau 6.1 présente pour chaque classe une synthèse des termes regroupés dans chaque thème descriptif, ou *profils lexicaux*. Ce tableau permet alors d'obtenir les principaux critères de similarité à l'origine des 8 classes représentant les 66 échantillons d'ambiances sonores. Les paragraphes suivants décrivent le profil lexical de chacune de ces classes.

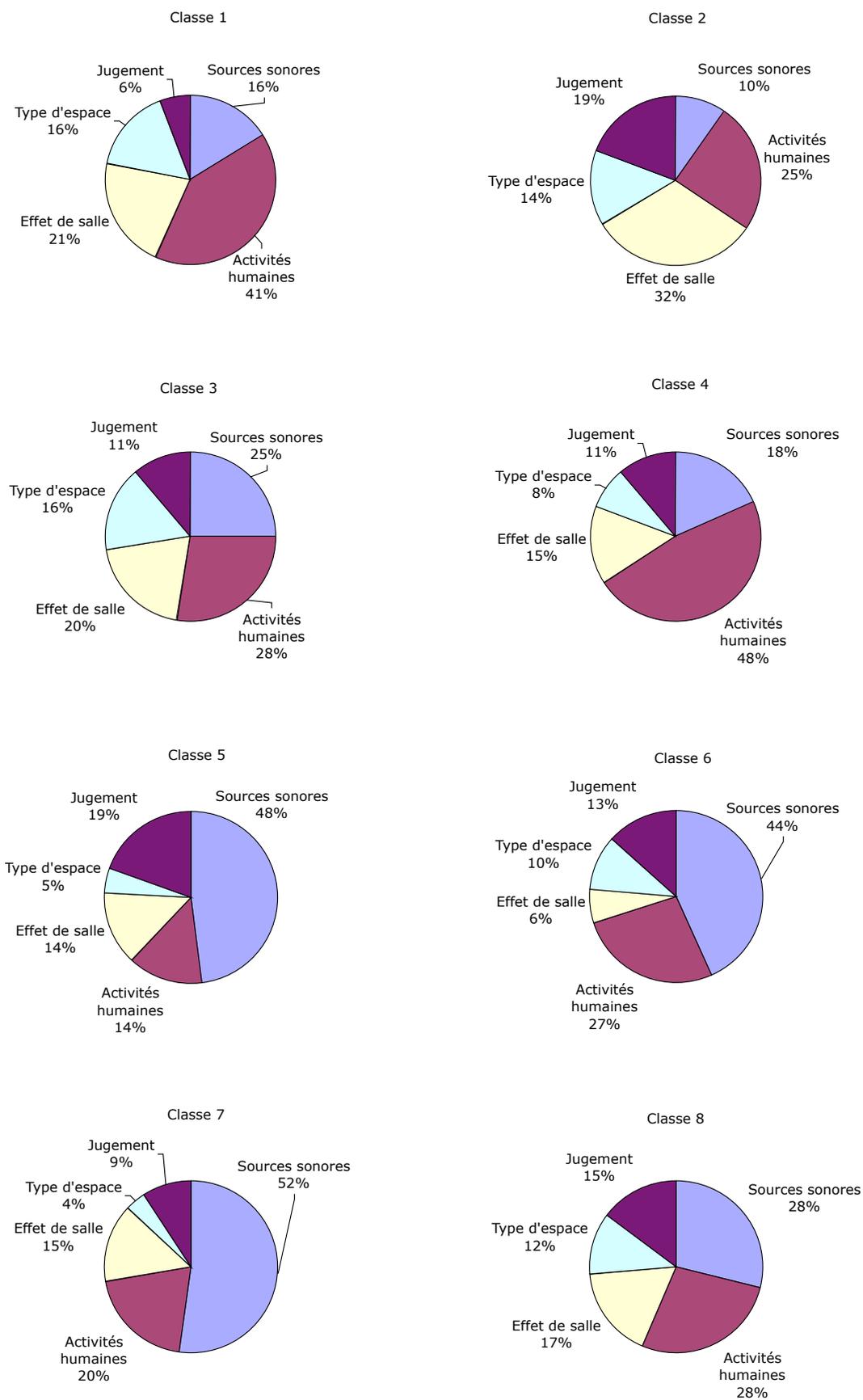


FIG. 6.5: Proportions de chaque thème dans les descriptions de chacune des 8 classes perceptives de l'expérience E1.

Thèmes	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4	
	%	Termes	%	Termes	%	Termes	%	Termes
Sources sonores	16	machines à billets	10	-	25	annonces sonores, musique	18	machines, valises à roulettes
Activités humaines	41	conversations, attente, pas	25	voix, gens	28	attente, conversations	48	pas, mouvement, voix
Effet de salle	21	espace clos, petite pièce	32	petite pièce, réverb faible	20	réverb confuse	15	échos, résonances
Type d'espace	16	salle d'attente, guichet, bar	14	salle d'attente, guichet, bar	16	bar, hall	8	couloirs, hall
Jugement	6	calme, intime	19	calme, intime	11	désagréable	11	bryant, rythmique

Thèmes	Classe 5		Classe 6		Classe 7		Classe 8	
	%	Termes	%	Termes	%	Termes	%	Termes
Sources sonores	48	tableaux des départs, trains, annonces	44	trains annonces	52	jingle, annonces	28	musique, trains
Activités humaines	14	conversations	27	arrivées, départs, attente, voix	20	voix, arrivées, départs	28	voix, conversations
Effet de salle	14	-	6	extérieur	15	résonances, réverb	17	grande réverb
Type d'espace	5	-	10	quais	4	hall	12	hall
Jugement	19	rythmique	13	-	9	-	15	bryant, désagréable

TAB. 6.1: Profils lexicaux des 8 classes de l'expérience E1. La colonne Thème correspond aux thèmes déduits de l'analyse lexicale des verbalisations des sujets. Pour chaque classe et chaque thème, la colonne % reprend les proportions données par la figure 6.5, et la colonne Termes correspond à une synthèse des termes employés par les sujets

Classe 1 Pour cette classe, les séquences sonores sont décrites principalement en termes d'activité humaine (41%), les termes les plus utilisés étant «discussions, foule, attente, pas». Ensuite, l'effet de salle représente 21% des termes utilisés. Si on s'intéresse aux occurrences du terme «ambiance», on trouve 11 occurrences dont 6 où le terme est associé à une idée d'ambiance intérieure, de lieu clos. De plus, on trouve les expressions «espaces protégés, espace est en retrait, espace intime».

Pour résumer, cette classe est perçue en termes de présence humaine, de conversations et d'attente dans un espace clos.

Classe 2 Pour cette classe, l'activité humaine est toujours très présente (25%) avec les mêmes termes que pour la classe 1, sans le passage et les pas. Mais c'est l'effet de salle qui prédomine (33%) avec les termes «espace», «salle» ou «réverbération». Il est intéressant de voir quelle évaluation est faite de ces termes. Sur les 9 occurrences du terme espace on trouve «espace très intime», «espace protégé», «espace de repos», «espace intime», «espace restreint», «espace petit fermé». De plus, la réverbération est évaluée

par les sujets comme étant faible : sur 7 occurrences, toutes sont associées à une évaluation faible. Ensuite, sur les 7 occurrences du terme *salle*, 5 sont associées au terme «attente». Cette classe est donc très proche de la classe 1, la différence porte sur le jugement : on trouve 6 occurrences (contre 3 dans la classe 1) du terme «intimité» et 9 (contre 3) du terme «calme». On peut aussi noter les 2 occurrences du terme «confortable».

Cette classe est donc perçue en termes d'espace clos et d'attente comme pour la classe 1, mais la différence est qu'il y a moins d'activité et que les ambiances sont jugées calmes et intimes.

Cette ressemblance entre les classes 1 et 2 du point de vue des profils lexicaux est aussi visible sur l'arbre de la figure 6.2, les résultats sont donc cohérents. En d'autres termes, le consensus des groupements effectués par les sujets se voit aussi à travers l'analyse des verbalisations qu'ils/elles ont effectuées.

Classe 3 Cette classe est jugée par une combinaison relativement équilibrée entre les sources (25%), l'activité humaine (28%) et l'espace perçu (20%). Les sources les plus citées sont les annonces et la musique. On remarque en effet que sur les 11 séquences de cette classe, 5 contiennent une musique. Ensuite, l'activité humaine perçue est essentiellement représentée par les conversations, jugées inintelligibles à deux reprises. Cependant l'interprétation de cette classe nécessite une recherche plus précise dans le texte. On trouve ainsi 2 thèmes intéressants :

- Confusion : «plans sonores confus», «atmosphère (...) confuse», «beaucoup de sons en même temps», «confusion», «plus de confusion».
- Fond et niveau sonore : «fond sonore important», «bruit de fond»(*2), «brouhaha», «fond sonore élevé», «musique en fond sonore», «bruit de fond, bruits pas clairs», «niveau sonore est fort».

On peut donc conclure que l'indice qui a permis la construction de cette classe est une combinaison entre la musique et la sensation d'une ambiance confuse, avec un niveau sonore élevé. Selon Schafer, on peut qualifier cette classe de *Lo-Fi*, c'est-à-dire des ambiances sonores avec un bruit de fond de fort niveau qui ne permet pas aux différents sons de bien se détacher les uns des autres.

Classe 4 Ici, c'est l'activité humaine qui prime (48%). Elle est caractérisée par les termes «pas, déplacement, passage et voix». Ensuite, le thème Sources est représenté par les termes «valises, chaussures, machines». Sur l'espace perçu, il n'y a pas vraiment de consensus avec un terme qui apparaîtrait le plus souvent.

Cette classe est donc caractérisée par la présence de pas, de voix, de valises de bruits de machines et par le déplacement de personnes.

Classe 5 Cette classe est essentiellement décrite avec des termes concernant les sources : «panneaux d'affichage, annonces, trains». Pour les autres thèmes, on doit noter un jugement à la fois esthétique avec 4 occurrences de termes portant sur l'aspect rythmé des séquences («claquement ou roulement rythmique», «basse rythmique», «musical et rythmique», «bruits assez rythmiques»), et aussi sur l'agrément puisqu'on trouve 3 occurrences de termes portant sur le caractère agressif.

Il s'agit donc d'une classe construite autour des sources sonores (panneaux d'affichage, annonces et trains), avec un jugement esthétique sur l'aspect rythmique.

Classe 6 De même que pour la classe 5, la classe 6 est construite autour des sources et principalement les trains (19 occurrences). On trouve par exemple les expressions «bruit des trains», «sons de trains» ou encore «passage de trains». Ensuite, les activités humaines perçues sont les départs et les arrivées.

Classe 7 Ici encore ce sont les sources sonores qui prédominent avec 26 occurrences du terme annonce (ou dérivé). En effet, les 8 sons de cette classe contiennent tous une annonce.

Cette classe, comme les deux précédentes, a été construite autour d'une source en particulier : l'annonce sonore.

Les classes 5, 6 et 7 sont donc 3 classes construites autour d'une source en particulier, ce résultat montre que l'indice de source est bien un critère perceptif déterminant pour la catégorisation des séquences sonores. Ce résultat est cohérent avec l'arbre de la figure 6.2 puisque ces 3 classes sont très distinctes, ce qui signifie que le critère qui les différencie a un fort pouvoir de distinction. En effet, le critère de présence d'une source, du fait de son aspect *binnaire* (i.e. la source est là ou non), permet un classement avec un fort consensus entre les sujets.

Classe 8 Comme la classe 3, cette classe ne présente pas de thème prédominant. On trouve les termes annonce, musique, paroles, voix. On trouve aussi des termes sur la réverbération qui est évaluée comme étant importante (5 occurrences). Il faut donc observer plus précisément dans le texte pour interpréter cette classe. Ainsi, si on regarde de plus près les 12 occurrences du terme ambiance, ou de ses dérivés, on trouve que ce terme se trouve dans plusieurs groupes intéressants :

- Ambiance «grosse gare», «hall de gare» (*2), «la halle de la gare», «stéréo large».
- «Ambiance de gare très générale» (*2).
- Ambiance «la plus bruyante», ambiance de gare «très bruyante».

Pour cette classe, il n'y a pas de thème dominant mais le critère qui semble réunir les séquences sonores est la sensation de large espace et leur aspect bruyant. On peut noter cependant, que cette classe est proche de la classe 7 aussi bien sur l'arbre de la figure 6.2 que dans les profils lexicaux avec les thèmes Type d'espace et Effet de salle (voir Tableau 6.1).

Prototypes Le choix des prototypes effectué par chaque sujet est maintenant analysé. Pour cela, nous effectuons un simple décompte du nombre de fois que chaque séquence sonore de chaque classe a été choisie comme prototype. Ceci permet de trouver la séquence sonore de chaque classe qui a été le plus souvent choisie, et par conséquent le prototype de chaque classe perceptive. Pour certaines classes, certaines séquences ont eu des scores identiques ou très proches, il y aura donc plusieurs prototypes. Le résultat de ce décompte est présenté dans le tableau 6.2.

On remarque que parmi ces prototypes, il y a 4 salles d'attente (dont un salon Grand Voyageur), 3 espaces de transit, 3 quais, un hall et un espace de vente. Ce résultat montre que le choix du prototype s'est effectué dans tous les type d'espace, excepté les zones commerciales. Cette exception est probablement due à la sous représentativité des zones commerciales dans le corpus sonore.

Les paragraphes suivants présentent une comparaison entre les caractéristiques acoustiques des prototypes (voir tableau 5.4 et figure 5.3 du chapitre 5) et les profils lexicaux des 8 classes.

Classes	Prototypes	Description et origine
1	bx_sa01	salle d'attente, Bordeaux St Jean
2	pe_sa03	salle d'attente, Paris Gare de l'est
	na_sgv	salon Grands Voyageurs, Nantes
	av_ev01	espace de ventes, Avignon TGV
3	li_sa01	salle d'attente, Lille Flandres
4	bx_tr01	couloir sous les voies, Bordeaux St Jean
5	na_hn05	hall nord, Nantes
6	na_tr03	couloir sous les voies, Nantes
	av_q02	quai, Avignon TGV
	li_q07	quai, Lille Flandres
7	na_q02	quai, Nantes
	av_ha03	hall arrivée, Avignon TGV
	li_q06	quai sous marquise, Lille Flandres
8	av_tr06	couloir sous les voies, Avignon TGV

TAB. 6.2: Expérience E1, prototypes des 8 classes perceptives.

Classe 1 L'échantillon bx_sa01 est représentatif du profil lexical, il s'agit d'une ambiance composée essentiellement de conversations (discussion claire au premier plan et mélange confus de voix au deuxième plan), d'une source (journal), le tout dans une réverbération très courte ce qui donne une impression nette d'espace clos.

Classe 2 Comme pour la classe 1, il s'agit d'ambiances sonores d'espace clos avec très peu de sources sonores (une imprimante dans av_ev01, une porte qui claque dans pe_sa03 et un claquement sourd dans na_sgv), mais avec cette fois beaucoup moins d'activité humaine (na_sgv est très représentatif). Cet aspect très calme est aussi traduit par l'évolution du niveau sonore représentée sur les sous-figures correspondantes de la figure 5.3. Ces échantillons représentent bien une ambiance sonore d'espaces clos avec quelques sources comme pour la classe 1, mais avec aussi très peu d'activité, ce qui explique la sensation d'intimité exprimée par les sujets à propos de cette classe.

Classe 3 L'échantillon li_sa01 correspond aussi à un espace clos avec très peu d'activité (faible conversation en deuxième pan). Il se distingue par un bruit de fond très présent (climatisation) et de la musique clairement audible. Cet échantillon ne correspond que partiellement au profil lexical de la classe 3, puisqu'il n'y a pas d'annonce sonore.

Classe 4 Le profil de cette classe correspond aussi de manière très cohérente aux caractéristiques du prototype bx_tr01 : bruit de pas, valises à roulette, escalier mécanique et conversations. Cela se traduit aussi par un niveau sonore constant et élevé comme le montre la sous-figure correspondante de la figure 5.3.

Classe 5 L'échantillon na_hn05 est composé essentiellement d'un bruit de fond constant sur lequel s'enchaînent des sources sonores très distinctes : voix, guichet automatique (chute des billets, *bip* de carte bleue), palettes du tableau général des départs, pas, composteurs. On ne retrouve ainsi qu'une seule des trois sources (les palettes) qui caractérisent le profil lexical de la classe 5. Le jugement esthétique, autre caractéristique du profil lexical de la classe 5, est assez bien représenté par cet enchaînement rythmé de sources distinctes.

Classe 6 Les trois échantillons prototypes de cette classe comportent tous le bruit d'un passage de train comme source sonore principale, ce qui correspond au profil lexical de cette classe centrée sur les bruits de trains. Il est intéressant de noter que cette source apparaît dans 3 ambiances sonores relativement différentes. L'échantillon na_tr03 correspond à une ambiance plus fermée, avec du passage et des conversations. Il a été enregistré dans un couloir sous les voies, ce qui explique que le passage de train est plus sourd que dans les autres échantillons (on entend les chocs dus aux passages des bogies, avec un rythme très caractéristique d'un passage lent de TGV). De plus, na_tr03 est le seul échantillon de couloirs avec un bruit de train, c'est aussi le seul échantillon de la classe 6 qui ne vient pas d'un quai. L'échantillon av_q02 correspond à une ambiance extérieure, avec très peu de bruit de fond, de la musique en arrière plan, et un coup de sifflet en premier plan. Enfin, li_q07 correspond à un quai sous marquise, le bruit de fond est plus important (composé de bruits d'autres trains). Ces différences d'ambiance sont aussi bien traduites par les profils sonores donnés par la figure 5.3.

Classe 7 Les trois prototypes de cette classe contiennent tous une annonce avec jingle, qui est la caractéristique du profil lexical de la classe 7. Comme les classe 5 et 6, cette classe est formée autour d'une source sonore.

Classe 8 Le prototype de cette classe, av_tr06, est caractérisé par de la musique, des bruits de pas, une annonce en arrière plan, de voix (enfant), un coup de sifflet, le tout dans un bruit de fond important. Ce prototype correspond bien au profil lexical de la classe qui est caractérisé par la présence de sources (musique, trains), d'activité (voix), d'une réverbération importante. De plus, cette classe est jugée bruyante et désagréable.

Cette description acoustique des prototypes en fonction des profils lexicaux des classes obtenues par l'analyse sémantique des verbalisations des sujets montre qu'il y a une cohérence entre le choix des prototypes et les indices acoustiques extraits des verbalisations. Les prototypes, même s'ils peuvent être plusieurs dans une même classe, permettent alors d'affiner la définition des classes en jouant le rôle de représentants les plus caractéristiques des classes. Par exemple, alors que les classes 1 et 2 sont proches, aussi bien d'un point de vue lexical que sur l'arbre de la figure 6.2, les prototypes de ces classes permettent de les différencier. Ce résultat est cohérent avec le principe de typicalité énoncé par Rosch [Ros78] (voir chapitre 3). En effet, les catégories sont définies autour des éléments les plus représentatifs : les prototypes.

Expérience E2

Cette deuxième expérience est analysée en deux temps. Dans un premier temps, les scores de reconnaissance de chaque type d'espace sont calculés, en trois étapes :

1. Pour chaque son, on compte le nombre de fois qu'il a été associé à chaque espace. Ex : le son re_q05bf a été reconnu par 11 auditeurs comme un quai, par 5 auditeurs comme un hall, etc.
2. Pour chaque type d'espace, on effectue une moyenne du score calculé précédemment sur tous les sons de cet espace. Ex : les 10 sons de quais ont été reconnus en moyenne par 26 auditeurs comme des quais, par 5 auditeurs comme des halls, etc.
3. Pour chaque espace, on effectue le rapport (en %) entre le score précédent et le nombre total de sujets.

Ce score permet d'évaluer si les espaces sont reconnus par les auditeurs. Dans un deuxième temps, une analyse des 40 nouvelles partitions des 66 séquences sonores est effectuée. Cette analyse permettra dans la section suivante de comparer les classes de l'expérience E2 avec celles obtenues dans l'expérience E1 afin d'identifier les critères de similarité utilisés par les sujets pour reconnaître les séquences sonores.

Scores de reconnaissance des espaces Le tableau 6.3 représente les scores de reconnaissance de chaque espace. Ce résultat se lit de la manière suivante : les séquences enregistrées sur des quais ont été reconnues en moyenne par 67% des auditeurs comme étant des quais, par 12% comme étant des halls, par 7% comme étant des salles d'attente, etc. La diagonale du tableau indique des scores tous supérieurs à 50%, sauf pour les salles d'attente (47%). Or, la tâche de reconnaissance comportant 6 possibilités, une réponse au hasard se serait traduite par un score de 16% dans chaque classe (100/6). Ce résultat montre donc que les espaces sont très bien reconnus puisque chaque espace a bien été associé (score largement supérieur à 16%).

Espaces	Espaces associés					
	Quais	Halls	Couloirs	Salles d'attente	Guichets	Commerces
Quais	67	12	7	9	1	4
Halls	19	52	11	6	4	8
Couloirs	16	14	55	2	5	8
Salles d'attente	6	7	12	45	9	21
Guichets	2	4	2	11	53	28
Commerces	3	20	5	5	9	57

TAB. 6.3: Expérience E2, scores de reconnaissance des espaces. Chaque ligne indique le score de reconnaissance de chaque espace. Par exemple, la première ligne indique que les sons provenant d'espaces de type «quai» ont été reconnus en moyenne par 67 % des sujets comme venant de quais, par 12 % des sujets comme venant de halls, par 7 % des sujets comme venant de couloirs, etc.

Un test du χ^2 (chi-carré) a été ensuite effectué sur l'ensemble des sons, afin de vérifier si les sons n'ont pas été classés au hasard. Ce test, effectué pour plusieurs valeurs de p^6 et pour une hypothèse nulle correspondant à un classement aléatoire, a permis d'identifier les échantillons sonores qui avaient été classés au hasard :

1. $p = 0.05$, re_q05 et bx_sa05
2. $p = 0.01$, re_q05, bx_sa05 et na_sa03
3. $p = 0.005$, re_q05, bx_sa05, na_sa03 et na_hn01

Ce résultat montre que très peu d'échantillons ont été classés au hasard, ce qui confirme que les sujets ont très bien reconnu les espaces.

Ce premier résultat montre de plus qu'il y a très peu de confusion sur l'origine des enregistrements. Les quais sont les espaces les mieux reconnus avec un score de 67%, et les salles d'attente sont les moins bien reconnues (45%). Ce type d'espace est souvent confondu avec les commerces (21%). Il y a ensuite une confusion entre les guichets et les

⁶ p correspond à la probabilité de rejet de l'hypothèse nulle. Par exemple, dans notre cas, il y a 5% de chance que re_q05 et bx_sa05 ne soient pas classés au hasard, 1% de chance que re_q05, bx_sa05 et na_sa03 ne soient pas classés au hasard, etc.

commerces (28%). En d'autres termes, nous pouvons affirmer grâce à ces résultats que l'identité d'un espace est bien véhiculée à travers son ambiance sonore.

Afin d'identifier les indices sonores sur lesquels les sujets se sont reposés pour reconnaître les espaces, nous allons devoir comparer les classes effectuées par les sujets de cette expérience avec les 8 classes obtenues dans l'expérience E1. Nous allons donc nous intéresser maintenant aux groupements effectués par les sujets dans l'expérience E2.

Analyse des partitions L'analyse des 40 partitions des 66 séquences sonores a été effectuée de la même manière que pour l'expérience E1. La figure 6.6 représente l'arbre obtenu par l'analyse en groupements hiérarchiques. On peut voir que cet arbre fait apparaître clairement une structure de classes emboîtées, et que 6 classes semblent se détacher nettement. Le nombre de 6 classes correspond à une césure de l'arbre entre les nœuds 60 et 61, très proches sur l'axe de dissimilarité. Or, le nœud 60 correspond au regroupement entre un groupe et l'échantillon `bx_sa05` qui, nous l'avons montré grâce au test du chi-carré, a été classé au hasard par les sujets. Si on supprime cet échantillon de l'arbre, cela peut accentuer le détachement des 6 classes. Pour confirmer cette hypothèse, nous avons observé les hauteurs de nœuds (voir figure 6.7). Si on supprime le nœud 60, cela fait apparaître un saut bien plus grand que tous les autres sauts.

6.2. Approche expérimentale

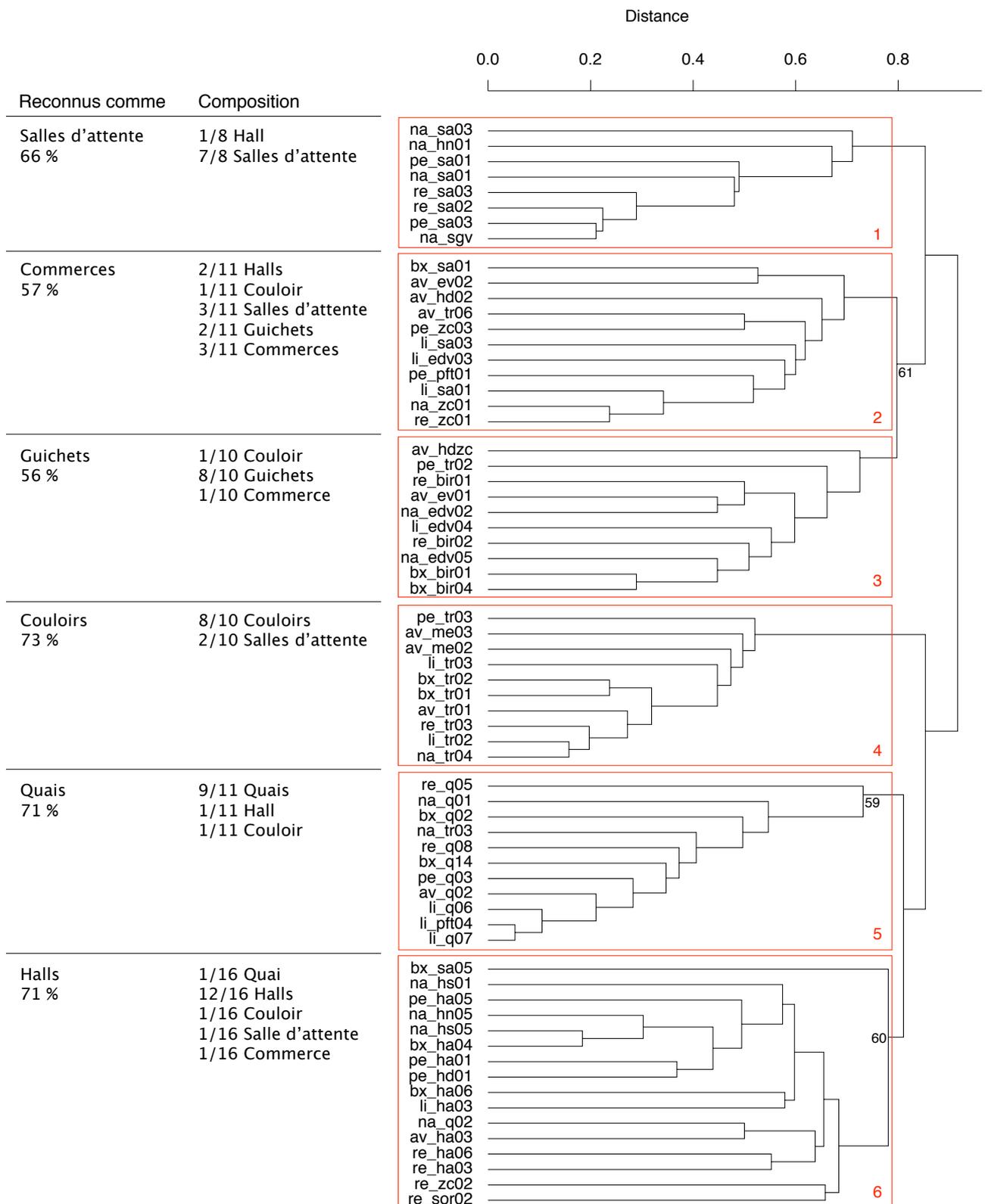


FIG. 6.6: Expérience E2, résultat de l'analyse par groupements hiérarchiques (méthode moyenne). Les cadres numérotés présentent les 6 classes obtenues par les analyses statistiques complémentaires. Les chiffres ajoutés sur les nœuds 59 à 60 sont utilisés pour l'analyse des hauteurs de nœuds (voir figure 6.7). Les deux colonnes de gauche présentent respectivement le score de reconnaissance et la composition de chaque classe. Par exemple, les 8 échantillons de la classe 1 sont composés de 1 hall et 7 salles d'attente, et ont été reconnus par 66% des sujets comme des salles d'attente.

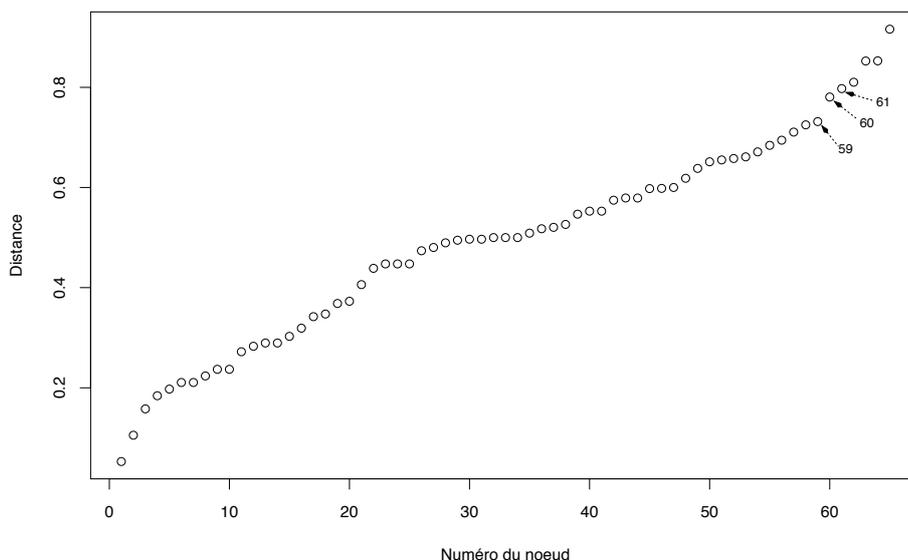


FIG. 6.7: Hauteurs des nœuds de l'arbre de la figure 6.6.

Ce résultat montre ainsi un consensus de tous les groupements effectués par les sujets autour de 6 classes. Nous avons vu dans le paragraphe précédent que les sujets avaient très bien reconnu les espaces, tout porte donc à croire que les 6 classes identifiées dans l'arbre hiérarchique correspondent aux 6 espaces. Les colonnes «Reconnus comme» et «Composition» de la figure 6.6 présentent respectivement les scores de reconnaissance les plus élevés des 6 classes et leur composition, i.e. la provenance des échantillons sonores (les scores de reconnaissance des 6 classes, ainsi que les compositions sont présentées en Annexe B). La deuxième colonne montre que toutes les classes sont composées essentiellement d'un seul type d'espace, sauf la classe 2 qui est composée de presque tous les commerces (3 sur 5), mais aussi de guichets, de salles d'attente et de halls. La première colonne permet de lever cette ambiguïté en montrant que 57% des sujets ont reconnu les sons de la classe 2 comme provenant de commerces. Cette 2e classe correspond donc bien aux espaces de type commerce, mais elle est constituée d'un mélange de plusieurs types d'espaces alors que les autres classes sont composées essentiellement d'un seul type d'espace. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène. D'abord la sous représentativité des échantillons provenant de commerces, c'est-à-dire que, les commerces étant beaucoup moins nombreux que les autres espaces, les sujets ont peut-être cherché à équilibrer le nombre d'échantillons par classe, et ont mis dans la classe Commerce tous les échantillons sur lesquels ils avaient un doute. Un autre facteur pourrait être la mauvaise représentativité des espaces de commerces, c'est-à-dire que les échantillons proposés pourraient ne pas correspondre à ce que les sujets pensent être des espaces de types commerces dans les gares.

À ce stade, il est alors nécessaire de s'intéresser à la représentativité de chaque échantillon sonore en fonction de ses caractéristiques sonores. Le tableau 6.4 reprend le tableau 5.4 du chapitre précédent en y ajoutant le score de reconnaissance obtenu par chaque échantillon. La première ligne de ce tableau montre par exemple que le premier échantillon des quais av_q02 contient 5 sources sonores, a été reconnu par 84% des sujets comme étant un quai, par 3% des sujets comme étant un hall, etc. Ce tableau montre que les espaces de type Hall, Couloirs, et Salle d'attente ont au moins un échantillon très peu représentatif (i.e. avec un score inférieur ou égal à 5%). Dans les Halls, li_pft04 n'est reconnu comme un hall que par 5% des sujets alors que 92% des sujets l'ont reconnu comme un quai. Ce résultat n'est pas étonnant, cet échantillon a été enregistré sur une plate-

forme transversale, c'est un espace de type hall qui est prolongé par les quais sans aucune transition architecturale. L'ambiance sonore est donc très proche de celle des quais. On remarque aussi que c'est le seul échantillon des halls qui contient une sonnerie des départs (cette source se trouve en début de quai). Dans les Couloirs, aucun sujet n'a reconnu *pe_tr02*, c'est le seul échantillon qui contient un son de composteur, les bruits de pas sont lointains et très peu nombreux. Pour les Salles d'attentes, *av_me02* et *li_sa01* n'ont été reconnus que par respectivement 3 et 5% des sujets. Le premier est le seul à contenir une valise à roulette et a été confondu avec un couloir (61%) et le deuxième est l'un des deux à contenir de la musique et a été confondu avec un commerce (74%). Cette observation montre le rôle discriminant joué par certaines sources sonores : les sujets s'attendent à entendre des valises dans les couloirs et de la musique dans les commerces.

		Sources sonores													Scores de reconnaissance de E2 (%)														
		composteurs	TGD	bruit des trains	annonces	sifflet	sonnerie départs	porte	valises à roulettes	monnaie	bruits du bar	bureautique	guichet autom.	musique	journal	escalators	climatisation	voix	bruits de la ville	pas	bruit de fond	Q	H	Cou.	SA	G	Com.		
Sons	av_q02		X	X	X								X			X						84	3		13				
	bx_q02		X	X												X						58	11	8	13	3	8		
	bx_q14		X	X																	X	66	18	3	5	5	3		
	li_q06		X	X	X																	92	3		3		3		
	li_q07		X																			97	3						
	na_q01		X					X									X					53	8	32	8				
	na_q02		X	X													X					50	45		5				
	pe_q03		X														X				X	79	16		3			3	
	re_q05							X									X				X	29	13	18	24	5		11	
	re_q08		X														X					66		5	18			11	
Quais	av_ha03				X								X			X					X	37	55					8	
	av_hd02						X						X			X					X	8	37	13	3	5		34	
	bx_ha04	X	X								X					X					X	5	76		5	11		3	
	bx_ha06									X						X				X	X	13	47	29	5	3		3	
	li_ha03				X															X	X	13	58	29					
	li_pft04				X	X														X	X	92	5	3					
	na_hn01																X				X	13	18	8	39	13		8	
	na_hn05	X	X										X			X	X	X		X	X	3	66	5	5	16		5	
	na_hs01															X	X	X		X	X	18	53	16	8	3		3	
	na_hs05		X	X												X	X	X		X	X	3	95					3	
	pe_ha01		X	X												X	X	X		X	X	11	63	3	16	5		3	
	pe_ha05															X	X	X		X	X	13	61	13	11			3	
	pe_hd01	X		X												X	X	X		X	X	13	76	11					
pe_pft01		X	X					X			X				X	X	X		X	X	8	39	3					50	
re_ha03	X	X													X	X	X		X	X	39	32	24	3		3			
re_ha06			X												X	X	X		X	X	11	53	16	5	11		5		
Halls	av_tr01					X							X			X	X	X		X	11	8	76	3				3	
	av_tr06			X	X								X			X	X	X		X	X	5	29	21		5		39	
	bx_tr01						X									X	X	X		X	X	29		71					
	bx_tr02						X									X	X	X		X	X	21		79					
	li_tr02										X					X	X	X		X	X	8		92					
	li_tr03															X	X	X		X	X	5	21	63				11	
	na_tr03		X													X	X	X		X	X	68	21	11					
	na_tr04			X												X	X	X		X	X	11	5	84					
	pe_tr02	X						X					X			X	X	X		X	X	13	13		3	39		32	
	pe_tr03							X								X	X	X		X	X	5	34	53	3			5	
re_sor02			X												X	X	X		X	X	8	39	18	21	8		5		
re_tr03														X	X	X		X	X	5	3	89				3			
Couloirs	av_me02						X									X	X	X		X	13	16	61	3				8	
	av_me03															X	X	X		X	X	3	8	66	11	3		11	
	bx_sa01													X		X					X				37	21		42	
	bx_sa05			X			X							X	X						X	24	26	11	21	5		13	
	li_sa01											X	X			X	X	X		X	X	8	5	8	5			74	
	li_sa03				X							X	X			X	X	X		X	X	5	16	3	24	3		50	
	na_sa01															X	X	X		X	X	3			66	26		5	
	na_sa03		X													X	X	X		X	X	13	11		26	21		29	
	na_sgv																X	X		X	X	3			87	5		5	
	pe_sa01			X			X									X	X	X		X	X		3		63	16		18	
	pe_sa03				X		X									X	X	X		X	X				89			11	
	re_sa02			X																		5	3		84				8
	re_sa03	X												X		X	X					8	3	3	74	13			
Salles d'attente	av_ev01							X		X					X	X	X		X	X				3		3	16	53	29
	av_ev02							X		X					X	X	X		X	X	3		3	18	21			55	
	bx_bir01							X		X					X	X	X		X	X	3		3	13	66			16	
	bx_bir04							X		X					X	X	X		X	X								92	8
	li_edv03									X					X	X	X		X	X	3	5	3	11			26	53	
	li_edv04									X					X	X	X		X	X	3	11	3				66	18	
	na_edv02									X					X	X	X		X	X							63	32	
	na_edv05							X		X					X	X	X		X	X				3			16	55	26
	re_bir01					X				X					X	X	X		X	X		3	11	3	8			42	34
	re_bir02									X					X	X	X		X	X		3	8	5	26	50		8	
Commerces	av_hdzc	X						X	X	X					X	X	X		X	X	3	26	5	3	34			29	
	na_zc01							X		X					X	X	X		X	X					3			97	
	pe_zc03									X					X	X	X		X	X			16	16	3	11		55	
	re_zc01									X					X	X	X		X	X							8	3	76
	re_zc02			X						X					X	X	X		X	X		13	47	3	8			29	

TAB. 6.4: Tableau 5.4 avec le score de reconnaissance de chaque échantillon sonore. Les échantillons en gras sont les prototypes choisis par la majorité des sujets.

Prototypes Le tableau 6.5 présente pour chaque espace les échantillons qui ont été le plus souvent choisis comme prototypes et préférés par les sujets. On remarque d'une part que le prototype de chaque espace est un échantillon qui a bien été enregistré dans l'espace. Le tableau 6.4 montre que la plupart des prototypes (en gras dans le tableau) correspondent aux échantillons les mieux reconnus. C'est le cas pour les prototypes des Halls, des Salles d'attente, des Guichets et des Commerces.

Classes	Prototypes	Préférés
Quais	av_q02, quai	av_q02
Halls	na_hs05, Hall Sud	pe_hd01, hall départs
Couloirs	bx_tr01, couloir sous les voies	av_tr01, couloir sous les voies na_tr04, couloir sous les voies
S. d'attente	pe_sa03, salle d'attente na_sa01, salle d'attente	re_sa02, salle d'attente na_sgv, salon Grand Voyageurs na_sa01
Guichets	bx_bir04, guichet	bx_bir04
Commerces	na_zc01, zone commerciale	na_zc01

TAB. 6.5: Expérience E2, échantillons prototypes et préférés des 6 classes perceptives correspondant aux 6 espaces de la typologie.

Quais Le prototype des Quais, av_q02, a été enregistré sur un quai extérieur, il contient de la musique, une arrivée de TGV et un coup de sifflet. Il a été reconnu par 84% des sujets alors que li_q07, qui ne contient que des bruits de train en plus du bruit de fond, a été reconnu à 97%. Le fait que l'échantillon prototype n'est pas celui qui est le mieux reconnu pourrait paraître contradictoire. Cependant, il s'agissait de deux tâches distinctes, d'abord les sujets devaient identifier l'origine des échantillons, ensuite ils devaient élire un prototype. Même si av_q02 a provoqué plus de confusions chez les sujets, lorsqu'il est comparé aux autres échantillons, il est le plus représentatif des Quais. Le fait qu'il n'y ait que le bruit des trains dans li_q07 doit faire en sorte qu'il est reconnu sans hésitation, mais l'association des sources et de l'ambiance extérieure fait que av_q02 est le prototype. On peut aussi noter que ces deux échantillons sont aussi des prototypes de la classe 6 de E1.

Halls Le prototype des halls, na_hs05, est aussi l'échantillon qui obtient le meilleur score de reconnaissance (95%). Il présente un bruit de fond important, une annonce, le son des palettes du TGD, ainsi qu'une activité humaine très présente (brouhaha). L'échantillon na_hs01 a été enregistré au même endroit mais n'a obtenu qu'un score de 53%. Il ne contient pas d'annonce, ni de TGD. L'activité humaine y est aussi beaucoup moins importante mais le bruit de fond reste le même. Mais on ne peut pas conclure que les sources annonces et TGD font de na_hs05 le prototype (ces sources sont aussi présentes dans pe_ha01), c'est plutôt l'association de ces sources avec l'activité humaine et le bruit de fond qui fait de cet échantillon le plus représentatif des espaces de halls.

Couloirs Comme pour les Quais, le prototype des Couloirs (bx_tr01) n'est pas l'échantillon qui a obtenu le meilleur score (71% contre 92% pour li_tr02). Ces deux ambiances sont assez proches en terme de contenu, bx_tr01 est caractérisé par un passage de valise à roulette qui dure pendant tout l'échantillon, ainsi que des éléments de conversation très distincts. L'évolution du niveau sonore est aussi très similaire entre les deux échantillons (voir figure 5.3). Un bruit de fond est présent dans les deux échantillons, ainsi que des bruits de pas, mais bx_tr01 donne une impression d'un espace plus confiné, le bruit de fond y est plus oppressant. Ce sont ces qualités qui font de bx_tr01 le plus représentatif des couloirs, même s'il n'est pas reconnu aussi facilement que li_tr02.

Salles d'attente Les deux prototypes de cet espace (pe_sa03 et na_sa01) sont tous les deux caractérisés par une ambiance calme, contenant des voix distinctes, et très peu de sources. Pourtant, pe_sa03 est celui qui obtient le meilleur score de reconnaissance (89% contre 66% pour na_sa01). C'est aussi celui pour lequel le bruit de fond est beaucoup moins présent, ce qui donne une ambiance générale beaucoup plus calme.

Guichets Pour cet espace, le prototype (bx_bir04) correspond aussi à l'échantillon qui a obtenu le meilleur score de reconnaissance (92%). Il s'agit d'une ambiance calme dans laquelle on peut distinguer clairement une discussion entre un vendeur et un client et des bruits de machine à billets, le tout dans un bruit de fond composé essentiellement de la climatisation.

Commerces Comme pour les Halls, les Salles d'attente et les Guichets, le prototype des Commerces est l'échantillon qui a le meilleur score. On y entend de la musique en deuxième plan, des bruits de tasses à café et de cuillères, ainsi que des voix indistinctes.

Le résultat montre ainsi que pour 4 types d'espaces sur 6, les prototypes choisis par les sujets correspondent aux échantillons les mieux reconnus dans quasiment tous les espaces. En d'autres termes, les prototypes sont les éléments les plus représentatifs des classes, ce qui est cohérent avec le principe de typicalité de Rosch [Ros78].

Préférés Les scores donnés pour les sons préférés font apparaître des sons différents des prototypes pour la plupart des espaces (voir tableau 6.5). Cela montre déjà que les sujets ont bien compris la consigne et n'ont pas confondu l'idée de prototype et celle de préféré. Une analyse lexicale a été effectuée sur les verbalisations associées aux choix des sons préférés. Cette analyse montre un consensus sur les termes employés pour décrire les raisons qui ont poussé les sujets à choisir ces sons en tant que préférés :

- Guichets : le calme et l'amabilité perçue dans la voie du guichetier.
- Commerces : la musique et l'ambiance de bar.
- Couloirs : le bruit de talons et le calme.
- Salles d'attente : le calme et le silence.
- Quais : le sifflet et la qualité esthétique de la prise de son.
- Halls : les oiseaux.

Ce résultat fait apparaître un consensus autour du critère calme qui est apprécié pour 3 types d'espace : les guichets, les salles d'attente et les couloirs. Pour les deux premiers, ce résultat n'est pas surprenant mais il confirme que ce sont des espaces pour lesquels la notion de confort acoustique est importante. Nous avons évoqué à ce sujet dans le Chapitre 2 des études qui ont abordé plus en détail cette problématique. Le bruit des talons est une source appréciée des sujets pour son aspect esthétique, nous verrons par

la suite que cette source sonore participe aussi à l'identité sonore des espaces de transit. À part pour les halls et les quais où les critères sont difficiles à généraliser ou expliquer, les profils des sons préférés commencent à faire apparaître une idée d'identité sonore des espaces portée par certaines sources sonores. C'est ce que nous abordons plus en détail dans la section suivante.

E1 versus E2

Le tableau 6.6 représente le croisement entre la composition des classes de l'expérience E1 et les classes de l'expérience E2. Ce tableau se lit de la manière suivante : la classe *quai* est composée d'un échantillon de la classe 1, un échantillon de la classe 4, 8 échantillons de la classe 6 et un échantillon de la classe 7. Ce résultat permet donc de voir dans un premier temps comment les 8 classes perceptives de l'expérience E1 sont distribuées dans les classes de l'expérience E2. On voit ainsi que la distribution ne se fait pas de la même manière pour toutes les classes, et que l'on peut réduire le nombre de cas de figure à 3 :

- Une classe de E1 est totalement présente dans une classe de E2 : la classe 4 dans les couloirs, les classes 5 et 7 dans les halls, la classe 6 dans les quais, la classe 8 dans les commerces.
- Une classe de E1 se divise dans deux classes de E2 : la classe 2 dans les salles d'attente et les guichets
- Une classe de E1 se distribue dans plus de deux classes de E2

Classes de E1	Classes de E2					
	Quais 11 sons	Halls 16 sons	Couloirs 10 sons	S. d'attente 8 sons	Guichets 10 sons	Commerces 11 sons
Classe 1 (6 sons)			1		3	2
Classe 2 (14 sons)	1			7	5	1
Classe 3 (11 sons)		3		1	2	5
Classe 4 (12 sons)	1	2	9			
Classe 5 (3 sons)		3				
Classe 6 (8 sons)	8					
Classe 7 (8 sons)	1	7				
Classe 8 (4 sons)		1				3

TAB. 6.6: Expérience E1 versus expérience E2. Comparaison entre la composition des classes entre les deux expériences. Par exemple, la première colonne indique que la classe Quais de l'Expérience 2 comporte 11 sons dont 1 provient de la classe 2 de l'Expérience 1, 1 provient de la classe 4, 8 de la classe 6 et 1 de la classe 7.

Ces différents cas de figures montrent dans un premier temps que les classes de l'expérience E1 se retrouvent pour la plupart entièrement dans une classe de l'expérience E2. Ce résultat confirme donc l'hypothèse que les sujets ont effectué leurs regroupements d'échantillons en se basant sur les mêmes indices sonores dans les deux expériences. Nous allons donc pouvoir déduire de la correspondance entre les classes des deux expériences les indices sonores qui ont servi à la reconnaissance des espaces.

Pour cela, nous avons associé à chaque type d'espace les profils lexicaux des classes de l'expérience E1, selon la façon dont les classes des deux expériences correspondent entre elles. Pour pouvoir simplifier cette correspondance, nous n'avons conservé que les cas où

une classe de E1 se retrouve au minimum à moitié dans une classe de E2. Par exemple, pour la classe Quai, nous ne conservons que la classe 6. Nous pouvons ainsi établir la correspondance simplifiée de la manière suivante :

- Quais = classe 6
- Halls = classe 7 + classe 5
- Couloirs = classe 4
- Salle d'attente = classe 2
- Guichets = classe 2 + classe 1
- Commerces = classe 8 + classe 3

Cette correspondance permet d'attribuer un profil lexical à un type d'espace à partir du profil lexical d'une ou deux classes de E1. Cette association permet d'obtenir les signatures sonores des espaces, qui correspondent alors aux indices sonores permettant de les reconnaître. Ces signatures sonores sont présentées dans le Tableau 6.7. Ce tableau fait aussi apparaître les proportions (en %) de chaque thème. Pour les quais, les couloirs et les salles d'attente, les proportions des thèmes sont identiques aux proportions calculées pour les classes de E1 (voir figure 6.5). Pour les autres espaces, nous avons d'abord additionné les occurrences de chaque terme puis recalculé les proportions des thèmes.

Thème	QUAIS		HALLS		COULOIRS	
	%	Termes	%	Termes	%	Termes
Sources sonores	44	trains, annonces	50	annonces, affichage, trains	18	valises, machines
Activités humaines	27	Arrivées, départs, attente, voix	18	arrivées, départs, voix,	48	pas, passage, déplacements, voix
Effet de salle	6	extérieur, réverbération moyenne	14	forte réverbération, résonances	15	forte réverbération
Type d'espace	10	quais	4	quais, halls	8	hall, couloirs
Jugement	13	-	14	-	11	bruyant, rythmique

Thème	SALLES D'ATTENTE		GUICHETS		COMMERCES	
	%	Termes	%	Termes	%	Termes
Sources sonores	10	-	11	trains, billets, annonces	26	annonces, musique, trains
Activités humaines	25	voix, gens	34	voix, présence humaine, attente, pas	28	voix, gens
Effet de salle	32	espace clos, intime, faible réverbération	27	espace clos, isolé	18	forte réverbération, résonances
Type d'espace	14	bar, salle d'attente, guichet	16	bar, salle d'attente, guichet	14	hall, bar, salle d'attente
Jugement	19	calme, intime, confortable	12	calme, intime	14	agréable

TAB. 6.7: Signatures sonores des 6 types d'espaces obtenues par le croisement entre les classes typologiques de l'expérience E2 et les profils lexicaux des classes de l'expérience E1.

6.2.4 Conclusions de l'approche expérimentale

Cette étude expérimentale a permis d'explorer la perception de l'ambiance sonore des différents espaces qui composent une gare. Les résultats de la première expérience (catégorisation libre et verbalisations) ont montré que les auditeurs avaient une représentation en mémoire des ambiances sonores de gares, indépendamment de la notion de type d'espace. Cette représentation est formée de 8 catégories d'ambiances sonores, regroupées autour de plusieurs types d'indices : les sources sonores, l'activité humaine et l'effet d'espace. Les sources sonores et l'activité humaine sont les indices sonores les plus fréquemment utilisés puisqu'ils sont responsables en grande partie de 5 catégories sur 8. L'effet d'espace est moins présent mais il est tout de même prépondérant dans la formation d'une catégorie (classe 2 avec 32% des verbalisations qui concernent l'effet d'espace).

Ensuite, une deuxième expérience effectuée avec de nouveaux sujets mais sur le même corpus d'échantillons sonores a montré que les sujets étaient capables de reconnaître le type d'espace, simplement en écoutant une ambiance. Une réserve est cependant émise pour les espaces de type *Commerce*, ceux-ci sont bien reconnus mais sont aussi regroupés avec des échantillons d'autres types d'espaces. Les autres espaces par contre sont très bien reconnus avec très peu d'erreurs de la part des sujets. Cela montre d'une manière plus générale que les sujets, à qui la typologie des espaces avait été donnée au début de l'expérience, ont une bonne représentation sonore de ces espaces. On a pu voir avec le choix des sons préférés que cette représentation est liée en partie aux sources sonores, ce qui laisse penser que ces sources ont un rôle dans la reconnaissance des espaces.

En faisant la correspondance entre les classes typologiques (i.e. les classes d'échantillons reconnus comme provenant d'un type d'espace) et les classes de l'expérience précédente, nous avons pu en déduire les indices sonores qui étaient responsables de la reconnaissance des espaces. Ces indices sont aussi les sources sonores (principalement les trains, les annonces, les palettes du TGD, les trains, les valises, la musique), 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). Ce dernier intervient principalement pour la reconnaissance des salles d'attente et des guichets (avec l'activité humaine).

Ces résultats mettent donc en lumière une aptitude de la perception des ambiances sonores : celle d'interpréter les informations véhiculées par les sources sonores, l'activité humaine et l'effet d'espace pour identifier le type d'espace dans lequel on se trouve. Mais cela montre aussi que les auditeurs ont une représentation en mémoire de l'ambiance sonore des différents espaces qui composent une gare. En d'autres termes, nous avons montré que ces informations sonores (pour la plupart non intentionnelles, voir Chapitre 2) ont permis aux auditeurs de construire une représentation mentale des espaces au cours de leur expérience passée.

On peut cependant émettre une réserve justifiée quant à ces résultats obtenus en laboratoire. En effet, nous avons identifié les signatures sonores des espaces grâce à des expériences au cours desquelles les sujets étaient assis dans une cabine isolée, et écoutaient les échantillons avec un casque. Même si une attention particulière a été donnée à la qualité des enregistrements (voir Chapitre 5), il n'en reste pas moins que les sujets étaient loin d'être en conditions réalistes d'utilisation de la gare. La question qui est soulevée alors est : que sont ces signatures sonores lorsque les sujets sont questionnés in situ ? Les paragraphes suivants vont permettre d'apporter des éléments de réponses à cette question grâce à une enquête in situ sur la perception des ambiances sonores.

6.3 Enquête in situ

6.3.1 Introduction

Afin d'évaluer la pertinence des résultats obtenus en laboratoire présentés précédemment, une enquête auprès des clients de la SNCF a été mise en place dans certaines gares de France. Cette enquête a fait l'objet d'un travail effectué en collaboration avec Pauline Lazareff [Laz05]. L'enquête avait trois objectifs, les paragraphes suivants ne présenteront qu'une synthèse des résultats concernant les deux premiers qui ont trait directement avec notre problématique.

Le premier objectif était d'obtenir une description de l'ambiance sonore des espaces par les usagers en situation réelle, pour pouvoir ensuite les comparer aux signatures sonores obtenues en laboratoire. Le deuxième objectif est la validation de deux hypothèses formulées sur la base des résultats obtenus en laboratoire. La première hypothèse concerne le son émis par les palettes des panneaux d'affichage (TGD). Nous avons vu dans les expériences en laboratoire que cette source sonore était porteuse d'information sur le type d'espace dans lequel on se trouve (les halls). Notre hypothèse est que cette source sonore est porteuse d'une autre information : la mise à jour du TGD, information sonore qui peut permettre aux usagers d'attendre que leur train s'affiche sans avoir à regarder le tableau sans cesse. La deuxième hypothèse à tester avec l'enquête concerne les bruits de pas. Nous avons vu que cette source sonore participait aussi à la reconnaissance d'un certain type d'espace (les espaces de transit). Nous souhaitons maintenant connaître le jugement d'agrément porté par les usagers sur cette source sonore en particulier.

6.3.2 Questionnaire

L'élaboration du questionnaire est une phase très importante dans la mise en place d'une enquête. Les travaux de Mzali [Mza00, MDLP01, Mza02] ont montré la nécessité de plusieurs phases préliminaires avant l'écriture du questionnaire final. Lazareff s'est inspirée de ces méthodes, ainsi que de techniques fréquemment utilisées en sciences sociales [Com99] afin de construire son questionnaire pour les gares. L'auteur a notamment respecté une série de règles de base à la construction d'un questionnaire :

- Le sens des questions doit être le même pour le sondeur et le sondé. Pour cela, le vocabulaire doit être le plus simple possible, et les formulations doivent être sans ambiguïté. Il faut un seul sujet par question (pas de et, ou), et formuler les questions sans négation.
- Une technique pour connaître les habitudes des gens sur un certain point, est de demander combien de fois ils ont fait telle ou telle chose au cours du dernier mois. Par exemple : « *Combien de fois êtes-vous allé au cinéma au cours du dernier mois ?* », fera plus réfléchir la personne que : « *Quelle est la fréquence de vos sorties au cinéma en général ?* ».

Ainsi, un pré-questionnaire a été écrit et testé in-situ dans le but d'évaluer si les usagers comprenaient bien les questions.

Description

Le questionnaire final comporte trois questions qui portent spécifiquement sur la description de l'ambiance sonore du lieu :

1. « *Pouvez-vous décrire l'ambiance sonore de cette gare ?* »

2. *«Pouvez-vous décrire l'ambiance sonore de cet endroit en particulier ?»*
3. *«Énumérez et décrivez précisément ce que vous entendez»*

Ces trois questions doivent amener progressivement la personne interrogée à se concentrer sur le sonore, car il n'est pas forcément naturel pour tout le monde d'écouter et de décrire l'environnement sonore dans lequel on se trouve. De plus, les questions 1 et 2 qui demandent de décrire l'ambiance sonore incitent plutôt à donner des adjectifs, à qualifier l'ambiance, tandis que la question 3 qui demande d'énumérer et de décrire ce que l'on entend porte plutôt à donner les éléments de l'ambiance sonore. Les réponses à ces questions réunies donneront une description globale de l'ambiance sonore que l'on pourra comparer aux signatures sonores obtenues en laboratoire.

Hypothèses sur les sources sonores

Un autre objectif de l'enquête était de tester deux hypothèses sur des sources sonores spécifiques : le son émis par les palettes du TGD et les bruits pas. Trois questions ont donc cherché à tester ces hypothèses, les deux premières concernent le son des palettes :

1. *«Que pensez-vous du bruit émis par le tableau d'affichage ? Est-ce : gênant ; pas gênant ; agréable ; pas agréable ? - Pourquoi ?»*
2. *«Vous sert-il à quelque chose ? - Si oui, à quoi ?»*
3. *«Que pensez-vous des bruits de pas dans cet endroit ?»*

6.3.3 Protocole

Le choix des sites pour faire passer les enquêtes s'est porté sur les espaces prototypes de l'expérience E2 (voir Tableau 6.5) pour une meilleure cohérence lors de la comparaison entre les résultats du laboratoire et de l'enquête. Nous rappelons ces espaces prototypes :

- Quais : Avignon TGV
- Halls : Nantes
- Couloirs : Bordeaux Saint Jean
- Salles d'attente : Paris Est
- Guichets : Bordeaux Saint Jean
- Zones commerciales : Nantes

Pour faire passer les questionnaires, l'enquêtrice se positionnait librement dans l'espace choisi, sans en franchir les limites. L'objectif à réaliser était d'interroger environ 30 personnes par espace. Au total, 165 personnes ont été interrogées. Chaque entretien était enregistré à l'aide d'un dictaphone, pour rendre l'entretien plus interactif et pour faciliter la transcription.

6.3.4 Résultats

Toutes les réponses ont été transcrites à la main à partir des notes prises sur le terrain et des enregistrements effectués avec les personnes interrogées. L'analyse lexicale des transcriptions a été effectuée de la même manière que dans l'étude en laboratoire, c'est-à-dire grâce au décompte des occurrences de chaque terme et au regroupement de termes ayant la même signification. Les résultats montrent dans un premier temps que les thèmes employés pour décrire l'ambiance sonore des espaces sont sensiblement identiques à ceux employés en laboratoire. Cependant, les proportions et le contenu de chaque thème sont différents entre le laboratoire et l'enquête.

Descriptions des ambiances sonores

Comparaison des proportions Le Tableau 6.8 présente une comparaison entre les proportions de chaque thème dans les signatures sonores obtenues en laboratoire et dans les descriptions des personnes interrogées in situ. Une case en gras dans le tableau indique une comparaison en faveur du laboratoire.

Thème	Proportions, Laboratoire vs In Situ (en %)					
	Quais	Halls	Couloirs	S.d'attente	Guichets	Commerces
Sources sonores	44 vs 54	50 vs 34	18 vs 45	10 vs 18	11 vs 17	26 vs 6
Activité humaine	27 vs 15	18 vs 27	48 vs 23	25 vs 47	34 vs 38	28 vs 34
Effet de salle	6 vs 1	14 vs 14	15 vs 9	32 vs 0	27 vs 9	18 vs 0
Type d'espace	10 vs 0	4 vs 0	8 vs 0	14 vs 0	16 vs 0	14 vs 0
Jugement	13 vs 30	14 vs 19	11 vs 23	19 vs 29	12 vs 33	14 vs 0

TAB. 6.8: Laboratoire versus in situ. Comparaison des proportions de chaque thème employé pour décrire les ambiances sonores des différents types d'espace. Chaque comparaison est effectuée dans le sens laboratoire versus in situ. Les comparaisons sont notées en gras lorsque la proportion du laboratoire est supérieure.

On peut remarquer sur ce tableau plusieurs tendances. Tout d'abord, les thèmes *sources sonores* et *activité humaine* ont été employés plus souvent lors de l'enquête que lors des expériences en laboratoire. En d'autres termes, les sources sonores sont décrites plus en détail en situation réelle. Au contraire, les thèmes *effet de salle* et *type d'espace* ont été plus fréquemment utilisés dans les descriptions en laboratoire que lors des enquêtes in situ. Ce résultat montre qu'en laboratoire, les sujets décrivent plus facilement les informations sonores liées à l'espace qu'en situation réelle. Autrement dit, l'aspect réverbérant d'une ambiance sonore est plus saillant dans un enregistrement qu'en situation réelle. Ce résultat montre que les sujets, n'ayant aucune information visuelle sur l'espace lorsqu'ils sont en laboratoire, cherchent spontanément à décrire le lieu où a été enregistré l'échantillon qu'ils écoutent. Par contre, lorsque les sujets sont en situation réelle, ils savent où ils se trouvent et peuvent voir la plupart des sources sonores. En référence aux travaux de Gaver [Gav93a, Gav93b], ces deux tendances peuvent aussi s'expliquer par deux stratégies d'écoute différentes : une écoute quotidienne, orientée vers la reconnaissance des sources sonores, et une écoute musicale, plus orientée vers la description des propriétés du son. Le premier type d'écoute est privilégié dans une situation réelle. Ce résultat peut alors amener plusieurs questions : cela veut-il dire que les informations sonores liées à l'espace identifiées en laboratoire ne sont plus utilisées en situation réelle ? ou au contraire que ces informations sont intégrées de manière inconsciente en situation réelle et ne peuvent être explicitées que dans une situation de laboratoire ? Les résultats que nous avons obtenus ne permettent pas de répondre à ces questions, nous retiendrons par contre que, même si les proportions sont différentes, les descriptions obtenues en situation de laboratoire sont cohérentes avec celles obtenues in situ.

En ce qui concerne le jugement, il est beaucoup plus présent dans les descriptions in situ. On peut supposer que les usagers en situation réelle sont plus impliqués dans le contexte que les sujets en cabine d'écoute, et que, de ce fait, ils expriment plus spontanément un jugement personnel sur la situation (sachant que ce qui est demandé est une description de l'ambiance et non pas un jugement d'agrément).

Comparaison des thèmes Le tableau 6.9 compare à présent le contenu de chaque thème employé pour décrire les ambiances sonores lorsque les sujets sont en laboratoire ou en situation réelle. Ce tableau reprend les signatures sonores des espaces du Tableau 6.7, sans le thème *type d'espace* puisqu'il n'est pas apparu lors de l'enquête in situ.

Thème	QUAIS		HALLS		COULOIRS	
	In situ	Laboratoire	In Situ	Laboratoire	In Situ	Laboratoire
Sources sonores	Valises, annonces, musique, oiseaux, vent, automobiles	trains, annonces	Annonces, appareils, affichage	annonces, affichage, trains	trains, valises, annonces	valises, machines
Activités humaines	voix, pas	Arrivées, départs, attente, voix	voix	voix, arrivées, départs	pas, voix, passage	pas, passage, déplacements, voix
Effet de salle		extérieur, réverbération moyenne	forte réverbération, fond sonore	forte réverbération, résonances	fond sonore	forte réverbération
Jugement	agréable, calme		agréable		agréable	bruyant, rythmique

Thème	SALLES D'ATTENTE		GUICHETS		COMMERCES	
	In situ	Laboratoire	In Situ	Laboratoire	In Situ	Laboratoire
Sources sonores	annonces, portes, bruits extérieurs		machines à billets, portes	trains, billets, annonces	appareils, vaisselle, monnaie	annonces, musique, trains
Activités humaines	Accueil, voix	voix, gens	voix, mouvements, bruit des gens	voix, présence humaine, attente, pas	voix	voix, gens
Effet de salle		espace clos, intime, faible réverbération	feutré	espace clos, isolé		forte réverbération, résonances
Jugement	agréable, calme	calme, intime, confortable	agréable, calme	calme, intime		agréable

TAB. 6.9: Comparaison des signatures sonores obtenues en laboratoire et in situ.

Ce tableau permet alors de comparer, pour chaque espace, les descriptions effectuées dans les deux conditions expérimentales.

Les quais

- Les thèmes *effet de salle* et *jugement* suivent les tendances générales observées lors de l'étude des proportions.
- Le thème *activité humaine* est similaire dans les deux colonnes.
- Le thème *sources* ne correspond pas. Pour la colonne in situ, on trouve des sources extérieures à la gare, comme les oiseaux, le vent, les automobiles. En effet, le calme qui régnait sur ce quai permettait d'entendre des sons très légers et lointains.

Les halls

- Les signatures sonores sont quasiment identiques. Le prototype a donc été bien choisi, et nous avons bien là la signature sonore d'un hall.
- Le bruit des trains n'apparaît pas dans le thème *sources sonores* in situ, car le hall était séparé des voies.
- Les verbalisations «arrivées» et «départs» dans le thème *activité humaine* doivent correspondre à un groupe d'indices sonores (échanges verbaux, mouvements. . .) qui ont permis aux sujets de l'expérience de déduire qu'ils s'agissait de départs et d'arrivées de voyageurs.

Les couloirs

- Il y a plus de jugement in situ : cela suit la tendance globale.
- Les thèmes *activités humaines* et *sources sonores* correspondent bien.
- Le thème *effet de salle* est différent : cela est certainement dû au fait qu'il n'y avait pas de bruit de train à l'arrêt dans les séquences sonores utilisées pour les expériences, alors qu'il y avait toujours au moins un train à l'arrêt lors des passations de questionnaires à Bordeaux. Cela créait un bourdonnement constant assez particulier.

Les salles d'attente

- Les thèmes *activités humaines* et *jugement* correspondent bien. Cependant, les conditions de passation du questionnaire n'étaient pas habituelles pour cet espace, puisque la bulle d'accueil était ouverte sur la salle d'attente. La sous-catégorie «accueil» ne devrait pas apparaître.
- Les thèmes *effet de salle* et *sources sonores* suivent les tendances générales des proportions que nous avons vues dans le paragraphe précédent.

Les guichets On peut voir que les signatures sonores sont quasiment identiques. Cela montre que le prototype a été bien choisi, et que cette signature sonore correspond bien à la signature sonore d'un guichet.

Les commerces On peut voir pour ce type d'espace, par contre, que les signatures sonores ne correspondent pas, qu'il n'y a aucune verbalisation sur l'effet de salle, ni sur le jugement in situ. Enfin, les sources sonores sont très différentes.

Hypothèses sur les sources sonores

Le son des palettes L'analyse des réponses aux questions sur cette source sonore ont montré :

- Sans qu'on leur pose explicitement la question, la moitié des personnes interrogées ont spontanément mentionné que le bruit des TGD leur permettait de savoir qu'une mise à jour avait été effectuée. Lorsqu'on leur pose directement la question, la majorité des gens (70%) pense que ce son est utile.
- Il y a beaucoup de verbalisations sur le jugement de ce son, et la plupart sont positives.

Cette hypothèse est donc largement vérifiée par l'enquête. Le son émis par les tableaux d'affichage à palettes lors de leur mise à jour est porteur d'information pour les usagers. De plus, les usagers apprécient ce son.

Les pas Les résultats montrent que presque 70% des personnes interrogées trouvent que ce bruit n'est pas gênant, 17% le trouvent même agréable.

Ce son, qui est l'indice sonore principal pour la reconnaissance des espaces de transit, n'est pas jugé négativement par la plupart des usagers.

6.3.5 Conclusions de l'enquête in situ

Nous venons de présenter une synthèse des résultats obtenus lors d'une enquête auprès des usagers dans 6 différents espaces de gares. Les espaces choisis correspondaient aux échantillons sonores prototypes identifiés dans l'expérience E2 décrite dans les paragraphes précédents. Nous n'avons présenté ici que les résultats des questions sur la description de l'ambiance sonore des espaces et sur la validation d'hypothèses sur certaines sources sonores (TGD et pas).

Les résultats montrent que les thèmes employés pour décrire les ambiances sonores in situ sont, pour la plupart, les mêmes que ceux obtenus en laboratoire. Les sources sonores, l'activité humaine, l'effet d'espace et le jugement sont des thèmes qui se retrouvent dans les deux situations, seul le thème *type d'espace* n'est présent qu'en laboratoire. Ce premier résultat montre ainsi que la description des ambiances sonores en laboratoire et en situation réelle s'effectue qualitativement sur les mêmes thèmes. Par contre les proportions de chaque thème les uns par rapport aux autres sont différentes. Plusieurs tendances ont été identifiées montrant que le laboratoire accentue les informations sonores sur l'espace et diminue les effets du jugement d'agrément, alors que l'enquête in situ accentue les thèmes *sources sonores* et *activité humaine*. Ensuite, les descriptions en situation réelle sont très cohérentes, en terme de contenu, avec les signatures sonores de tous les types d'espaces, sauf les *commerces*.

6.4 Conclusions

Ce chapitre a présenté une étude sur la perception de l'ambiance sonore des gares. Cette étude s'est composée de deux approches : des expériences en laboratoire avec des auditeurs et une enquête in situ auprès des usagers. Nous avons vu dans le chapitre précédent qu'une gare pouvait être décomposée en 6 types d'espaces qui correspondent chacun à différents critères architecturaux, acoustiques et fonctionnels. Ces 6 types d'espaces sont les quais, les halls, les espaces de transit (couloirs, escaliers), les salles d'attente, les espaces de vente SNCF (ex : guichets) et les zones commerciales.

L'étude présentée dans ce chapitre a montré que les auditeurs avaient une représentation perceptive de l'ambiance sonore de ces espaces. Cette représentation a été caractérisée en termes de catégories formées autour de différentes informations sonores, ainsi qu'autour d'échantillons prototypes, au sens de Rosch [Ros78]. Les propriétés sonores mises en jeu dans la formation des catégories, identifiées grâce aux verbalisations des sujets, et confirmées par l'analyse acoustique des prototypes, sont regroupées en 4 types : les sources sonores (ex : palettes du TGD, pas, trains), l'activité humaine (ex : conversations, voix), l'effet de salle (ex : réverbération, échos) et le jugement. Ces indices sonores sont cohérents avec les résultats d'études antérieures sur la perception des ambiances sonores urbaines [Gua03, Maf99], de l'intérieur des trains [Mza00, Mza02, Kha02] et sur la perception sonore des propriétés d'un espace [Bla97]. Il a été montré ensuite que cette représentation en catégories était cohérente avec la typologie d'espaces mise en évidence précédemment. En d'autres termes, nous avons montré que les auditeurs étaient capables

d'associer un échantillon avec le type d'espace d'où il provient, uniquement en l'écoutant. Cette reconnaissance est basée sur les indices sonores identifiés précédemment.

Enfin, les résultats d'une enquête auprès des usagers de ces espaces de gares ont permis de valider *in situ* les indices sonores responsable de la signature sonore des espaces. Les descriptions verbales sont basées sur les mêmes thèmes sémantiques qu'en laboratoire. Par contre, les proportions de chaque thème sont différentes : les sources sonores sont décrites plus précisément en situation réelle qu'en laboratoire, alors que l'effet de salle est plus saillant en laboratoire. Cette tendance peut s'expliquer par différentes stratégies d'écoute, mises en évidence par Gaver [Gav93a, Gav93b] : d'un côté une écoute analytique, dite «écoute musicale», de l'autre une écoute plus orientée vers l'identification des sources, ou «écoute quotidienne». De plus, l'enquête a permis de tester des hypothèses sur l'information sonore véhiculée par certaines sources. Par exemple, le son émis par les palettes des tableaux des départs (TGD) apporte une information que les usagers ont appris à utiliser : l'information que le tableau est en train d'être mis à jour. Cette information sonore permet aux usagers d'attendre que leur train s'affiche sans avoir à regarder le tableau sans arrêt.

Cette étude a donc montré que les espaces d'une gare sont reconnus à partir de l'ambiance sonore. Les résultats des expériences en laboratoire, et des enquêtes *in situ*, ont permis d'identifier les informations sonores associées à chaque type d'espace. Ces informations sonores participent à l'élaboration d'une représentation en mémoire de ces espaces, représentation partagée par un groupe culturel. Cette étude nous permet ainsi de répondre à l'hypothèse servant de postulat à la poursuite de ce travail, i.e. la proposition d'une nouvelle forme d'information sonore, pour améliorer l'usage d'un espace. En effet, ces résultats montrent que de nouvelles informations sonores (telle une signalétique sonore), seront à terme comprises et intégrées à notre représentation de l'ambiance sonore des espaces, au même titre que les autres informations sonores que nous avons identifiées. En d'autres termes, l'ajout d'une signalétique sonore, même *arbitraire*, sera par apprentissage intégrée dans une *convention culturelle*. Cependant, cela ne signifie pas que n'importe quelle proposition pourrait convenir, et qu'il n'est pas possible de proposer des choix plus judicieux. Cette question constitue l'objet de la suite de ce travail, dans laquelle nous allons proposer une méthodologie pour la réalisation d'une signalétique sonore, adaptée à la perception et en réponse aux problèmes rencontrés par les usagers.

Chapitre 7

Identification de problèmes d'usage

7.1 Introduction

Nous avons vu dans le chapitre précédent que les usagers d'une gare avaient acquis par expérience des connaissances sur l'ambiance sonore des gares et sur les informations sonores qu'ils étaient susceptibles d'utiliser lors de leur passage dans la gare. Nous souhaitons maintenant aborder une nouvelle question : comment apporter de nouvelles informations sonores ? Pour cela, nous proposons d'identifier le rôle que doivent jouer ces nouvelles informations sonores. Autrement dit, avant d'aborder la réalisation sonore, il nous semble fondamental d'identifier clairement l'information que l'on souhaite véhiculer. Nous avons choisi pour cela de nous baser sur l'analyse de l'usage d'une gare dans le but d'identifier les problèmes rencontrés par les usagers. Ce sont ces problèmes que nous proposerons de résoudre à l'aide de nouvelles informations sonores.

L'objet de ce nouveau chapitre est maintenant de présenter une étude sur l'identification des problèmes rencontrés par les usagers dans une gare. Cette étude s'est déroulée en plusieurs étapes décrites dans les paragraphes suivants. Nous verrons enfin comment les résultats obtenus ont permis d'identifier précisément les problèmes rencontrés par des usagers sur un trajet effectué dans une gare.

7.2 Choix du terrain d'expérimentation

Avant de mettre en place la méthodologie d'analyse de l'usage in situ, il nous fallait identifier un terrain d'expérimentation. Plus précisément, ce que l'on cherche dans cette étape préliminaire c'est une gare dans laquelle il existe un problème a priori. Aussi, dans un premier temps, ce n'est pas une description précise du problème qui est recherchée, mais plutôt une indication sur un problème rencontré par les usagers dans une gare.

7.2.1 Entretien avec les chefs de gares

Des entretiens auprès des responsables de gare des différentes gares parisiennes ont permis de faciliter le choix de la gare. Le but de ces entretiens était que les chefs de gare donnent une description des problèmes les plus fréquemment rencontrés par les usagers. À la question « quels sont les principaux problèmes rencontrés par les usagers dans la gare ? » voici un résumé de ce que les personnes interrogées ont répondu (entre parenthèse est indiquée la fonction de la personne interrogée) :

Gare du Nord (responsable des actions liées à la propreté de la gare)

Les principaux problèmes rencontrés par les usagers dans la gare sont des problèmes d'orientation : ils ne trouvent pas les voies, les guichets, les services dans la gare (objets trouvés, police, bagages enregistrés) et à l'extérieur de la gare (poste, taxis, etc.).

Gare d'Austerlitz (responsable de la mise en qualité de la gare)

Ce sont essentiellement des problèmes d'orientation : trouver le RER quand on vient du Hall Arrivées, les quais quand on vient du cours des départs, la billetterie.

Gare de l'Est (Dirigeant de proximité, DPX)

Les gens ne trouvent pas les totems (panneaux de signalisation implantés à différents endroits de la gare et fournissant des informations sur la gare : plans, horaires, toilettes, etc.), l'accès au métro, les toilettes, les quais, l'agence carte intégrale, les bus (aucune indication pour le moment).

Gare de Lyon (Chef d'établissement)

Les gens confondent voie 1 et voie i, ils ne comprennent pas toujours la distinction entre les voies à lettres et les voies à chiffres (impairs).

Gare St Lazare (adjoint de production et responsable de l'exploitation et de l'Escale)

C'est un cas particulier puisque près de 80% des clients de la gare sont des très grands habitués (trafic Ile de France très important). Pour les néophytes, c'est-à-dire essentiellement des usagers des trains Grandes Lignes, le problème est la distinction entre les voies Grandes Lignes et les voies Ile de France.

Gare Montparnasse (Chef de Gare Voyageur et correspondant de la Direction des Gares)

Les gens ne comprennent forcément pas la transition entre le métro et la gare, certains ne trouvent pas la gare Montparnasse 3 Vaugirard (voies 25 à 28 situées au bout du quai 24), problèmes de localisation de manière générale.

On remarque que les principaux problèmes mentionnés par les personnes interrogées sont des problèmes d'orientation. Les responsables n'ont pas forcément donné d'exemple très précis, à l'exception de la Gare d'Austerlitz (RER) et la Gare Montparnasse (Montparnasse 3 Vaugirard). Le choix du terrain d'expérimentation s'est finalement porté sur le problème de l'accès au hall Vaugirard dans la Gare Montparnasse. La principale raison de ce choix est que la Gare d'Austerlitz venait d'entrer dans une longue période de travaux de rénovations, ce qui aurait perturbé fortement le déroulement de l'expérience.

7.2.2 Description du problème initial

La gare Vaugirard correspond aux voies 25 à 28 de la gare Montparnasse, avec des trains qui ont pour direction Argentan, Granville, etc. Les premiers quais, 1 à 24, étant situés sur la plateforme transversale de la gare principale, les voies 25 à 28 sont quant à elles situées au bout du quai 24. Pour y accéder il faut donc longer la voie 24 jusqu'au bout. Entre le début du quai 2 et l'arrivée dans le hall de Montparnasse 3 Vaugirard, trois tapis roulants sont disponibles pour aller plus vite. Un premier repérage a montré qu'il

faut compter environ 8 minutes pour aller de la sortie du métro au niveau -1 jusqu'aux voies 25 à 28, en prenant les tapis et en marchant tout du long à une allure soutenue.

D'après les observations du chef de gare de Montparnasse, des usagers se perdent lorsqu'ils essaient d'atteindre la gare Montparnasse 3. Selon eux, le problème viendrait du fait que les usagers ne voient pas le tout premier panneau qui indique les voies 25 à 28 et qui se trouve au bout du quai transversal. Ensuite, les responsables de la gare précisent que ce problème a été observé essentiellement dans une situation de départ immédiat, c'est-à-dire lorsque les usagers doivent prendre un train qui part de Vaugirard dans les minutes qui suivent. Aucune autre précision n'a été fournie.

Les parties suivantes vont tenter d'identifier et de décrire clairement les problèmes que rencontrent les usagers dans ce cas précis, en utilisant les éléments de méthodologie présentés précédemment.

7.3 Protocole : Expérience E3

7.3.1 Consigne

Présentation Dans la partie précédente, les entretiens avec les chefs des différentes gares parisiennes ont permis de choisir le terrain d'expérimentation et le problème traité. Le choix s'est porté sur la gare Montparnasse et plus spécifiquement sur le parcours d'accès à une partie spécifique de la gare : la gare Montparnasse 3 Vaugirard. La consigne de l'expérience amène les sujets testés à emprunter un trajet pour accéder à la gare Montparnasse 3 Vaugirard en partant d'un endroit donné de la gare principale. Il faut aussi que la consigne permette au sujet de bien comprendre la situation de l'expérience.

Dans une première partie, la consigne présente le cadre de l'expérience, en précisant que le but de l'expérience est d'identifier les défauts de la gare et non pas de juger la performance du sujet. Cette précision permet, selon Theureau [The97] d'amener le sujet à être critique vis-à-vis de la gare ce qui facilitera l'échange lors de l'entretien d'autoconfrontation. Voici le texte de la première partie de la consigne :

Cette étude porte sur la gare Montparnasse et a pour objectif d'identifier les défauts de cette gare du point de vue de l'utilisateur. Nous cherchons donc les problèmes rencontrés par les voyageurs lors de leurs trajets dans la gare.

C'est pourquoi nous vous demandons d'effectuer un trajet dans la gare.

Ensuite, la consigne présente la tâche que doit effectuer le sujet, en prenant soin d'éviter toute ambiguïté sur l'objectif du trajet. C'est-à-dire que la consigne présente le plus explicitement possible ce que doit effectuer le sujet testé. Voici cette partie de la consigne :

L'objectif de votre trajet est de prendre un train pour GRANVILLE dès que possible. Il vous a été fourni un billet ouvert, donc vous ne connaissez pas l'horaire exact.

Le problème que nous souhaitons observer peut davantage avoir lieu (selon les observations du Chef de Gare) lors d'une situation de départ immédiat. C'est pourquoi la consigne contient l'indication « dès que possible » qui doit permettre de se rapprocher de la condition de départ immédiat. Le billet fourni au sujet permet aussi de se rapprocher d'une situation réelle. Enfin, la consigne demande au sujet de se comporter, autant que faire se peut, comme s'il était réellement en situation de prendre un train pour des raisons personnelles. Voici ce texte :

Nous vous demandons d'effectuer ce trajet le plus naturellement possible, comme si vous deviez prendre le train pour des raisons personnelles.

Le texte complet de la consigne telle qu'elle était présentée aux sujets est fourni en annexe C.1.

Rendez-vous Chaque sujet a rendez-vous avec l'expérimentateur dans la gare, à la sortie du métro (voir photo plan). Le rendez-vous est fixé à un horaire précis : 15 minutes avant le départ d'un train pour Granville, mais le sujet ne le sait pas, ou plutôt il ne le sait pas encore puisqu'il ne connaît pas encore l'horaire du prochain train pour Granville. Cet horaire est très important puisqu'il permet d'augmenter le réalisme de la situation de départ immédiat. Ce rendez-vous est donné par téléphone quelques jours avant l'expérience et est rappelé la veille, il fait véritablement partie de la consigne. Pour être sûr que le premier contact a bien lieu à l'heure précise, l'expérimentateur fait en sorte d'arriver exactement à l'heure de rendez-vous. Il y a 4 horaires possibles pour aller à Granville en temps normal (hors week-end ou jours fériés) : 10h30, 13h30, 16h35 ou 19h38. En fonction de leurs disponibilités, les sujets avaient donc le choix entre 4 horaires de rendez-vous¹ : 10h15, 13h15, 16h20 ou 19h23.

Vidéo Lors de son trajet, le sujet est suivi et filmé par l'expérimentateur. La caméra est portée au poing. L'angle de prise de vue est choisi de telle sorte que la caméra gêne le moins possible le sujet dans son trajet. En pratique, la caméra est située le plus souvent derrière le sujet. Chaque film dure le temps du trajet, soit au maximum 9 minutes.

7.3.2 Entretien

Chaque trajet est suivi d'un entretien entre le sujet et l'expérimentateur pendant lequel nous regardons la vidéo du trajet que le sujet vient d'effectuer. L'entretien a pour objectif d'amener le sujet à décrire son trajet à l'aide de la vidéo et des techniques d'entretien présentées précédemment. Il est important de préciser très clairement au sujet quel est le but de l'entretien. Voici le texte d'ouverture de l'entretien, qui était identique pour chaque sujet :

Ce qui m'intéresse c'est de savoir comment vous vous y êtes pris pour effectuer le trajet dans la gare. Si vous êtes d'accord, je vais vous poser quelques questions sur ce que vous avez fait, comme ça nous pourrions comprendre ensemble ce que vous avez fait. Vous êtes d'accord ? Pour cela je propose que nous regardions la vidéo ensemble et que vous me commentiez et que vous me décriviez ce que vous faites, étape par étape.

Lorsque le sujet a exprimé qu'il a bien compris la consigne, on lance la vidéo et le sujet commente le film. À tout moment, le sujet ou l'interviewer peut arrêter la vidéo pour prendre plus de temps à la discussion.

Les entretiens ont lieu dans un bureau isolé de la gare Montparnasse ou bien du siège de la SNCF situé à quelques minutes à pied. Chaque entretien est enregistré (son uniquement) pour pouvoir être transcrit lors du dépouillement.

¹Les sujets en avance devaient attendre l'expérimentateur au point de rendez-vous. Lorsqu'un sujet était en retard de plus de dix minutes, soit moins de 5 minutes avant le départ du train, l'expérience était annulée et reportée. Ce cas ne s'est présenté qu'une seule fois.

7.3.3 Sujets

Les sujets ont été recrutés grâce à la même base de données que pour les expériences en laboratoire. Le seul critère de sélection, mis à part de ne pas avoir participé aux expériences de laboratoire, est de ne pas connaître la gare Montparnasse. Ce critère n'est pas toujours facile à respecter car la base de données de sujets est constituée essentiellement de personnes habitant à Paris. C'est pourquoi le critère de sélection a été assoupli : il fallait que les sujets n'aient pas de souvenir précis de la gare Montparnasse. En pratique, les sujets qui ont satisfait ce critère avaient fréquenté la gare 2 à 3 fois dans le passé.

Dix sujets ont passé l'expérience dont 4 hommes et 6 femmes. Dans la suite du texte, nous utiliserons leurs initiales pour garder l'anonymat. Le tableau 7.1 résume le profil de chacun des sujets.

Sujet	Sexe	Age	Profession
CI	H	42	Ingénieur télécom
FM	H	24	Etudiant
JA	F	32	Photographe
LD	H	29	Agent de sécurité, travaille de nuit
KP	F	31	Photographe free lance, professeur de photographie
AB	F	23	Etudiante
MAT	F	23	Etudiante aux beaux arts
CB	F	37	Assistante de production audio visuelle
CLC	H	20	Etudiant en prépa HEC
MPH	F	52	Institutrice

TAB. 7.1: Profils des 10 sujets ayant passé l'expérience E3.

7.4 Résultats

Dans cette partie, le trajet de chaque sujet est analysé indépendamment des autres sujets. L'analyse se fait en deux temps. Dans un premier temps sont décrites les différentes étapes du trajet. Ces étapes peuvent être déduites du film si elles sont clairement observables (ex : monter un escalator) ou bien de l'entretien (ex : lire une information sur un panneau) si le film ne suffit pas. Dans un deuxième temps, le trajet est analysé selon les problèmes rencontrés, la stratégie employée, l'avis du sujet sur le trajet.

Cela permet d'avoir une vision claire et détaillée de chaque trajet avant de pouvoir ensuite tirer des conclusions. Les textes entre parenthèses et guillemets sont des extraits des transcriptions des entretiens.

7.4.1 Le trajet de CI

Les étapes

- Départ à 19h12, soit 26 minutes (voir remarque plus bas) avant le départ du train
- Regarde autour de lui, voit les banlieues en face et le panneau Grandes Lignes
- Suit le panneau Grandes Lignes de gauche
- Prend le 1er escalator
- Arrive en haut, continue à suivre Grandes Lignes

- Prend le 2e escalator
- Arrive en haut
- Se dirige vers le tableau des départs
- Lit les informations sur le train : Granville, 19h38, voie 28
- Regarde l'heure
- Continue tout droit
- Voit le panneau Accès aux trains
- Continue sous le tableau des départs
- Arrive sur la plateforme transversale
- Voit les numéros de voies et le sens de numérotation
- Se dirige vers la droite
- Arrive au niveau de la voie 24
- Voit le panneau voies 25 à 28
- Suit la direction
- Voit le tapis roulant et l'indication 25 à 28
- Prend le tapis roulant
- Arrive à la fin du tapis
- Prend le deuxième tapis
- Arrive à la fin
- Continue tout droit
- Prend le 3e tapis
- Arrive à Montparnasse 3 Vaugirard
- Prend l'escalator
- Arrive dans le hall
- Regarde les écrans
- Arrive à la voie 28 à 19h19, soit 19 minutes avant le départ du train

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées CI est arrivé à temps pour prendre son train, sans rencontrer de difficulté majeure. Lors de l'entretien, il a tout de même précisé qu'il a eu des doutes lors de la longue ligne droite finale, ses explications sont assez claires («Oui alors ce qui s'est passé c'est qu'à un moment donné sur un tapis roulant, j'ai eu un doute au sens où je me suis dit comme je n'ai pu consulter le n° de quai qu'une seule fois sur le grand tableau avec l'horaire et le quai, je me suis dit si jamais j'ai été un peu trop vite, là je suis en train de me taper tout un trajet et si c'est pas ça c'est quand même du temps de perdu. Et j'aurais apprécié en tant qu'utilisateur qu'il y ait à un moment donné un rappel pendant le trajet, avec un panneau comme dans les aéroports»).

Son avis sur le trajet Lorsqu'il s'exprime sur le trajet qu'il vient d'effectuer, CI explique que même s'il n'a eu aucun problème, le trajet pourrait être amélioré grâce à une signalétique plus forte et plus évidente le long du trajet (« je pense que c'est perfectible par des rappels. Bon déjà la numérotation des quais, dans la partie principale de la gare peut-être plus voyante. Et puis un ou deux rappels sur le trajet qui est quand même très long »). Cet extrait montre bien que même si CI a trouvé son train sans problème, il aurait préféré avoir plus d'information sur la longueur du trajet.

Remarque

Il faut noter que CI était très en avance au rendez-vous qui était normalement 15 minutes avant le départ du train. Aussi, nous avons commencé le trajet beaucoup plus tôt par rapport aux sujets qui ont suivi. La condition de départ immédiat n'était donc pas tout à fait respectée. D'ailleurs, après ce sujet, l'horaire de rendez-vous a été respecté plus strictement : l'expérimentateur arrivait exactement à l'heure prévue, afin de ne pas commencer le trajet avant les 15 minutes qui précèdent le départ du train.

7.4.2 Le trajet de FM

Les étapes

Voir annexe C.2.1.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées FM est arrivé à temps pour prendre le train, il n'a eu aucune difficulté majeure lors de son trajet. Il perd un peu de temps au début du trajet, lorsqu'il arrive au niveau 0 et qu'il oublie qu'il doit encore monter 2 niveaux. Ensuite le deuxième plan qu'il regarde ne lui permet pas de savoir où il est, car il n'y a pas l'indication « vous êtes ici », mais il continue quand même à monter. Lors de l'annonce sonore il manque l'information sur l'horaire de train, mais il la trouve un peu plus tard sur un écran à la fin du 1er tapis. Il prend le premier tapis roulant sans hésiter, mais en se fiant à la personne qui le double juste avant. Il prend aussi le 2e tapis, toujours en suivant la même personne (« Expérimentateur(JT) Donc là il y a le type qui vous a doublé, vous le suivez ? Sujet(FM) Ouais je me suis calé sur son rythme, il a l'air pressé, il va à Granville peut-être ... Je suis un peu suiveur ... »). Enfin il prend le 3e tapis, mais cette fois c'est dans la continuité des deux précédents (« Expérimentateur(JT) Ok, et là le 3e tapis vous êtes rentré dedans sans problème ? Sujet(FM) Ah oui, là à force c'est tout droit je vais jusqu'au bout.»).

Sa stratégie FM est le seul sujet à avoir regardé le billet en détail sur lequel il a remarqué l'indication Montparnasse 3 Vaugirard, et à avoir regardé le plan pour préparer son trajet. C'est d'ailleurs le fil conducteur de son trajet, puisqu'à plusieurs reprises il cherche un plan de la gare. Il explique lors de l'entretien que ce comportement est habituel (« je regarde toujours le plan, j'ai fait de la course d'orientation. J'ai l'habitude de me repérer sur des plans »). Il précise que l'horaire du train n'est pas l'information qu'il cherche en premier, mais plutôt les informations spatiales.

Son avis sur le trajet Bien qu'il ait trouvé le train pour Granville sans problème, FM ajoute que, le long de son trajet, il n'a pas vu suffisamment d'écrans lui rappelant l'horaire du train, et que cette information l'aurait rassuré sur le temps qui lui restait.

Remarques

À la fin de l'entretien, FM a raconté que la semaine précédente il s'était perdu dans la gare de Lyon pour trouver la gare de Bercy, il avait donc le souvenir de cette expérience passée au moment de son trajet à Montparnasse. Cela a peut-être eu une influence sur son comportement pendant le trajet, le rendant plus attentif dès le départ.

7.4.3 Le trajet de JA

Les étapes

Voir annexe C.2.2.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées JA arrive donc à temps pour prendre le train, sans rencontrer de véritable problème. Elle a une petite hésitation en haut du premier escalator au début du trajet, mais cela n'a pas de conséquence majeure sur le trajet ni sur son stress.

Doutes Sur la plateforme transversale, elle est troublée par la fin des numéros de quais, mais elle continue quand même en pensant qu'il y aura une information plus tard («Et je vais quand même jusqu'au 24 parce que je me dis qu'au 24 il y aura l'information pour la suite»). Elle est aussi gênée par le premier panneau 25 à 28 car il contient aussi les indications Montparnasse 2 Pasteur et Montparnasse 3 Vaugirard (voir photo). Ce premier panneau ne lui permet pas de comprendre le rapport qu'il y a entre les voies 25 à 28, Montparnasse 2 et Montparnasse 3 («là je suis dans le doute. Je me demande s'il y a une distribution des quais selon les deux noms que je viens de voir. En fait c'est à cause des deux noms que je suis dans le doute, sinon je serais pas dans le doute»). Ce doute s'efface lorsqu'elle voit le 2e panneau au-dessus du 1er tapis (voir photo) qui contient l'information Hall Pasteur Montparnasse 2 et Gare Vaugirard Montparnasse 3 Voie 25 à Voie 28. Ce 2e panneau lui permet de comprendre que les voies 25 à 28 sont situées à Montparnasse 3 Vaugirard («C'est quand je suis arrivée là aussi, j'ai rattaché gare Vaugirard que j'avais vu là bas à gare Vaugirard qui était écrit là, 25 et 28»). Elle prend tous les tapis et suit les panneaux jusqu'au bout.

Son avis sur le trajet Même si elle est arrivée à temps pour prendre le train, JA a un jugement négatif sur le trajet. Précisément entre le moment où elle voit le 1er panneau 25 à 28 et l'arrivée à Vaugirard. D'une part à cause de l'accumulation de ces moments de doute, et aussi parce qu'elle trouve le trajet beaucoup trop long («Je suis le tapis et je me pose plus aucune question. Je suis juste à me dire «oh la la c'est long»). Elle comprend très bien qu'elle est dans la bonne direction mais elle ne comprend pas où peut être la gare Vaugirard, elle est gênée par le fait de devoir longer le quai 24 («Non parce que je comprends pas où est l'autre quai. Tous les quais étaient là, comment il peut y avoir d'autres quais de l'autre côté des quais? ça je comprends pas!») («je vais vers l'avant des trains, comme si j'allais à leur tête, et je vois pas en quoi il pourrait y avoir des quais à la tête d'un train»). C'est le fait de ne pas comprendre qui l'énerve à chaque étape du trajet. La succession des tapis fait qu'à chaque fois elle se demande ce qui va se passer ensuite («je me dis juste «je vais encore découvrir quelque chose de nouveau?» je trouve que c'est trop long, vraiment trop long»).

7.4.4 Le trajet de LD

Les étapes

Voir annexe C.2.3.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées LD arrive donc à temps pour prendre le train, sans avoir rencontré de problème majeur. Il a pris les 3 tapis sans hésitation, à aucun moment il ne s'est posé de question. Lors de l'entretien, il précise quand même qu'en arrivant à Montparnasse 3 Vaugirard, il n'était pas tout à fait sûr d'être arrivé à la fin (« Ah oui quand même parce que je voyais que c'était à 35 et qu'il devait être 30. Et comme ça faisait déjà plusieurs tapis roulant que je faisais, je me demandais si c'était encore loin et en fait en sortant du tapis roulant je vois la voie 26. Et là je suis content j'ai mon train »). En fait il a été surpris par la longueur du trajet (« je pensais pas qu'entre la gare 1 et la gare 3 il y avait un trajet aussi long »).

Son avis sur le trajet D'après LD, pour améliorer le trajet il faudrait indiquer le temps ou la distance qu'il y a entre la gare principale et Montparnasse 3 Vaugirard. Cela permettrait de savoir le temps qu'il reste à parcourir.

7.4.5 Le trajet de KP

Les étapes

Voir annexe C.2.4.

Analyse du trajet

Elle a donc réussi la tâche demandée puisqu'elle est arrivée à temps pour prendre son train. Cependant elle a rencontré des problèmes : elle n'a pas pris tous les tapis, et elle a éprouvé un stress de plus en plus important au fil du trajet. Les paragraphes suivants vont analyser ces problèmes.

Les difficultés rencontrées

Les tapis Elle ne prend pas le premier tapis roulant car « ya une indication qui ne correspond pas à la mienne donc j'ose pas ». En fait elle voit bien le panneau au-dessus du tapis, mais elle se trompe en le lisant puisqu'elle dit après : « il n'y a pas écrit voies 25 à 28 donc bêtement je me dis que c'est pas pour moi ». C'est donc parce qu'elle s'est trompés en lisant le panneau qu'elle ne prend pas le premier tapis. Elle hésite une première fois à prendre le 2e tapis : « je crois qu'il y a un deuxième tapis roulant, j'ai hésité à le prendre car j'ai vu que le premier était tout du long donc ça pourrait m'aider, mais en même temps j'ose pas trop car je me dis ça va peut-être bifurquer tout d'un coup à droite ». Elle s'imagine donc que le tapis pourrait l'emmener trop loin et qu'elle pourrait rater la bifurcation vers la voie 28. C'est donc parce qu'elle n'est pas sûre que le tapis va au bon endroit qu'elle ne le prend pas. Quelques mètres plus loin, elle hésite une deuxième fois, à prendre le 2e tapis : « Je crois qu'un moment j'hésite aussi à prendre ça (le 2e tapis) mais ... mais bon les panneaux ils sont là donc je continue ». Elle voit le tapis mais elle est engagée dans la direction donnée par les panneaux (à gauche des escalators pour M2). C'est donc pour ne pas rebrousser chemin qu'elle décide une 2e fois de ne pas prendre le 2e tapis. Elle prend le 3e tapis. Expérimentateur(JT) « T'as vu le panneau 25 à 28 qui était juste là? Sujet(KP) «Oui je crois, et c'est ce qui m'incite sans doute à prendre le tapis roulant cette fois ci, en me disant *Là je commence franchement à être à la bourre.* Donc vu que les autres tapis auraient pu m'aider et que je ne les ai pas pris, bien celui-là

ça doit être pareil». C'est donc le dernier panneau 25 à 28 qui l'incite à s'engager dans le 3^e tapis. Mais c'est aussi parce qu'elle se rend compte que les 2 tapis précédents auraient pu lui faire gagner du temps.

Le stress Pendant l'entretien, KP a exprimé clairement l'évolution de son stress le long du trajet. Au début du trajet, elle est tout à fait sereine quant au temps qui lui reste pour arriver à son train. (« Donc pas de soucis tout va bien »). Ensuite, dès le début de la ligne droite, elle commence à se sentir moins à l'aise car l'environnement change. (« Ça devient un peu sombre et ça devient beaucoup plus austère du coup. »). Ensuite, lorsqu'elle décide de ne pas prendre le 1^{er} tapis, le stress commence à monter car elle se rend compte que ça risque d'être plus long qu'elle ne le pensait (« ça va être plus long que prévu [...] je commence un peu à stresser là »). Ensuite le stress augmente crescendo car elle trouve qu'il n'y a pas assez d'indications, que l'endroit lui paraît de plus en plus abandonné. De plus, elle s'énerve un peu plus à chaque fois qu'elle se rend compte qu'il faut qu'elle marche encore, et elle ne comprend pas pourquoi elle doit marcher autant. Enfin, lorsqu'elle se rend compte qu'elle aurait pu prendre les deux premiers tapis, ça l'énerve encore plus. Même lorsqu'elle entre dans le hall de Vaugirard, elle n'est toujours pas sûre que c'est la fin du trajet. À cause de tout ce qu'elle a fait avant, elle s'imagine qu'il peut y avoir encore d'autres étapes. (« Mais avec ce que j'ai vu avant, la configuration c'est qu'au bout d'un moment ça se finissait au quai 24 et qu'il fallait marcher très très très longtemps pour arriver au truc. Donc là je me dis « je peux avoir le même cas de figure », c'est-à-dire arriver aux quais 25-26 et puis avoir de nouveau un panneau qui me dit c'est par là et puis c'est encore 500 m. bon c'est un peu Kafka mais comme on était dans cette configuration là évidemment . . . c'est aussi l'horaire qui fait que le stress monte »). Ce n'est qu'à la fin, lorsqu'elle voit la voie 28, que le stress retombe et qu'elle est enfin rassurée.

Sa stratégie Une fois qu'elle a pris connaissance du numéro de la voie (28), la seule chose qu'elle cherche c'est cette voie 28. Ce n'est donc pas la gare Vaugirard qu'elle cherche : « j'ai pas capté que mon truc c'était à Vaugirard, je suis sur le quai 28 » « Non, parce qu'en fait j'ai pas pigé que c'est gare Vaugirard, je suis obnubilée par le fait d'avoir mon quai numéro 28, je vois que ça en fait » « Et je veux voir le quai 28, le reste je m'en tape ! ».

Son avis sur son trajet Lorsqu'on lui pose la question « quels sont les défauts de la gare ? », elle répond d'abord qu'il y a un problème d'affichage dans la gare. Comme ce qu'elle cherche c'est la voie 28, elle trouve qu'il n'y a pas assez de panneaux qui indiquent la direction pour la voie 28. Ensuite, il y a un problème sur le billet, elle ne comprend pas que Montparnasse 3, Vaugirard, et voie 28 c'est la même chose. Ensuite, l'environnement de la gare, à partir de la ligne droite, ne lui est pas du tout agréable. Enfin, elle aurait souhaité que quelque chose lui indique qu'il y a une longue distance à parcourir.

7.4.6 Le trajet de AB

Les étapes

Voir annexe C.2.5.

Analyse du trajet

AB est arrivée à temps pour prendre le train, mais elle a rencontré quelques problèmes le long du trajet.

Les difficultés rencontrées

La plateforme transversale En arrivant sur la plateforme, après avoir lu le TGD, AB est gênée par les tourniquets des quais pour la banlieue qu'elle voit en face d'elle. En fait, elle sait que le train qu'elle doit prendre est un train Grandes Lignes, et qu'il n'y a pas de tourniquet pour ces trains là. C'est pourquoi, lorsqu'elle voit les quais pour la banlieue, elle se dirige vers la gauche, là où il n'y a plus de tourniquets. Il y a aussi des trains Grandes lignes à droite mais ça elle ne le voit pas. Elle se rend compte, une fois qu'elle a lu le numéro du dernier quai Grandes Lignes à gauche des banlieues, qu'il y a aussi des trains Grandes lignes à droite, et qu'il n'y a pas de discontinuité dans les numéros de quais entre Grandes Lignes et Banlieue.

Les tapis Une fois arrivée au début de la longue ligne droite du quai 24, AB n'a aucun mal à prendre le premier tapis. Par contre, lorsqu'elle arrive à la fin du 1er tapis, elle continue mais elle ne prend pas le 2e tapis. En fait, en arrivant là, elle remarque qu'il y a deux panneaux 25 à 28 à deux endroits différents : l'un en face d'elle et l'autre à gauche. De plus, le panneau le plus proche n'est pas exactement au-dessus du 2e tapis. Elle hésite donc et finit par ne pas prendre le tapis car rien d'évident ne l'y incite (« il y a des panneaux là et là, et donc du coup, je me suis retrouvée au milieu à la fois à me dire je pourrais prendre le tapis roulant et en même temps ya rien qui . . . et puis après je vois que c'est de l'autre côté aussi . . . »). Enfin, elle ne prend pas non plus le 3e tapis car rien ne lui indique qu'il va dans la bonne direction (« il me semble que je me suis dit « je sais pas où il va » donc je le prends pas, au cas où »). D'après elle, elle est aussi incitée à ne pas le prendre car la personne devant elle ne le prend pas non plus alors que cette personne avait pris le 2e tapis.

Arrivée à Montparnasse 3 - Lorsqu'elle arrive en haut de l'escalator de Vaugirard, son premier geste est de continuer à monter les escaliers. Mais elle se rend compte qu'il y a un panneau Accès aux trains avec une flèche dans l'autre sens. Donc elle se retourne et se dirige vers les quais.

Son avis sur le trajet D'après AB, le plus perturbant a été de ne pas être informée, une fois arrivée sur la plateforme transversale, que la voie 28 était située dans une autre partie de la gare. Ensuite, pendant la partie du trajet qui longe le quai 24, même si elle était sûre d'être dans la bonne direction, elle n'était pas du tout informée de la distance qui restait à parcourir, et donc elle n'était pas sûre d'arriver à temps pour prendre son train. Enfin, elle ajoute que l'arrivée sur la plateforme transversale est déstabilisante car elle arrive en face des trains de banlieue alors qu'elle suivait depuis le début du trajet les panneaux Grandes Lignes.

7.4.7 Le trajet de MAT

Les étapes

Voir annexe C.2.6.

Analyse du trajet

MAT est donc arrivée à temps avant le départ du train. Mais elle a quand même rencontré des problèmes le long du trajet, notamment à l'arrivée à Montparnasse 3. Les paragraphes suivants vont décrire et analyser ces problèmes.

Les difficultés rencontrées

Les numéros de voies Une fois arrivée sur la plateforme transversale, MAT a quelques difficultés pour trouver les numéros de voie et le sens de numérotation. En fait, elle a du mal à voir les panneaux comportant le numéro des voies, ce qui lui fait perdre un peu de temps puisqu'elle cherche le sens de numérotation. Mais elle fini par trouver les numéros de voies pour ensuite se diriger vers les numéros ascendants.

Les tapis Au début de la ligne droite, MAT se dirige instinctivement vers le premier tapis roulant, sans se fier au panneau qui se trouve juste au-dessus (« Sujet(MAT) Là j'ai vu le tapis. Expérimentateur(JT) Ok, vous voyez le panneau aussi ou pas? Sujet(MAT) Non, j'ai pas fait gaffe »). Ce n'est donc pas l'indication qui l'incite à prendre le tapis mais la présence du tapis lui-même. C'est évident pour elle que le tapis va dans la bonne direction (« Je me dis, c'est fait pour »). Arrivée à la fin du premier tapis, MAT continue dans la lignée. Elle dévie sur la gauche pour voir les panneaux (ceux près des escalators pour M2) de plus près, et du coup elle se retrouve déviée de la voie du deuxième tapis roulant (« Et bien je l'ai pas pris parce que j'allais tout droit, j'ai regardé ce truc là donc ça m'a . . . et donc lui je l'ai vu trop tard et inconsciemment les pylônes devant ça m'a pas engagée »). Ce passage montre en plus que, lorsqu'elle a regardé vers l'entrée du tapis, la barrière et les plots qui se trouvent à l'entrée du tapis l'ont fait penser que l'entrée du tapis était fermée. C'est aussi les plots métalliques qui l'empêchent de prendre le 3e tapis roulant (« Expérimentateur(JT) C'est à cause des plots en fait? Sujet(MAT) Ouais c'est ça »).

L'arrivée à Montparnasse 3 Arrivée devant les portes de M3, elle n'y pénètre pas et continue sur le quai 24. Elle est à la recherche de la voie 27, et en arrivant devant l'entrée de Montparnasse 3 Vaugirard, rien ne lui indique que cette voie est par là, donc elle décide de continuer (« Expérimentateur(JT) Mais y a rien qui vous dit que c'est par là? Sujet(MAT) Oui en même temps ouais. Bein tant que je voyais pas voie 27 »). C'est donc aussi parce qu'il y a une incohérence entre ce qu'elle cherche (la voie 27) et la signalisation qui lui est proposée (Gare Vaugirard Montparnasse 3 SNCF).

L'arrivée sur la voie 27 Une fois qu'elle a compris qu'elle s'était perdue, l'expérimentateur lui indique qu'il est encore temps de trouver le train, elle rebrousse donc chemin pour trouver un passage vers la voie 27. Elle refait donc une partie du trajet en sens inverse, en regardant bien pour voir si elle n'avait pas manqué quelque chose. Lorsqu'elle se retrouve à nouveau devant l'entrée de Montparnasse 3, cette fois il lui paraît évident

qu'il faut entrer (« Sujet(MAT) là ça me paraît évident. Expérimentateur(JT) Qu'est-ce qui vous paraît évident ? Sujet(MAT) Et bien que c'était là qu'il fallait que j'aïlle, parce qu'il y a une infrastructure SNCF »). Après être entrée, elle fait une dernière erreur : en haut de l'escalator, elle continue sur sa lancée et monte l'escalier. Elle ne voit donc pas les quais en face d'elle lorsqu'on arrive en haut de l'escalator. En montant l'escalier elle finit par voir le panneau 25 à 28 situé plus bas, et rebrousse chemin pour se diriger vers les quais.

Son avis sur le trajet MAT ne s'exprime pas beaucoup sur le trajet, la seule remarque qu'elle fait est que pour que son trajet se soit mieux déroulé, il aurait fallu qu'il soit mieux indiqué, avec des panneaux plus en évidence.

7.4.8 Le trajet de CB

Les étapes

Voir annexe C.2.7.

Analyse du trajet

CB n'a pas eu de réel problème lors du trajet, et elle est arrivée à temps pour prendre le train. Il y a eu cependant deux moments d'hésitations.

Les difficultés rencontrées

Les tapis Elle hésite une première fois lorsqu'elle arrive au début de la ligne droite : elle ne voit plus de quais et se demande où peut être la suite, mais elle voit très vite le tapis et le panneau (« Et là je vois le 24. et là c'est plus compliqué, il n'y a plus de quais ! donc j'ai vu le panneau»). La deuxième hésitation a lieu à la fin du premier tapis, lorsque CB voit les deux panneaux « voies 25 à 28 », l'un en face d'elle et l'autre sur le côté gauche. Elle ne sait pas lequel suivre et fini par suivre celui de gauche («C'est là que je suis toujours le même panneau [...] que je vois toujours sur le tapis, mais je le vois sur le côté aussi ») (« je vois la signalétique sur le côté, et je sais pas pourquoi je me suis dit que ça irait plus vite sur le côté »). Elle manque donc l'entrée du 2e tapis roulant à cause de l'ambiguïté de la signalétique visuelle.

Remarques

Lors du trajet retour, entre la gare Vaugirard et la gare principale au niveau de la fin du 2e tapis, une personne était perdue et nous a demandé où étaient les quais de Montparnasse 3.

7.4.9 Le trajet de CLC

Les étapes

Voir annexe C.2.8.

Analyse du trajet

CLC est arrivé à temps pour prendre le train mais a rencontré de sérieuses difficultés, notamment dès le début sur la plateforme transversale.

Les difficultés rencontrées

La plateforme transversale En arrivant sur la plateforme, CLC cherche les numéros de voies mais ne trouve pas la voie 26. Il se souvient alors qu'à la Gare de Lyon une partie des voies est située à un autre endroit, et qu'il faut aller vers la gauche. Il part donc instinctivement sur la gauche. Il s'aperçoit rapidement que ce n'est pas comme à Gare de Lyon, et regarde à nouveau les numéros de quais. À ce moment, il se trouve devant la voie 9, juste à côté de l'entrée de l'espace banlieue. Il regarde le sens de numérotation, et comprend qu'il faut aller vers la droite. Donc il revient vers la droite et fait l'erreur de s'engouffrer dans l'espace banlieue. Il n'explique pas pourquoi il va par là, mais en regardant la vidéo, on peut supposer que c'était pour lui le passage le plus logique pour accéder à la suite des quais. Une fois dans l'espace banlieue, il est toujours à la recherche de la voie 26 et il comprend très vite qu'il est dans un espace banlieue, mais il ne comprend pas où est la suite des Grandes lignes (« je me suis dit si les trains de banlieue sont là, la voie 26 pour les grandes lignes doit être complètement ailleurs »). Ensuite, en regardant bien il voit qu'il y a des quais Grandes Lignes plus loin, mais il voit que ça s'arrête à 24 («les numéros ça devait aller jusqu'à 23 ou 24, je ne l'ai pas vu mais je pensais pas que ça pouvait aller jusqu'à 26 »). Du coup il comprend qu'il est perdu et qu'il va rater le train. Il cherche donc quelqu'un à qui demander. Ensuite, quand il comprend que c'est dans une autre partie de la gare, il se met à courir car il ne veut pas rater le train.

Les tapis Lors de l'entretien, CLC explique qu'il a pris le premier tapis non pas parce que le panneau l'y incitait mais uniquement parce qu'il lui semblait évident de le prendre. Ensuite, il n'a pas pris le deuxième tapis car il a hésité devant les escaliers (« A un moment il y avait des escaliers, je me suis demandé s'il fallait pas que je monte »). Toujours dans sa course, il prend le dernier tapis avant l'arrivée à Montparnasse. Comme il le dit lors de l'entretien, à partir du moment où il comprend que la voie 26 se trouve à un autre endroit, il n'y a aucun doute pendant le trajet, sauf au niveau des escaliers qui montent pour Montparnasse 2.

Remarques

On le voit sur la vidéo, lorsque CLC a commencé à courir, il sort rapidement du champ de la caméra. Une partie du trajet n'est donc pas sur la vidéo. L'heure exacte d'arrivée à la voie 26 est déduite de l'entretien puisque CLC mentionne qu'il entendait la sonnerie du départ lorsqu'il est arrivé.

CLC est arrivé en retard au rendez-vous, ce qui a fait qu'il n'a eu que 6 minutes pour effectuer le trajet alors que les autres sujets ont eu environ 10 minutes.

7.4.10 Le trajet de MPH

Les étapes

Voir annexe C.2.9.

Analyse du trajet

MPH n'est donc pas arrivée à temps pour prendre le train de Granville.

Les difficultés rencontrées

La perte de temps dès le début MPH se trompe lors de la lecture du numéro de voie sur le TGD, voie 8 au lieu de 28. D'après ce qu'elle dit, 28 est un chiffre trop élevé pour un numéro de voie donc inconsciemment elle a remplacé par 8 (« je cherche le 8 puisque j'ai fait une erreur, inconsciente, 28 pour moi c'était pas possible »). Du coup, MPH perd du temps puisqu'elle va d'abord à la voie 8 et ensuite elle revient vers un TGD pour vérifier que c'est voie 28. Cette erreur ne fait donc qu'augmenter son retard initial. Du coup MPH accélère le rythme de marche.

Les tapis Arrivée au début de la ligne droite du quai 24, MPH ne voit pas le tapis roulant (« Expérimentateur(JT) Et donc à ce moment là vous continuez tout droit en fait, le tapis roulant vous ne le voyez pas ? Sujet(MPH) Non, je ne crois pas les avoir vus »), du coup elle ne prend pas le tapis. Devant les escaliers qui montent vers Montparnasse 2, elle hésite à monter en pensant que c'est peut-être un passage vers la voie 28. Du coup elle ne voit pas non plus le 2e tapis et ne le prend pas (« mais cette passerelle, j'ai dû m'arrêter un peu parce que je me suis dit *attends est-ce que c'est là que ça changerait ?*, bon j'ai vu que c'était non (...) et il y avait toujours le panneau au pied de la passerelle qui indiquait vers là, donc on continue»). Elle ne voit pas parce que l'entrée est située en amont (i.e. si elle avait voulu le prendre il aurait fallu qu'elle revienne quelques mètres en arrière). Enfin, elle ne prend pas non plus le 3e tapis, en pensant toujours que la solution à son problème se trouverait sur le quai 24 (« Expérimentateur(JT) Ok et ensuite le dernier tapis roulant, celui qui est dans le tunnel bleu, vous l'avez pas pris non plus ? en fait vous êtes toujours restée sur la voie 24. Sujet(MPH) Oui toujours. en cherchant un indice, ou passerelle, ou tunnel ... un passage quoi. Ça ne pouvait être que vers la droite »). Ce passage de l'entretien montre de plus que MPH cherche un passage sur la droite vers le quai 28, or le dernier tapis est sur la droite dans un tunnel. Il manque donc clairement pour MPH une indication claire et évidente vers ce tapis.

L'arrivée à Montparnasse 3 En arrivant devant l'entrée du hall de Montparnasse 3, elle ne comprend pas que c'est là, tout simplement parce qu'elle ne sait pas que c'est à Montparnasse 3 («J'ai rien vu non. Donc moi ce que je cherchais c'était ces fameux quais. Le signe que je cherchais c'était 25, 26 27 28. c'était pas gare Montparnasse machin truc, j'y étais dans la gare Montparnasse »). Du coup elle continue le long de la voie 24 et finit par être définitivement perdue. De plus, lors de l'entretien elle dit que les escalators de M3 l'ont gênée. C'est-à-dire que le fait qu'il faille monter d'un niveau pour trouver des quais, alors qu'elle se trouve déjà sur un quai, l'a perturbée. Ce doute, ajouté au problème de signalisation, fait qu'elle a préféré continuer sur le quai.

Sa stratégie Lors de l'entretien, MPH a clairement expliqué sa stratégie lors du trajet. Une fois qu'elle a compris qu'il s'agissait de la voie 28, elle se dit que c'est forcément loin, puisqu'elle se trouve à ce moment devant la voie 8. Une fois qu'elle a vu que la plateforme transversale s'arrêtait à la voie 24, ce qu'elle cherche avant tout c'est la suite des voies, c'est-à-dire les voies 25 à 28. Elle s'imagine alors que la solution se présentera en longeant la voie 24. Elle voit le premier panneau 25 à 28, qui correspond bien à ce qu'elle cherche.

Sujet	Principales étapes du trajet						
	Plateforme	1er panneau	1er tapis	2e tapis	3e tapis	Entrée à Vaugirard	Arrivée à temps
CI	x	x	x	x	x	x	x
FM	x	x	x	x	x	x	x
JA	x	x	x	x	x	x	x
LD	x	x	x	x	x	x	x
KP	x	x	-	-	x	x	x
AB	-	x	x	-	-	x	x
MAT	x	x	x	-	-	-	x
CB	x	x	x	-	x	x	x
CLC	-	x	x	-	x	x	x
MPH	-	x	-	-	-	-	-
Total	7	10	8	4	7	8	9

TAB. 7.2: Performance des sujets aux principales étapes du trajet. Une croix (x) indique que le sujet a passé l'étape sans problème. Un trait (-) indique que le sujet a raté l'étape.

Ensuite elle continue quai 24, puisque c'est sur ce quai qu'elle a vu le premier panneau, et elle va de panneau en panneau en cherchant toujours la suite de l'indication 25 à 28.

Son avis sur le trajet Pour que son trajet se déroule sans problème, MPH aurait souhaité que la signalétique indique plus précisément la séparation entre les quais 25 à 28 de la gare principale, elle propose d'ailleurs une numérotation différente comme ce qu'il se fait à la Gare de Lyon. Ensuite, il lui a manqué une signalétique évidente qui l'incite à prendre les tapis roulants.

Remarques

Lors du trajet, à partir du début de la ligne droite du quai 24, deux personnes ont commencé à nous suivre en pensant que nous connaissions le bon chemin pour aller à Vaugirard. Ils ont ainsi raté le train de la même façon que MPH.

7.5 Synthèse

7.5.1 Les étapes

Le tableau 7.2 établit une synthèse du comportement des sujets sur les principales étapes du trajet. La première colonne, intitulée plateforme transversale, décompte les sujets qui ont trouvé la bonne direction une fois arrivés sur la plateforme transversale. La colonne suivante présente les sujets ayant lu le premier panneau 25 à 28 situé au début du quai 24. Les 3 colonnes suivantes décomptent les sujets ayant emprunté les 3 tapis roulant. Ensuite, l'avant dernière colonne présente les sujets ayant pénétré dans la gare Montparnasse 3 Vaugirard. La dernière colonne présente enfin les sujets étant arrivés à temps pour prendre le train.

Sur les dix sujets qui ont passé l'expérience, une personne est arrivée après le départ du train (MPH), 3 personnes se sont perdues au début du trajet mais ont fini par trouver la direction de Montparnasse 3 (CLC, MPH, AB), deux personnes sont arrivées devant Montparnasse 3 Vaugirard mais n'y sont pas rentrées (MPH et MAT).

Les paragraphes suivants vont maintenant synthétiser, étape par étape, les raisons pour lesquelles les sujets ont rencontré des problèmes.

La plateforme transversale

MPH est le seul sujet à s'être trompé lors de la lecture du tableau général des départs, en lisant voie 8, au lieu de voie 28. Cette erreur d'inattention l'a donc conduite vers la voie 8, et ce n'est que lorsqu'elle a compris son erreur (en voyant qu'il n'y avait aucun train pour Granville sur la voie 8) qu'elle est retournée lire le tableau des départs. Ensuite, une fois qu'elle comprend que son train est voie 28, elle se dirige dans la bonne direction, c'est-à-dire au bout de la plateforme transversale.

CLC et AB ont tous les deux rencontré le même problème : ils n'ont pas compris l'organisation des voies sur la plateforme transversale. En effet, en arrivant sur la plateforme transversale, ils étaient tous les deux à la recherche d'un numéro de voie supérieur à 24. Ils ont compris qu'en face d'eux il y avait des quais pour la banlieue, et qu'à gauche de ces quais il y avait des quais pour les Grandes Lignes. Mais ils n'ont pas compris qu'à droite des quais de banlieue il y avait la suite des quais pour les Grandes Lignes. Ils n'ont donc pas compris que le quai qu'ils cherchaient était accessible en allant à droite, au bout de la plateforme transversale. Pour CLC, cette erreur l'a conduit à se perdre dans la zone des quais de banlieue, fermée du reste de la gare. Il est d'ailleurs entré par un passage fermé en temps normal. Il a fini par demander son chemin à une commerçante. Quant à AB, elle a fini par trouver qu'il y avait une suite des trains Grandes Lignes après les trains banlieue.

Le premier panneau 25 à 28

Contrairement à ce que l'on pouvait penser en hypothèse, les sujets n'ont aucun mal à trouver le premier panneau qui indique les voies 25 à 28. En effet, lors des entretiens avec les responsables de la gare, ils pensaient qu'une fois sur la plateforme transversale, les voyageurs n'arrivaient pas à trouver l'indication vers Vaugirard parce qu'elle était située au bout de la plateforme. Or, tous les sujets sauf un (FM) ont développé la même stratégie : quand ils arrivent sur la plateforme transversale, étant à la recherche d'un numéro de voie supérieur à 24, ils regardent les numéros de voies, trouvent le sens de numérotation et se dirigent vers les numéros croissants. FM est le seul sujet à avoir regardé le plan de la gare et à être arrivé directement au bout de la plateforme transversale, sans passer devant les trains de banlieue. Il a lui aussi regardé ce premier panneau 25 à 28. Ce n'est donc pas ce panneau qui pose problème. De plus, comme le montrent les photos et les entretiens, il est très facile à voir de par sa taille et sa position.

Les tapis roulants

Comme le montre le tableau 7.2, dans la longue ligne droite finale, les 3 tapis roulants n'ont pas tous été empruntés. Une personne n'en a pris aucun (MPH), 3 personnes n'en ont pris qu'un seul (AB, KP, MAT), 2 personnes en ont pris 2 (CLC, CB) et les 4 personnes restantes les ont tous pris (JA, LD, FM, CI).

Le premier tapis est celui le plus souvent emprunté (8 personnes), MPH et KP sont les seuls sujets qui ne l'ont pas emprunté. Pour KP, c'est à cause d'une erreur de lecture du panneau situé au-dessus du tapis. D'après elle, le panneau au-dessus du tapis ne correspondait pas à celui qu'elle avait vu juste avant, le premier panneau. En effet, en regardant les photos, on remarque que l'indication est différente. Mais seulement KP a rencontré ce

problème. Pour MPH, elle n'a pas emprunté le 1er tapis car elle ne l'a pas vu. Elle avait déjà un rythme de marche soutenu, elle a donc manqué l'entrée du tapis. Si on s'intéresse maintenant aux sujets qui ont emprunté le 1er tapis, 3 sujets (CI, JA et CB) disent avoir été guidés par le panneau situé au-dessus du tapis, et les 5 autres sujets disent avoir pris le tapis car ça leur paraissait évident.

Ensuite, le 2e tapis n'a été pris que par 4 personnes, ces même 4 sujets qui ont emprunté tous les tapis. Les sujets qui n'ont pas pris ce 2e tapis évoquent tous la même raison lors des entretiens : à cet endroit, la signalétique visuelle est doublement ambiguë. La première ambiguïté vient du fait que le panneau qui indique 25 à 28 avec une flèche qui n'est pas située exactement au-dessus du tapis (voir photo). Ce qui signifie que si on suit exactement ce panneau on ne peut pas prendre le 2e tapis. L'autre ambiguïté est due à un deuxième panneau, identique au premier, mais situé quelques mètres à gauche. La photo illustre ce deuxième point. Les sujets le disent, ces deux panneaux identiques mais à deux endroits différents provoquent une hésitation, ils ne savent pas quel panneau suivre. Du coup, comme ils sont en train d'avancer et qu'ils n'ont pas de temps à perdre, ils finissent par continuer tout droit sans prendre le tapis.

Enfin, le 3e tapis a été pris par 7 personnes, AB, MAT et MPH ne l'ont pas pris, à chaque fois pour des raisons différentes. Pour AB et MPH, c'est parce que rien n'indique que le tapis va au bon endroit, et pour MAT les plots métalliques situés au début du tapis lui font penser que le passage est fermé².

L'entrée à Montparnasse 3 Vaugirard

Les cas de MAT et MPH sont intéressants puisqu'elles ont toutes les deux raté l'entrée de la gare Vaugirard, et pour la même raison : elles étaient à la recherche des voies 25 à 28, et l'indication Montparnasse 3 Vaugirard qui se trouve à l'entrée de Vaugirard ne correspond pas à ce qu'elles cherchent. De plus, la ligne droite du quai 24 comporte 5 indications 25 à 28, en comptant la première se trouvant au bout de la plateforme transversale. Comme le montrent les photos en annexe D.1, ces 5 indications sont cohérentes graphiquement : écritures blanches sur fond bleu. La signalétique visuelle de Vaugirard est donc doublement inductrice d'erreur : le texte est différent et le graphisme est différent (écriture noire sur fond blanc).

7.5.2 Jugement négatif

Lors des entretiens, lorsque les sujets devaient s'exprimer sur le trajet de manière générale, tous les sujets s'accordent à dire que le trajet est trop long ou qu'il manque des informations sur la distance restant à parcourir. C'est-à-dire que, pendant la ligne droite avec les 3 tapis roulants, les sujets disent qu'ils auraient souhaité qu'on leur indique à quelle distance ils se trouvaient de l'arrivée, car à aucun moment cette information n'est disponible. Les sujets n'étaient donc jamais complètement sûrs d'arriver à l'heure pour leur train. Il est d'ailleurs intéressant de noter que même CI a exprimé ce manque d'information alors qu'il est parti avec une avance beaucoup plus grande que les autres sujets. Pour KP, ce jugement négatif a même généré un réel énervement qui ne s'est dissipé qu'à la toute fin, lorsqu'elle aperçoit le train qu'elle doit prendre. Pour JA ce jugement est même très négatif puisqu'elle conclut que le trajet n'a vraiment pas été agréable et que tout serait à refaire.

²Ces plots métalliques sont en fait une sécurité : ils servent à empêcher le passage des chariots à bagages.

7.6 Conclusions

Le Tableau 7.3 présente une synthèse des problèmes rencontrés par les usagers lors du trajet expérimental. À part le problème de l'arrivée sur le quai transversal, problème d'ambiguïté de conception ne concernant pas spécifiquement l'accès à Vaugirard, tous les autres problèmes ont lieu entre le début du quai 24 et l'arrivée à Montparnasse 3 Vaugirard. Les problèmes des 3 tapis roulants sont intéressants car ils ont tous les 3 une cause différente (mauvaise visibilité, ambiguïté, ou absence de signalétique visuelle) mais des conséquences identiques (les sujets ne prennent pas les tapis). De même, le problème de l'entrée dans le hall de Vaugirard montre qu'une signalétique visuelle incohérente avec toute la signalétique visuelle précédente peut aussi causer une erreur d'orientation. On peut ainsi généraliser les problèmes des tapis et du hall Vaugirard à un problème d'orientation puisqu'à chaque fois la conséquence des défauts de la signalétique visuelle est une mauvaise orientation. Le dernier problème est un problème plus global qui apparaît sur toute la longueur du trajet et qui a pour conséquence un stress croissant chez les usagers. Ce stress est causé par deux formes de doute qui s'installent au fur et à mesure que les sujets avancent dans leur trajet. D'abord les sujets se mettent à douter d'être dans la bonne direction car rien ne le rappelle et ensuite, plus les sujets avancent dans le trajet, plus ils trouvent le trajet long et comprennent de moins en moins le temps qu'il reste à parcourir. Ces deux formes de doute s'installent chez les sujets et leur font perdre petit à petit la certitude d'arriver à temps pour leur train. Même si les sujets étaient en situation expérimentale, cette perte de confiance a causé un stress parfois très important chez certains sujets. Il s'agit donc là de deux autres types de problèmes : manque de confirmation que l'utilisateur est dans bonne direction, et manque d'indication du temps restant avant l'arrivée à destination. L'orientation vers les tapis et le hall Vaugirard, le manque de confirmation, le manque d'indication sur l'état d'avancement constituent ainsi le problème de l'accès à Montparnasse 3 Vaugirard. Nous n'avons pas intégré dans ce tableau de synthèse le jugement négatif émis par les usagers sur l'environnement de ce trajet car il ne concerne pas directement l'accès à Vaugirard.

La méthodologie mise en place a donc permis d'identifier clairement quels étaient les véritables problèmes rencontrés par les usagers lors de ce trajet. En effet, nous avons vu en préambule que d'après les responsables de la gare, le problème venait du premier panneau 25 à 28 que les usagers n'arrivaient pas à voir lorsqu'ils se trouvaient sur le quai transversal. Or, sur les dix sujets qui ont passé l'expérience, tous ont vu ce panneau sans aucune difficulté. Ce résultat montre ainsi l'efficacité de la méthodologie qui a permis avec seulement dix sujets de confirmer qu'il y avait bien des problèmes sur ce trajet mais qu'ils étaient différents et plus complexes que ce que l'on pouvait imaginer. Nous verrons par la suite que cette même méthodologie nous servira à nouveau pour évaluer l'efficacité de la solution sonore que nous aurons mise en place pour résoudre les problèmes que nous venons d'identifier.

Lieu	Description du problème	Cause du problème
Arrivée sur le quai transversal	Les usagers arrivant sur la plateforme par l'entrée centrale se retrouvent face aux quais pour les trains de banlieues. Ils ne comprennent pas qu'il y a aussi des trains Grandes Lignes à droite	Ambiguïté de conception
1er tapis roulant	Certains usagers ne comprennent pas en lisant le panneau que le tapis va dans la direction des voies 25 à 28	Signalétique visuelle imprécise
2e tapis roulant	Certains usagers ne comprennent pas qu'il faut prendre le 2e tapis	Signalétique visuelle ambiguë : deux panneaux différents induisent les usagers en erreur
3e tapis roulant	Certains usagers ne comprennent pas qu'il faut prendre le 3e tapis	Signalétique absente
Arrivée à Montparnasse 3 Vaugirard	Certains usagers ne comprennent pas qu'il faut entrer dans le hall de Vaugirard	Signalétique visuelle non cohérente : le panneau au-dessus de l'entrée de Vaugirard n'est pas cohérent avec la signalétique visuelle précédente : couleurs et textes différents
Entre le début et la fin du quai 24	Certains usagers ne comprennent pas le temps et la distance restant à parcourir jusqu'à l'arrivée. Ils ne sont pas sûrs d'être dans la bonne direction et ont peur de rater le train	Trajet long et signalétique absente

TAB. 7.3: Problèmes rencontrés par les usagers lors de l'expérience des trajets voyageurs à Montparnasse.

Chapitre 8

Signalétique sonore I : réalisation et installation

8.1 Introduction

L'expérience E3 présentée dans le chapitre précédent a permis d'identifier les problèmes rencontrés par les usagers de Montparnasse lorsqu'ils doivent se rendre à Montparnasse 3 Vaugirard. Le tableau 7.3 (voir paragraphe 7.6) synthétise les résultats de cette expérience en présentant sur chaque ligne le lieu où apparaît le problème, sa cause et une description de sa nature. La première ligne du tableau décrit un problème sur la plate-forme transversale qui ne concerne pas spécifiquement l'accès à Montparnasse 3, il ne sera donc pas traité ici. Les problèmes que nous allons chercher à résoudre se résument donc à l'entrée sur les 3 tapis et le hall Vaugirard ainsi que le manque de confirmation et d'information sur l'avancement pendant le trajet.

L'enjeu soulevé par ce nouveau chapitre est de trouver une solution sonore aux problèmes qui ont été identifiés sur le terrain. La solution consistera en une *signalétique sonore*, c'est-à-dire un ensemble de signaux sonores construits sur la base des problèmes traités. Avant de présenter les différentes étapes de la réalisation, il nous semblait nécessaire de justifier le choix de ce type de solution. En effet, comme le montre le tableau 7.3, la plupart des problèmes sont liés à des défauts de la signalétique visuelle, une première façon de les résoudre serait donc de supprimer ces défauts. Par exemple, pour le 2e tapis, une solution serait de déplacer le premier panneau pour qu'il soit bien au-dessus du tapis (voir figure D.10 en annexe D.1) et de supprimer le deuxième panneau qui provoque une ambiguïté (voir figure D.9 en annexe D.1). De même, pour le 3e tapis, il suffirait d'installer un panneau au-dessus de l'entrée du tapis (voir figure en Annexe), identique aux panneaux précédents ... Si nous avons choisi de mettre en place une signalétique sonore, c'est avant tout parce que l'enjeu de la thèse est de montrer qu'une solution sonore est *aussi* possible. C'est-à-dire que notre but n'est pas de remplacer la signalétique visuelle par une signalétique sonore, ni de montrer qu'une signalétique sonore est plus efficace qu'une signalétique visuelle. Toutefois, nous pourrions discuter de l'intérêt d'une telle solution, et en particulier une signalétique sonore non verbale, par rapport à une solution visuelle. Voici des premiers éléments de discussion :

- L'adaptation aux aveugles : une signalétique sonore peut aussi fonctionner pour les personnes aveugles, il existe déjà des cas où cela fonctionne (par exemple à Rouen, Angers ou au Japon).
- Le caractère « universel » : une signalétique sonore non verbale peut être comprise par les personnes ne parlant pas ou ne lisant pas le français.

- Un grand nombre d'annonces parlées sont diffusées dans une gare, une signalétique sonore non verbale permet de réduire ce nombre.
- Une signalétique sonore participe à l'ambiance sonore générale et renforce la cohérence d'un parcours tout en rassurant l'utilisateur.

Ce chapitre s'organise de la façon suivante. Tout d'abord (§8.2), nous écrivons le cahier des charges contenant les spécifications fonctionnelles pour la réalisation de la signalétique sonore. Ce premier cahier des charges est destiné à la personne en charge de la création sonore. Ensuite le §8.3 présente la réalisation des signaux sonores de la signalétique par le compositeur Hiroshi Kawakami. Les principes choisis par le compositeur pour la création de plusieurs propositions de signaux sonores sont détaillés. Le § 8.4 présente ensuite les résultats d'un test d'écoute en laboratoire qui a permis de choisir parmi les sons proposés ceux qui seront installés dans la gare Montparnasse. Enfin, le § 8.5 décrit la mise en place technique de la signalétique sonore qui passe par l'écriture d'un cahier des charges traduisant la proposition du compositeur en termes techniques (diffusion, détection, etc.). Ce deuxième cahier des charges technique est destiné à la personne en charge de l'installation de la signalétique sonore.

8.2 Cahier des charges fonctionnel

Ce premier cahier des charges concerne les spécifications fonctionnelles de la signalétique sonore, il est destiné à la personne qui devra créer les différents signaux sonores. Il présente tous les éléments qui permettront de spécifier le contenu sonore des signaux. Ces éléments concernent d'une part les caractéristiques architecturales (plan, distances, photos) et acoustiques des lieux où seront diffusés les signaux sonores, et d'autre part les fonctions que devront remplir les sons. C'est sur la base de ces éléments que le compositeur proposera plusieurs signaux sonores selon des principes décrits dans la partie suivante.

8.2.1 Description architecturale

Plan du trajet

Les figures 8.1 et 8.2 représentent le quai 24 de Montparnasse en 2 dimensions depuis le début du quai jusqu'à l'entrée de Montparnasse 3 Vaugirard. On peut voir entre autres sur ce plan le quai 24, les voies 19 à 24, les positions des différents tapis et l'entrée de Vaugirard. Les distances les plus utiles pour l'étude sont :

- Entre le début du quai 24 et l'entrée de Montparnasse 3 Vaugirard : 337 mètres
- 1er tapis : 122 mètres
- Entre le 1er et le 2e tapis : 28 mètres
- 2e tapis : 33 mètres
- Entre le 2e et le 3e tapis : environ 33 mètres
- 3e tapis : environ 80 mètres

Photos du trajet

Les figures 8.1 et 8.2 présentent aussi des photos prises le long du trajet, avec les points d'où elles ont été prises. Les photos sont également disponibles en plus grande taille dans l'annexe D.1.

8.2.2 Description acoustique

Cette première partie du cahier des charges présente toutes les caractéristiques acoustiques spécifiques aux espaces traversés par le trajet menant jusqu'à l'entrée du hall de Vaugirard. Ces caractéristiques pourront permettre au compositeur d'une part d'adapter le contenu sonore des signaux (niveau, durée, fréquences, etc.) à l'ambiance sonore existante, et d'autre part d'anticiper les modifications que pourront subir les signaux sonores en situation réelle.

Niveaux sonores

La mesure du niveau sonore a été effectuée à l'aide de la chaîne de mesure *Symphonie* de 01dB. Les points de mesure ont été choisis afin d'avoir un panel d'ambiances sonores représentatives des situations pouvant exister le long du quai 24. Chaque point est d'abord mesuré avec très peu de sources sonores pour avoir le niveau sonore du bruit de fond. Puis, des mesures sont effectuées avec quelques sources sonores caractéristiques de l'activité de la gare (annonce, train, passages).

Le niveau sonore L_{Aeq} est calculé en dB(A) de la manière suivante :

$$L_{Aeq}(dB(A)) = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_t^{t+T} \frac{p_a^2}{p_0^2} dt \right]$$

où T est la période d'intégration, ici égale à 1 seconde, p_a est la pression acoustique mesurée et p_0 est la pression de référence égale à $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal.

Les figures 8.3 et 8.4 présentent les niveaux sonores en dB(A) pour chaque point de mesure, dans plusieurs configurations de sources sonores : bruit de fond seul, avec un train en stationnement (en marche) ou au passage, avec une annonce ou des passages de personnes. Le niveau sonore du bruit de fond est compris entre 51,7 et 70 dB(A), la valeur la plus faible est obtenue au point 9, i.e. dans le hall de Vaugirard, la valeur la plus forte est obtenue au point 7 dans le couloir du 3e tapis roulant. La valeur la plus forte (91,9 dB(A)) est obtenue au point 4 lors du passage d'un TGV sur la voie 24.

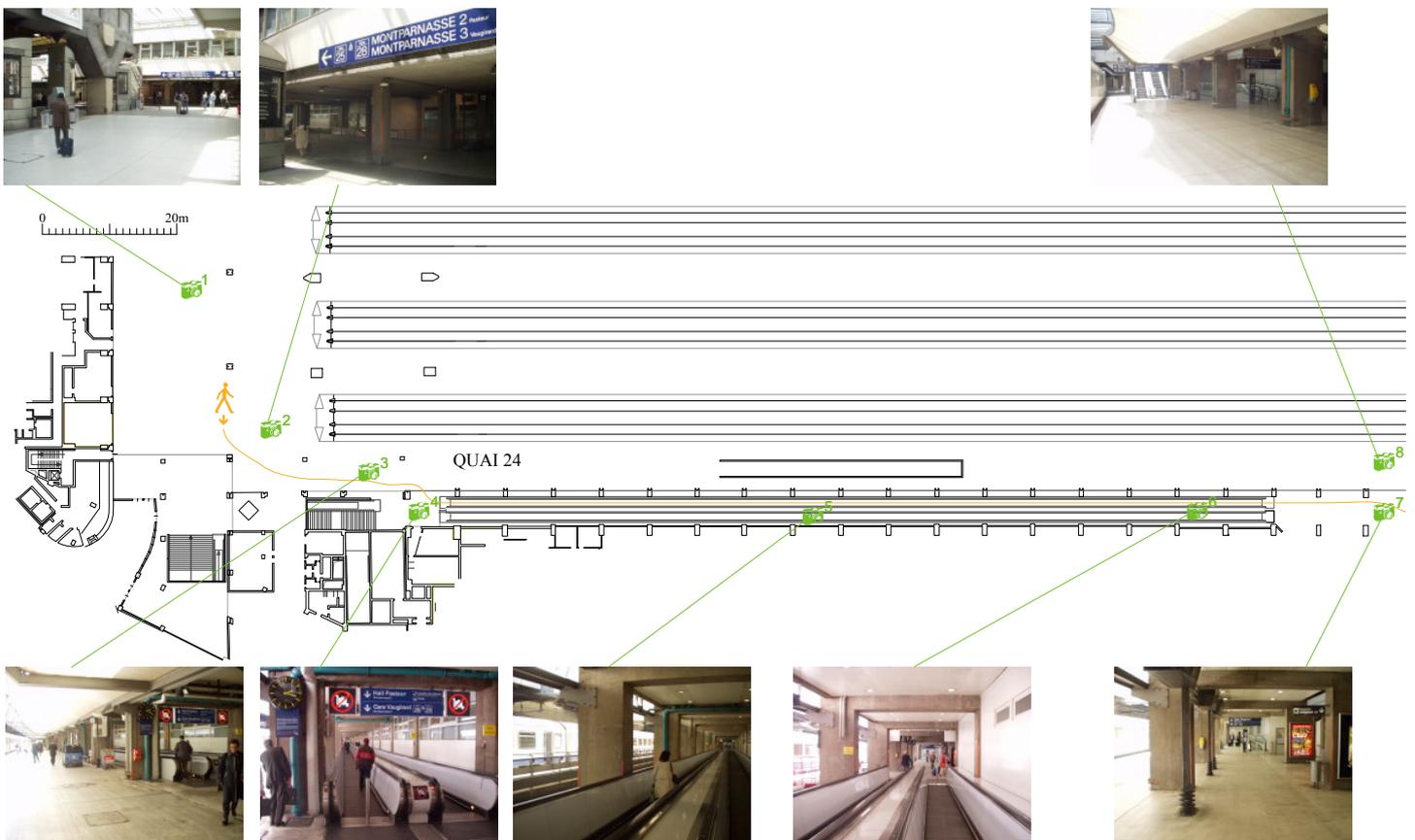


FIG. 8.1: Photos du quai 24, première partie. En orange est figuré le trajet d'un usager. En vert sont indiqués les points d'où ont été prises les photos.

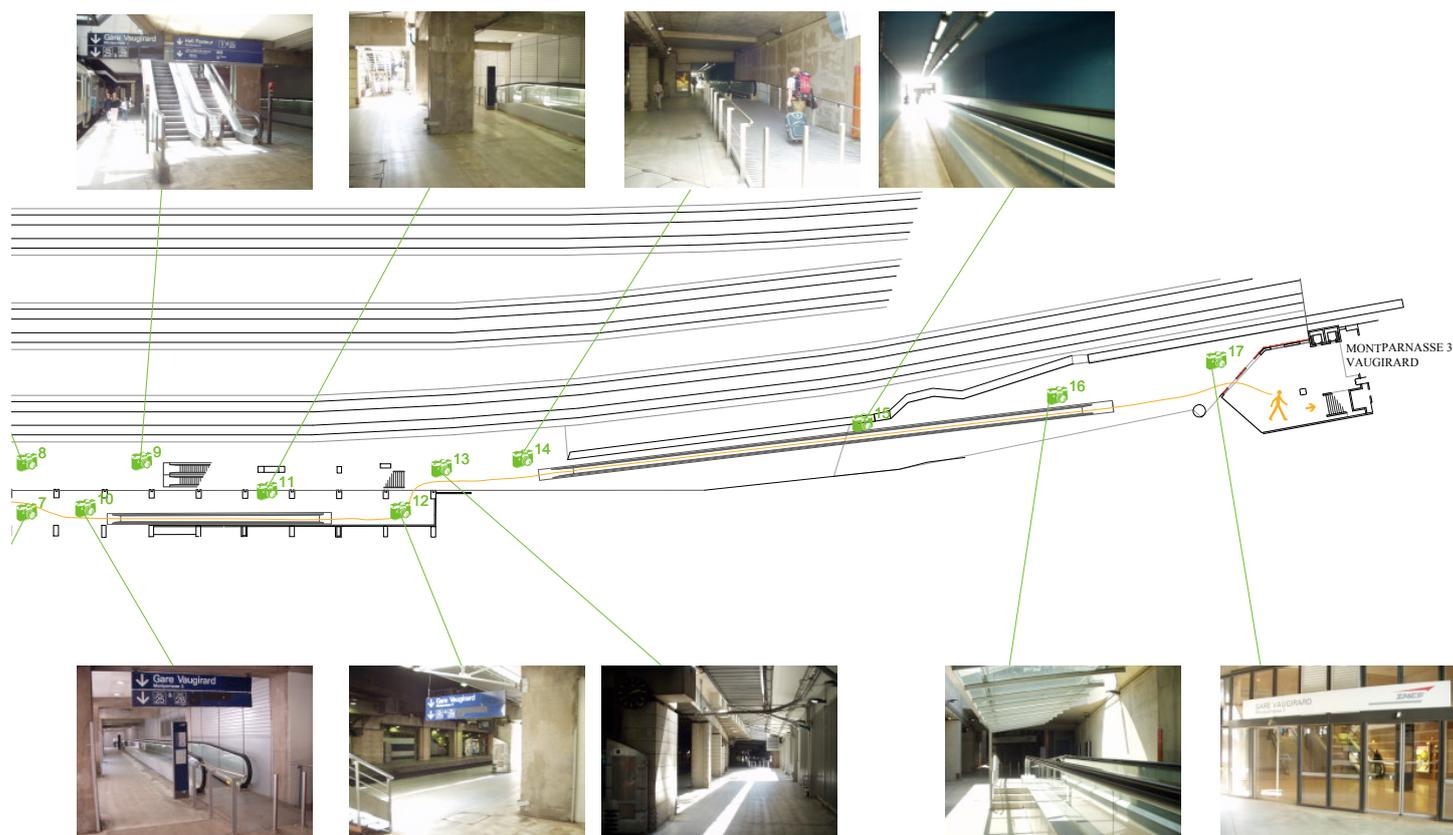


FIG. 8.2: Photos du quai 24, deuxième partie. En orange est figuré le trajet d'un usager. En vert sont indiqués les points d'où ont été prises les photos.

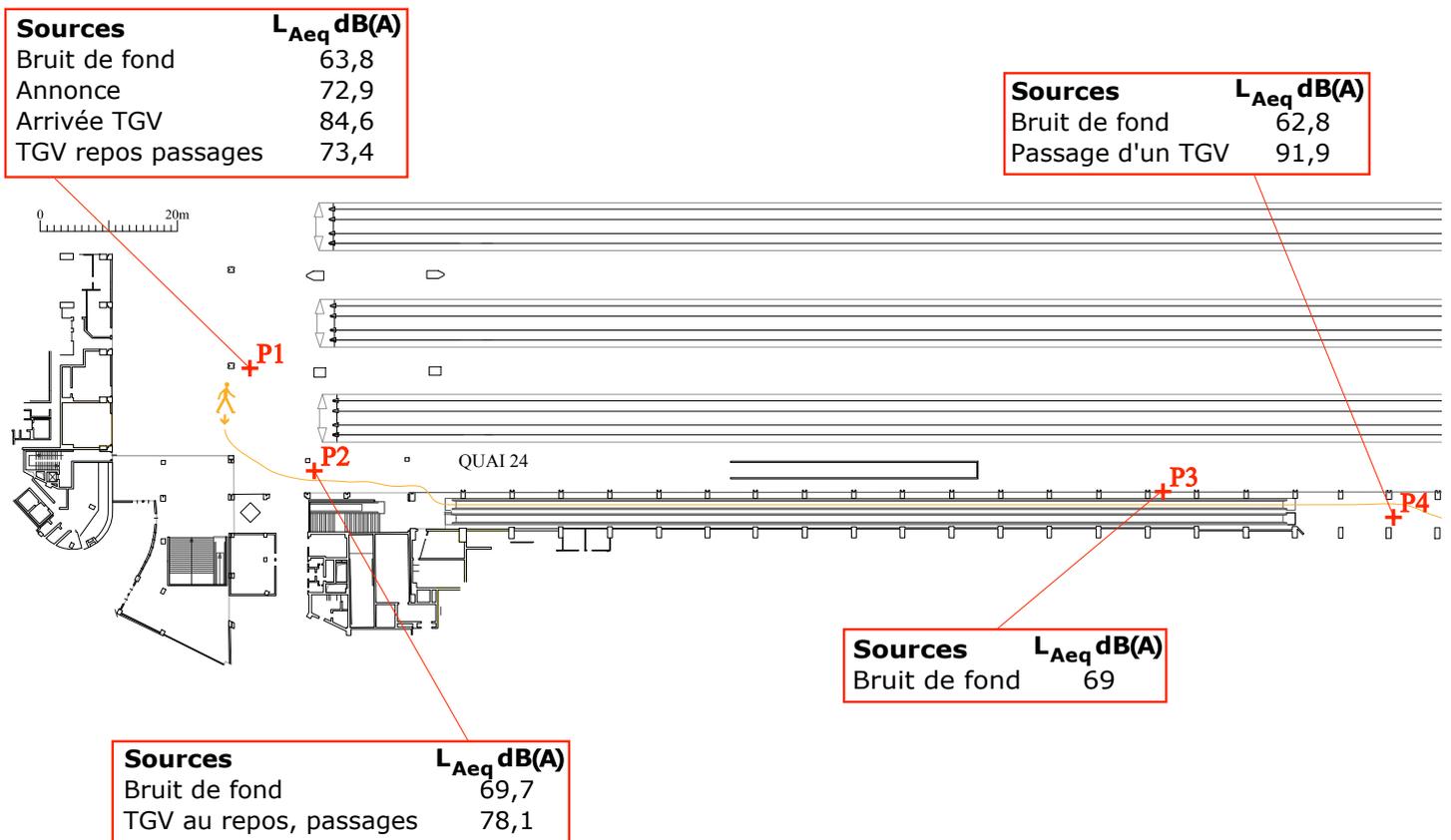


FIG. 8.3: Mesures du niveau sonore le long du quai 24, première partie. Les points numérotés correspondent aux points où ont été effectuées différentes mesures du niveau sonore. Les résultats des mesures sont présentés dans les cadres.

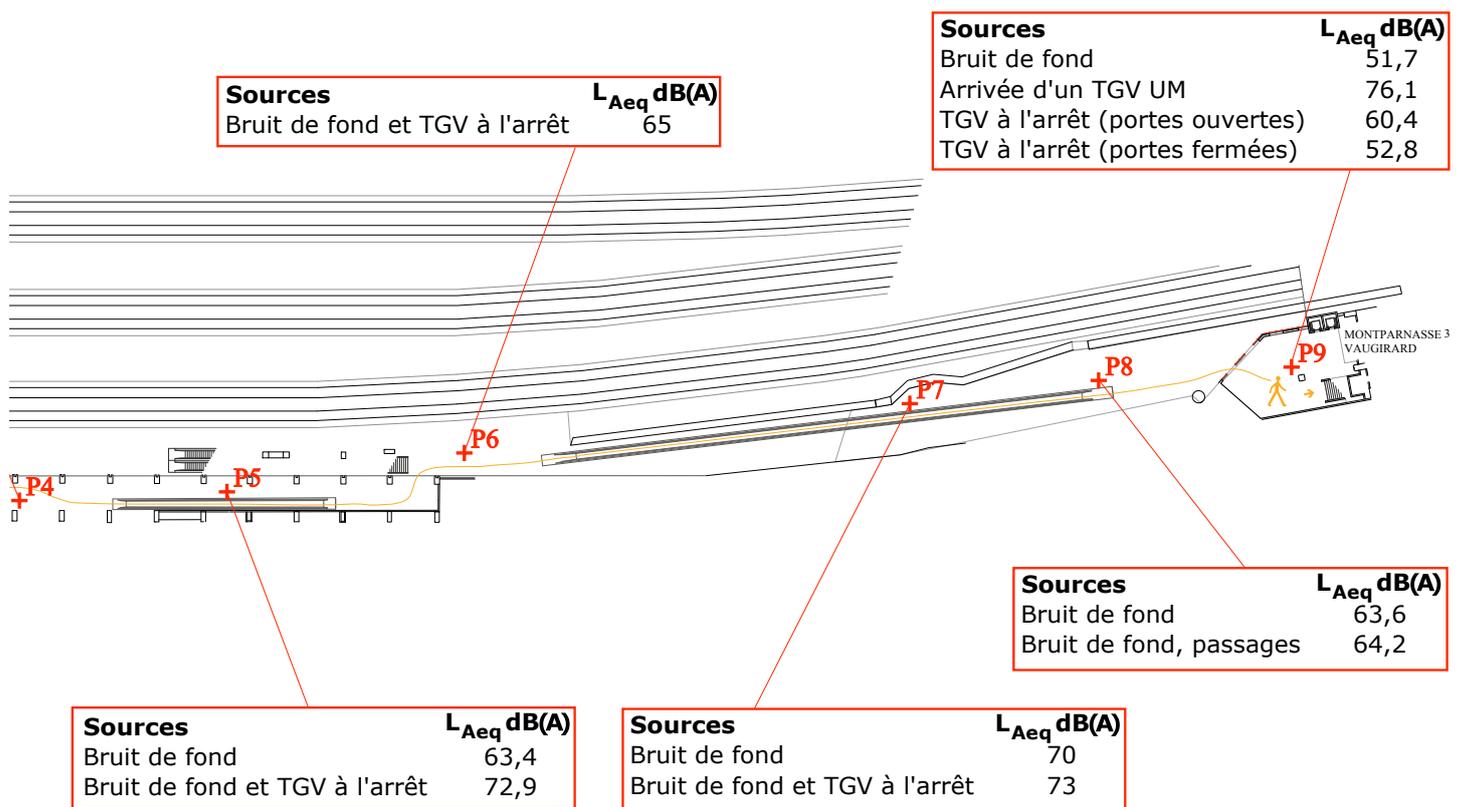


FIG. 8.4: Mesures du niveau sonore le long du quai 24, deuxième partie. Les points numérotés correspondent aux points où ont été effectuées différentes mesures du niveau sonore. Les résultats des mesures sont présentés dans les cadres.

Evolution du niveau sonore

La figure 8.5 présente 4 graphes d'évolution temporelle du niveau sonore L_{Aeq} (dB(A)). Ces graphes illustrent la grande variabilité du niveau sonore dans des intervalles de temps courts. La mesure au point 4 montre qu'en l'espace de 20 secondes, le niveau sonore est passé de 70 dB(A) à 91 dB(A), soit une augmentation de 20 dB. La mesure au point 5 fait aussi apparaître des fortes variations de niveau sonore mais elles sont plus rapides. Elles sont dues aux freinages répétés du train à l'arrivée. La mesure au point 9 représente une variation de près de 20 dB du niveau sonore lors de l'arrivée d'un TGV. Ce point se trouve dans le hall de Vaugirard, et la figure montre que le niveau ambiant en temps normal est très calme (inférieur à 60 dB(A)).

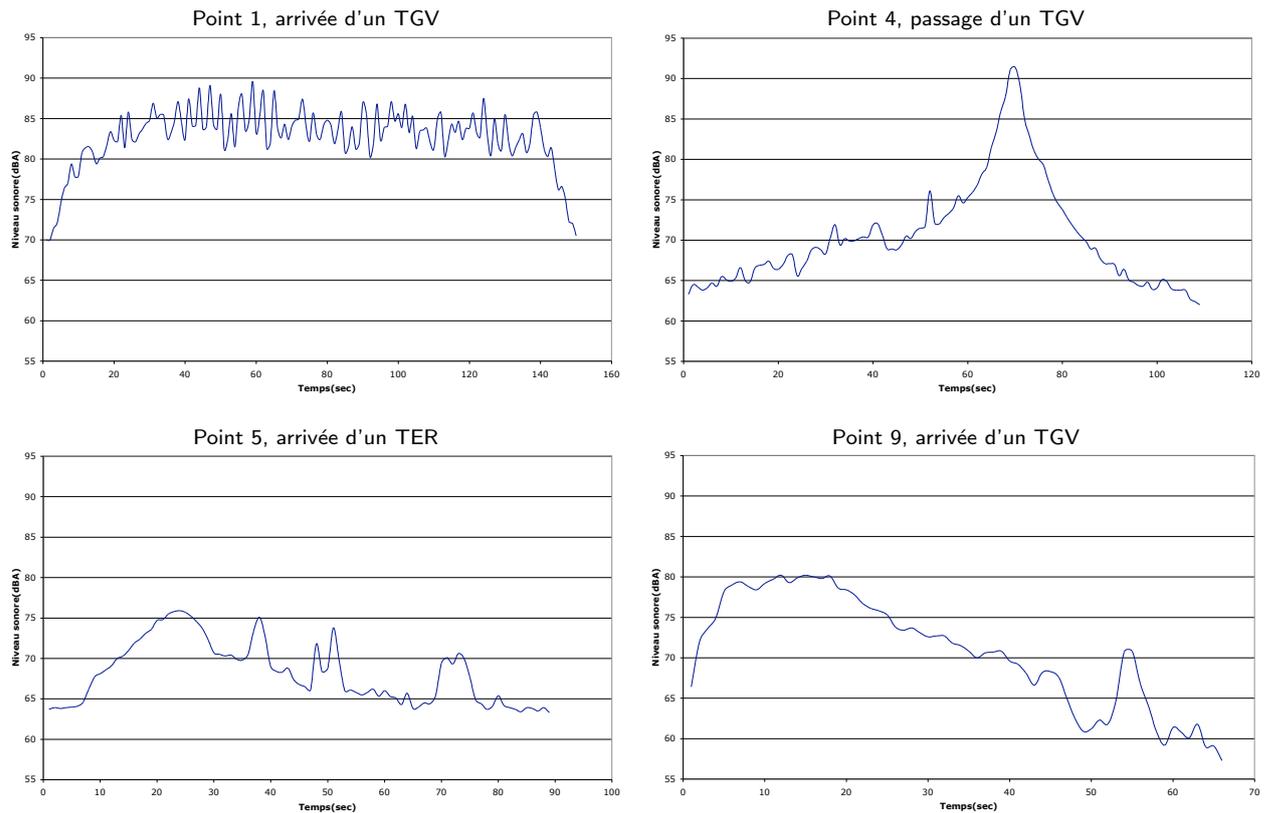


FIG. 8.5: Exemples d'évolutions temporelles du niveau sonore (L_{Aeq} dB(A)), à 4 points de mesures le long du trajet.

Contenus fréquentiels

Des spectres fréquentiels par bandes de tiers d'octave ont été mesurés aux mêmes points de mesures que ceux présentés plus hauts. Les figures 8.6 et 8.7 présentent les résultats de ces mesures dans différentes configurations de sources sonores. Ces graphes montrent dans un premier temps que le bruit de fond est homogène en fréquence avec cependant, à partir de 1kHz, une décroissance de l'énergie avec la fréquence. La figure correspondant à la mesure au point 1 d'un TGV à l'arrêt fait apparaître clairement les émergences de deux bandes de fréquences : 250 Hz et 315 Hz. Ces bandes sont dues à la motrice TGV se trouvant à quai lors de la mesure. Le spectre du bruit de fond au point 7, qui correspond au point de mesure situé dans le tunnel du 3e tapis roulant, fait apparaître un niveau sonore important. Il faudra donc adapter le contenu spectral des

8.2. Cahier des charges fonctionnel

signaux sonores pour qu'ils ne soient pas masqués par le bruit de fond, le bruit des tapis roulant et le bruit des TGV à quais.

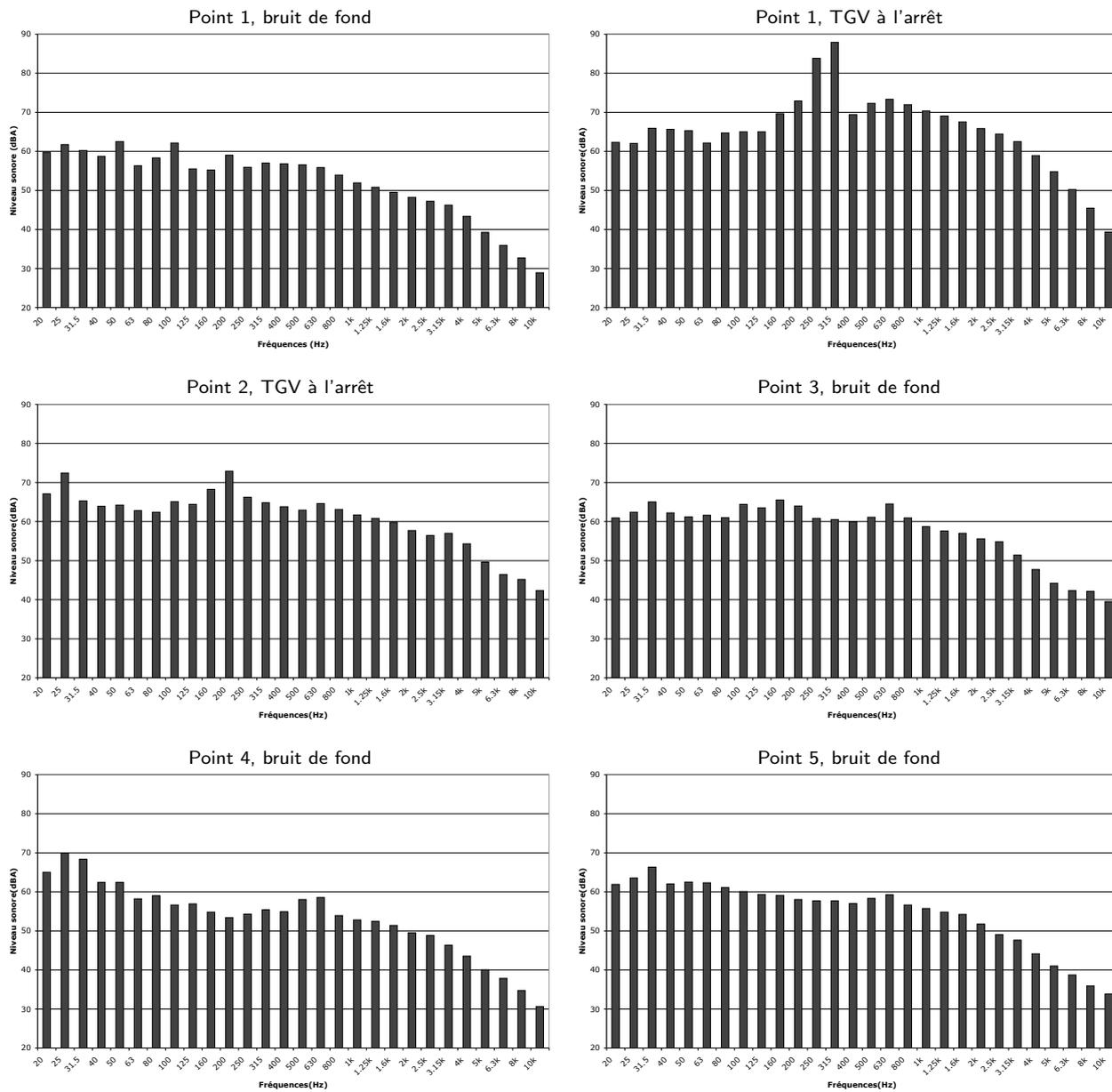


FIG. 8.6: Spectres 1/3 octaves aux différents points de mesures, première partie.

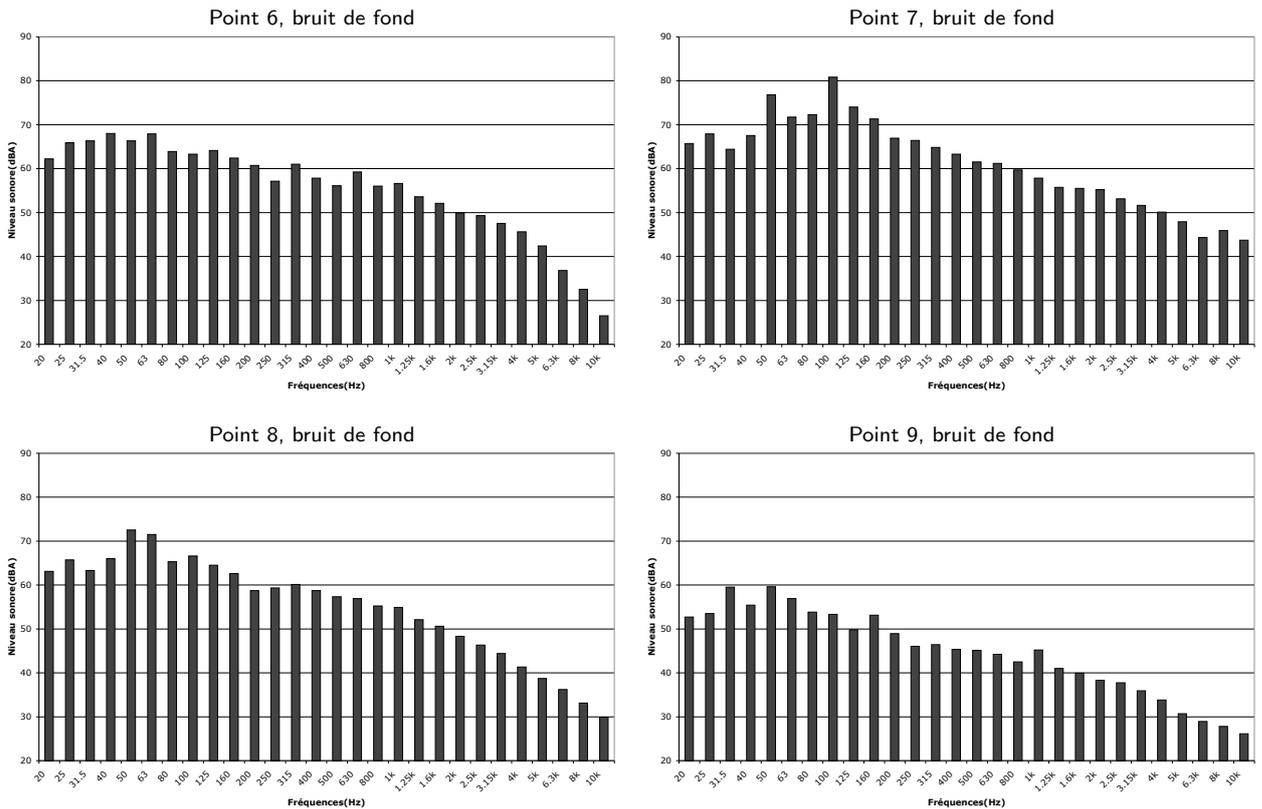


FIG. 8.7: Spectres 1/3 octaves aux différents points de mesures, deuxième partie.

La création de la signalétique sonore devra tenir compte des résultats de ces mesures en ajustant le niveau sonore et le contenu spectral des signaux sonores, afin qu'ils ne soient pas masqués par l'ambiance sonore. Cette variabilité du niveau sonore est très caractéristique des ambiances sonores présentes aux différents points du trajet. Il est donc difficile d'établir avec précision le niveau de diffusion d'un signal sonore qui soit acceptable dans toutes les situations. Idéalement, il faudrait une adaptation automatique du niveau de diffusion en fonction du niveau sonore ambiant. Pour que la signalétique sonore soit entendue par les usagers, on se basera sur un résultat empirique qui dit que, pour être entendu, un signal sonore doit émerger d'au moins 3 dB du niveau sonore ambiant. Il faudra donc qu'elle puisse être diffusée à 95 dB(A), dans les situations où le niveau sonore est le plus élevé.

Ambiance sonore

Des prises de son B-format ont été effectuées le long du quai 24, aux mêmes points que pour les mesures acoustiques (voir figures 8.3 et 8.4). Les prises de son B-format ont été décodées en binaural et stéréo¹.

Ces extraits sonores permettent d'évaluer la nature des ambiances sonores présentes le long du trajet. Les sources sonores présentes sont essentiellement le bruit émis par les tapis roulants, le bruit des motrices à l'arrêt ou au passage, le bruit des pas des autres usagers.

¹La technique d'enregistrement est la même que celle utilisée dans le chapitre 6.

Réponses impulsionnelles simulées

Des réponses impulsionnelles simulées à différents endroits du trajet pourront être fournies avec ce cahier des charges. Elles permettront au compositeur de créer les signaux sonores en tenant compte de la réverbération des endroits où ils devront être diffusés. Cela permet d'intégrer, dès la création sonore, les modifications que cette réverbération peut provoquer sur le son diffusé dans les espaces (allongement du son, filtrage, échos, etc.). L'écoute des sons est effectuée par la technique d'*auralisation* qui consiste à effectuer une convolution temporelle entre le signal original *sec* (i.e. sans réverbération) avec la réponse impulsionnelle. Une application à l'évaluation de l'intelligibilité des annonces en gare a notamment été proposée par Poisson [Poi02, PLHM01].

8.2.3 3 types de problèmes à traiter

La signalétique sonore doit résoudre les problèmes rencontrés par les usagers de la gare Montparnasse lors de leur trajet jusqu'à Montparnasse 3 Vaugirard. Le Tableau 7.3 montre que tous ces problèmes ont lieu entre le début du quai 24 et l'arrivée dans le hall Vaugirard :

- l'entrée sur les 3 tapis roulants
- l'entrée dans Vaugirard
- le doute d'être dans la bonne direction à mesure que le trajet avance
- le manque d'information sur la distance restant à parcourir

Dans le cas des tapis roulants, même s'il est toujours possible de marcher le long du quai, il est quand même préférable de prendre les tapis pour une question de confort mais aussi pour une question de temps, surtout si l'utilisateur est dans une situation de départ immédiat. De même, dans le cas de l'entrée dans le hall Vaugirard, il est préférable (et même indispensable) de prendre cette direction. Ces deux problèmes sont donc des problèmes d'orientation. La signalétique sonore devra résoudre ce premier type de problème.

Ensuite, le doute ressenti par les usagers d'être dans la bonne direction est la conséquence de deux aspects caractéristiques du trajet : la longueur (plus de 300 mètres) et le manque d'information qui rappelle ou confirme que l'on est dans la bonne direction. En effet, si le trajet était très court, il n'y aurait pas le temps de douter. Du fait de la longueur et du manque de confirmation, les sujets ressentent un doute au fur et à mesure qu'ils avancent dans le trajet. Il s'agit donc d'un problème de confirmation le long du trajet. La signalétique sonore devra résoudre ce deuxième type de problème.

Enfin, le dernier problème est aussi un problème dû à la longueur du trajet mais ajouté cette fois à un manque d'information sur la distance restant à parcourir avant d'arriver à Vaugirard. Il s'agit donc d'un problème d'indication sur l'état d'avancement du parcours, à différentes étapes du trajet. La signalétique sonore devra aussi résoudre ce troisième type de problème.

8.2.4 Les 3 fonctions de la signalétique sonore

En tenant compte de tous les points cités précédemment, la signalétique sonore devra remplir les trois fonctions suivantes :

1 - Orientation des usagers

La signalétique sonore doit orienter l'utilisateur vers un point précis : l'entrée de chacun des 3 tapis et l'entrée de Montparnasse 3 Vaugirard. En d'autres termes, en entendant

cette signalétique sonore à ces 4 points précis, l'utilisateur devra comprendre qu'il doit se diriger vers les tapis roulants ou bien l'entrée dans le hall de Vaugirard. Cette fonction est nommée *beacon sound* ou *balise sonore*.

2 - Accompagnement de l'utilisateur

La signalétique sonore doit aussi confirmer à l'utilisateur qu'il a pris la bonne direction afin de le conforter et l'accompagner tout le long du trajet. Le trajet étant long, le signal sonore qui remplira cette fonction devra être entendu à plusieurs endroits du trajet, c'est-à-dire quelques mètres après chaque son d'orientation. Cette fonction est nommée *feedback sound* ou *confirmation sonore*. Elle doit être créée de manière à ce que l'utilisateur perçoive une cohérence sonore avec la *balise sonore* (cohérence en termes de timbre ou morphologique).

3 - Décompte temporel et/ou de distance

La signalétique sonore doit enfin indiquer à l'utilisateur l'état d'avancement de son trajet en l'informant, soit sur le temps restant, soit sur la distance restant à parcourir avant l'arrivée à Montparnasse 3 Vaugirard. Ce signal sonore devra être entendu à plusieurs endroits du trajet afin que l'utilisateur comprenne qu'il approche de son but. Cette fonction est nommée *timeline sound*.

8.3 La création sonore

8.3.1 Présentation du compositeur

Le cahier des charges fonctionnel que nous venons de présenter a été soumis à Hiroshi Kawakami, compositeur Japonais qui a notamment travaillé sur des systèmes de signalétique sonore pour personnes aveugles dans la gare de Shinjuku à Tokyo [Kaw00] (voir Chapitre 2). La principale raison pour laquelle nous avons choisi de travailler avec lui est qu'il est arrivé dans l'équipe Perception et Design Sonores de l'IRCAM alors que nous étions en train de commencer ce travail. C'est donc tout naturellement que nous lui avons proposé de travailler sur notre problématique de signalétique sonore. Le fait qu'il ait auparavant déjà travaillé dans ce domaine a bien entendu constitué pour nous un sérieux avantage. Ce travail a été présenté lors du World Forum for Acoustic Ecology en Novembre 2006 [KTSP06].

Afin de pouvoir choisir parmi différents types de solutions, nous avons laissé la liberté au compositeur de proposer plusieurs sons pour chacune des fonctions du cahier des charges. Nous aurions aussi pu proposer le cahier des charges à d'autres personnes, mais nous avons préféré nous limiter à un seul compositeur qui avait déjà travaillé sur cette problématique. Le choix des sons est présenté dans le paragraphe 8.4.

8.3.2 Le principe général proposé

Deux schémas

Pour la création des signaux sonores, Kawakami s'est basé sur le principe des *earcons* [BSG89, Bre02, BWE94] (voir aussi chapitre 2), et notamment des résultats obtenus par Brewster et al. [BWE95]. Pour chaque fonction, le compositeur a ainsi proposé plusieurs *earcons* selon deux schémas :

1. Un couple appel-réponse pour les fonctions d'*orientation* et de *confirmation*. Ce même couple sera utilisé à chacune des 4 étapes du trajet définies par le cahier des

charges (les 3 tapis et le hall Vaugirard). Plusieurs principes ont été proposés pour la réalisation de ce schéma, ils sont détaillés dans le § 8.3.3.

2. Une ponctuation du trajet pour la fonction timeline. Compte tenu de la distance à parcourir et de la configuration du trajet entre le début du quai 24 et l'entrée dans le hall Vaugirard, Kawakami a choisi de ponctuer le trajet de 4 sons, dont la succession forme une *timeline*, ou décompte temporel. Dix séquences de 4 sons ont été proposées sur des principes différents (accélération du rythme, renversements d'accords, etc). Elles sont décrites en détail dans le § 8.3.4.

La signalétique sonore est ainsi composée de 6 signaux sonores différents dont certains sont répétés à plusieurs endroits du trajet. Le couple de son appel-réponse est répété 4 fois (i.e. pour chacun des trois tapis et l'entrée dans le hall Vaugirard). Chacun des 4 sons de la séquence qui forme la timeline est joué une fois à 4 points différents du trajet. Ce principe général sera plus tard traduit en terme de cahier des charges technique qui spécifiera la mise en place de l'installation sonore (voir §8.5).

Hauteur et tonalité

Le compositeur a choisi la fréquence fondamentale et la tonalité des sons en se basant sur le principe de *keynote* énoncé par Schafer. Il s'agit de trouver la ou les «note(s) clé(s)» de l'ambiance sonore, c'est-à-dire une composante sonore qui prédomine, et de fixer la fréquence et la tonalité des sons créés pour qu'ils soient en harmonie avec la(les) note(s) clé(s). Même si cette méthode peut paraître arbitraire, elle constitue un moyen de créer des sons en harmonie avec l'ambiance sonore des lieux où ils vont être diffusés. Dans notre cas, Kawakami a choisi de créer des sons en harmonie avec la *couleur* générale du bruit de fond et le jingle qui précède les annonces vocales.

La première note clé considérée par Kawakami est le bruit de fond seul, i.e. sans passage de train ou train à l'arrêt. En observant le contenu fréquentiel du bruit de fond à plusieurs endroits du trajet (voir figures 8.6 et 8.6), le compositeur remarque que la majeure partie de l'énergie se situe en dessous de 1kHz. Ensuite, à partir du centre de gravité spectral du bruit de fond, il trouve que la fréquence fondamentale du bruit de fond est proche de la note *Do*.

La deuxième note clé considérée est le jingle SNCF², composé de 4 notes (*Do*, *Sol*, *La_b*, *Mi_b*), et dans une tonalité *Do mineur*.

À partir de ces résultats, la fréquence fondamentale des earcons a été ajustée à celle du *Sol* (environ 800Hz) ou du *Do* (environ 1kHz), fréquences qui correspondent à des hauteurs consonantes avec le bruit de fond et le jingle. Les earcons ont été écrits dans la tonalité *Do Majeur*, en référence à la tonalité du jingle SNCF. La gamme utilisée pour la plupart des earcons composés est une gamme pentatonique, avec 5 variations possibles. Selon l'auteur, il s'agit d'une gamme simple pour l'écoute, facile à harmoniser et très souvent utilisée dans la musique, donc très familière. Tous les sons ont été créés numériquement par synthèse additive, et post traités avec des effets numériques.

8.3.3 Fonction 1 et 2 : couple orientation - confirmation

Pour les sons d'orientation et de confirmation, Kawakami a choisi de créer un schéma d'appel et de réponse en réalisant des couples de sons. C'est-à-dire que pour ces deux

²Il est en effet très présent dans le paysage sonore des gares. À la Gare de Lyon à Paris par exemple, sur une journée normale, environ 750 annonces sont diffusées entre 6h et 22h (d'après J.-M. Cau, responsable de l'information voyageur à la Gare de Lyon).

fonctions, il a choisi de créer des sons qui fonctionnent par paire, où le deuxième son est une réponse au premier. Au total, 25 paires de sons ont été proposées, chaque son dure en moyenne 2 secondes. Dans une première écoute, 5 paires nous ont parues trop semblables aux autres et ont été retirées du corpus. Nous ne conserverons donc que 20 paires pour la suite. Ces 20 paires de sons sont construites sur trois types de schéma appel-réponse :

1. Hauteur, l'enveloppe temporelle, variation de hauteur, le trémolo ou le vibrato.
2. Série harmonique. Les sons sont fabriqués par additions d'harmoniques dont le rapport suit une série de Fibonacci³.
3. Mélodie. Ce schéma est plus libre, il fait appel à des principes utilisés en composition musicale (cadence, résolution, accélérations, etc.).

Le Tableau 8.2 décrit les valeurs des paramètres des sons des 20 paires proposées.

8.3.4 Fonction 3 : séquence de timeline

Pour cette fonction, Kawakami a choisi de ponctuer le trajet de 4 sons, la succession des 4 sons doit faire comprendre que l'on arrive à la fin d'une séquence. Dix séquences de 4 sons ont été proposées sur des principes différents (rythme qui s'accélère, compte à rebours, mélodie ascendante, séries harmoniques, etc.) comme le montre le Tableau 8.1.

Son	Schéma	1	2	3	4
T01	Harmonique	Sub-dominante	Dominante	Dominante	Tonique
T02	Intervalle	5 demi tons	10	15	20
T03	Accord	5 notes	4	3	2
T04	Décompte	4 notes	3	2	1
T05	Longueur	arpège lent	plus rapide	plus rapide	plus rapide
T06	Mélodie	↗	↗-↗-↘	↗-↘-↘	↘
T07	Rythme	oooO	ooOo	oOoo	Oooo
T08	Vibrato	lent	plus rapide	plus rapide	plus rapide
T09	Pentatonique	↗-↘	↗	↘	↘-↗
T10	Rythme+mélodie+décompte	****O000	****OOO	****OO	****O

TAB. 8.1: Description des 10 séquences de sons proposées par H.Kawakami pour la fonction de *timeline*. La colonne *Profile* correspond au schéma sur lequel est basée la construction de la séquence, les colonnes 1,2,3,4 correspondent aux 4 sons de la séquence.

³La série de nombres de Fibonacci est obtenue en additionnant un nombre à son prédécesseur immédiat dans la série : 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, etc. Cette série permet d'approcher le nombre d'or. Cette série a beaucoup été utilisée par le compositeur Bartók.

Son	Hauteur (Hz)	Combinaison harmonique	Profil dynamique	Profil mélodique	Vibrato Fréq.
Schéma dynamique					
A01	1200	2,3	↘	→	0
F01	800	2,3	↘	→	0
A02	800-1600	2,3	→	↗	0
F02	800	2,3	↘	→	0
A05	800-1600	2,3	→	↗	13
F05	800	2,3	↘	→	0
A06	800-1600	2,3	→	↗	13
F06	1600-800	2,3	→	↘	13
A07	1200	2,3,4,5,6,7	↘	→	0
F07	800	2,3,4,5,6,7	↘	→	0
A08	800-1600	2,3,4,5,6,7	→	↗	0
F08	800	2,3,4,5,6,7	↘	→	0
A11	800-1600	2,3,4,5,6,7	→	↗	13
F11	800	2,3,4,5,6,7	↘	→	0
A12	800-1600	2,3,4,5,6,7	→	↗	13
F12	1600-800	2,3,4,5,6,7	→	↘	13
Schéma harmonique					
A13	800	5,8,13,21,34,55	↘	→	0
F13	800	2,3,5,8,13,21	↘	→	0
A14	800+1200	1,2,3,5,8,13	↘	→	0
F14	800	2,3,5,8,13,21	↘	→	0
A15	800+1200	2,3,5,8,13,21	↘	→	0
F15	800	2,3,5,8,13,21	↘	→	0
A17	Morph from 800 to 1200	5,8,13,21,34,55	↘	→	0
F17	800	2,3,5,8,13,21	↘	→	0
Schéma mélodique					
A18	Ascendant				
F18	Descendant, résolution tonique				
A19	Fréquence croissante				
F19	Partie de A19				
A20	Mélodie montante				
F20	A20 à l'envers et plus court				
A21	Mouvement				
F21	Arrêt, avec même intervalle de quinte que A21				
A22	Appel				
F22	Réponse avec même mode et gamme				
A23	Même gamme				
F23	Même gamme				
A24	Comme un ballon qui se gonfle ...				
F24	... et se dégonfle				
A25	Rythme long				
F25	Rythme court, résolution tonique				

TAB. 8.2: Descriptions des 20 paires de sons (A-F) proposées par H.Kawakami pour les fonctions orientation (son notés A, comme *attention*) et confirmation (sons notés F comme *feedback*). Trois types de schéma appel-réponse sont réalisés.

8.4 Sélection des sons

8.4.1 Objectif

Nous avons présenté dans le paragraphe précédent les différentes propositions de sons pour la signalétique sonore réalisées par Kawakami. L'objectif de ce nouveau paragraphe est de sélectionner les sons qui seront installés expérimentalement dans la gare avant d'être validés ergonomiquement dans le chapitre suivant. Pour cela, nous allons effectuer un test d'écoute auprès d'auditeurs volontaires qui devront choisir les sons qui correspondent le mieux aux fonctions souhaitées. L'expérience (E4) est divisée en deux parties qui concernent respectivement les fonctions *orientation-confirmation* et *timeline*.

8.4.2 Stimuli

L'expérience E4 s'est déroulée dans une cabine audiométrique IAC du laboratoire PDS⁴ de l'Ircam. Les échantillons sont joués via l'interface informatique sur un ordinateur Macintosh G5 (PowerPC G5 2x2,5 GHz) muni d'une carte son RME (HDSP9652 et convertisseur ADI-8 PRO), amplifiés par un amplificateur Lake (Phone Amp G95), et restitués sur un casque Sennheiser HD 250 linear II.

La première partie de l'expérience utilise les 20 paires de sons pour les fonctions orientation et confirmation. La deuxième partie utilise les 10 séquences de 4 sons pour la fonction de timeline. Les stimuli n'ont pas été auralisés, c'est-à-dire que les sujets ont écouté les sons secs, sans réverbération ajoutée.

Dans une expérience préliminaire, les deux corpus de sons ont été égalisés en sonie avec 10 sujets. Lors de cette pré-expérience, les sujets devaient ajuster⁵ le volume du son testé pour qu'il procure la même sensation d'intensité que le son de référence. Pour le deux corpus de sons (orientation/confirmation et timeline), le niveau sonore du son de référence a été fixé à 56 dB(A) (pour un bruit de fond mesuré de 23,5 dB(A)).

8.4.3 Protocole : Expérience E4

Consigne

L'expérience se déroule en deux parties avec une courte pause entre les deux pour que l'expérimentateur lance l'interface. Au début de chaque partie, la consigne présente l'objectif de l'expérience et décrit précisément à quoi doivent servir les sons que les auditeurs vont écouter et choisir. Un plan de la gare ainsi que des photos du trajet leur sont présentés afin de leur décrire le contexte dans lequel seront diffusés les sons. Dans les deux parties, la tâche est identique : les sujets doivent choisir parmi les sons présentés à l'écran les trois qu'ils préfèrent par rapport à la fonction décrite en introduction.

Interface

L'interface informatique⁶ permet d'écouter les sons (les paires pour la première partie ou les séquences de 4 sons pour la deuxième partie) en cliquant sur des boutons numérotés. Les sujets peuvent écouter les sons autant de fois qu'ils le souhaitent, et déplacer les sons

⁴Perception et Design Sonores

⁵Interface développée sous PsiExp, logiciel de création d'interfaces pour les expériences psychoacoustiques développé par Smith [Smi95].

⁶Interface développée aussi sous PsiExp.

sur l'écran. Lorsqu'ils ont fait leur choix, ils déplacent les trois meilleurs sons dans les cases correspondantes.

Sujets

30 sujets ont passé cette expérience rémunérée, 15 hommes et 15 femmes âgés de 26 à 49 ans. Aucun sujet ne présentait de perte auditive significative.

8.4.4 Résultats

Scores pour les fonctions orientation-confirmation

Séquences	Note	Nombre de fois classée			
		1, 2 ou 3	1	2	3
P23	29	14	6	3	5
P01	19	9	3	4	2
P20	18	8	2	6	-
P24	16	6	4	2	-
P19	16	7	2	4	2
P25	15	10	1	3	6
P18	15	7	3	2	2
P21	15	7	3	2	2
P05	9	3	3	-	-
P22	8	5	1	1	3
P11	5	2	1	1	-
P02	4	3	-	1	2
P13	3	2	-	1	1
P17	3	1	1	-	-
P07	1	1	-	-	1
P08	1	1	-	-	1
P12	1	1	-	-	1
P14	1	1	-	-	1
P15	1	1	-	-	1
P06	0	-	-	-	-

TAB. 8.3: Expérience E4, première partie. Scores de classement obtenus par les paires de sons pour les fonctions *Orientation - Confirmation*.

Le Tableau 8.3 présente les résultats de la première partie de l'expérience E4, concernant la paire de sons pour les fonctions orientation et confirmation. Les colonnes 1,2,3 présentent le nombre de fois que chaque paire a été classée en position 1, 2 ou 3. La colonne *Note* est calculée à partir de ces 3 colonnes en faisant une somme pondérée : $note = 3 * col1 + 2 * col2 + col3$.

Les résultats montrent que la paire P23 obtient la meilleure note pondérée mais est aussi celle qui a été classée le plus grand nombre de fois. Cette paire est composée des sons A23 et F23 (voir Tableau 8.2), c'est-à-dire un schéma appel-réponse basé sur une mélodie ascendante pour l'appel, et deux notes descendantes (extrémité de la même gamme que l'appel) pour la réponse.

Scores pour la fonction timeline

Le Tableau 8.4 présente les résultats de la deuxième partie de l'expérience E4. Les notes sont calculées de la même façon que précédemment. Ces résultats montrent que

Séquences	Note	Nombre de fois classée			
		1, 2 ou 3	1	2	3
T04	51	22	11	7	4
T03	30	14	6	4	4
T05	29	14	5	5	4
T02	24	13	4	3	6
T09	14	7	2	3	2
T10	9	6	1	1	4
T06	8	6	-	2	4
T07	8	4	1	2	1
T01	5	3	-	2	1
T08	2	1	-	1	-

TAB. 8.4: Expérience E4, deuxième partie. Scores de classement obtenus par les séquences de sons pour la fonction *Timeline*.

la séquence T04 obtient la meilleure note et se détache nettement des autres séquences. Cette séquence est construite sur le principe du compte à rebours : 4 notes, 3 notes, 2 notes puis 1 note, toutes les notes étant identiques.

8.4.5 Discussion

Cette expérience en laboratoire a permis d'identifier les sons que 30 sujets préfèrent par rapport aux 3 fonctions de la signalétique sonore. Les scores de préférence sont clairs et permettent d'isoler les sons préférés par la plupart des sujets. Ces sons sont ceux que nous avons installés par la suite dans la gare Montparnasse (voir paragraphes suivants) pour pouvoir ensuite être validés grâce à des trajets effectués par de nouveaux voyageurs complices (voir chapitre suivant).

8.5 L'installation in situ

Les paragraphes suivants décrivent la mise en place technique de la signalétique sonore dans la gare Montparnasse à Paris. Afin de spécifier l'installation, nous avons écrit un cahier des charges technique qui traduit la solution sonore sélectionnée dans l'étape précédente en termes techniques. Ce deuxième cahier des charges spécifie le mode de diffusion des sons, de détection, le placement des haut-parleurs, etc. Il est destiné à la personne qui devra trouver une solution technique pour la signalétique sonore et la mettre en place dans la gare Montparnasse.

8.5.1 Cahier des charges technique

Sonorisation

La sonorisation du quai 24 pour la signalétique se fera dans le cadre expérimental de la thèse, elle doit donc être complètement autonome par rapport à la sonorisation existante de la gare. C'est-à-dire qu'il faudra installer tous les éléments nécessaires à la signalétique sonore (haut-parleurs, amplificateurs, câblage, etc...) de manière à pouvoir les enlever facilement après l'expérimentation.

Compte tenu du principe général proposé par Kawakami (voir §8.3.2), la signalétique sonore nécessite au maximum 12 enceintes. Afin de réduire ce nombre, nous avons choisi

de regrouper le signal sonore de confirmation avec le signal sonore de timeline. C'est-à-dire que le son de timeline sera diffusé à la suite du son de confirmation, et sur la même enceinte. Le nombre d'enceintes nécessaire est donc réduit à 8.

Détection

Les signaux sonores devront être émis à différents points du trajet, et être déclenchés par le passage des usagers dans une zone précise. Des systèmes de capteurs devront donc être utilisés pour déclencher les signaux sonores. Pour le signal d'orientation vers les tapis et l'entrée de Montparnasse 3, la détection devra se faire quelques mètres avant ces points (voir exemple sur la figure 8.8). Pour le signal de confirmation et de décompte temporel, la détection peut être faite au même endroit que la diffusion.

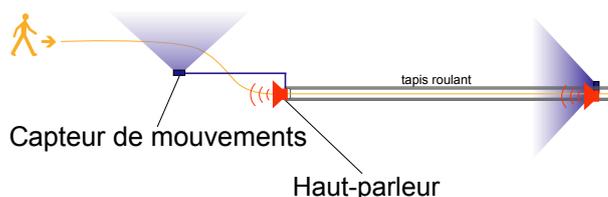


FIG. 8.8: Illustration du principe utilisé pour déclencher les sons au passage d'un usager. Lorsque l'usager (en orange) entre dans la zone de détection (dégradé bleu), le signal est émis par le haut-parleur (en rouge). Pour le signal d'orientation (haut-parleur de gauche), la détection se fait à distance. Pour les autres sons (haut-parleur de droite), la détection se fait au même endroit que la diffusion.

8.5.2 Installation

Principe

Les sons sont déclenchés par le passage des usagers, on utilise pour cela des enceintes amplifiées équipées de capteurs de mouvements à infrarouges et capables de stocker le son dans une mémoire interne (voir figure 8.9, les spécifications techniques sont présentées en annexe D.2.1). Ce type d'enceinte permet la diffusion du son déclenché uniquement lorsqu'un usager passe devant le faisceau du capteur (pour éviter des déclenchements trop rapprochés, une temporisation électronique a été ajoutée sur chaque enceinte). Pour les sons d'appel, il était nécessaire que la captation du mouvement se fasse à une distance plus importante que la portée du capteur de l'enceinte, nous avons utilisé un capteur externe (voir figure 8.9, les spécifications techniques sont présentées en annexe D.2.2). Les enceintes et les capteurs ont été installés le long du trajet.

Description

Une description de l'installation est présentée sur les figures 8.10 et 8.11 (en fin de chapitre). Les sons utilisés sont ceux choisis à l'issue de l'expérience E4. Chaque enceinte diffuse un ou plusieurs des sons sélectionnés :

- Les enceintes 1, 3, 5 et 7 diffusent tous le même son d'appel pour orienter vers l'entrée des tapis ou l'entrée de Vaugirard (n°7).
- Les enceintes 2, 4, 6 et 8 diffusent tous le son de confirmation suivi d'un des 4 sons de timeline en respectant l'ordre chronologique défini par le compositeur (l'enceinte



FIG. 8.9: Photo de gauche : enceinte (modèle TOA EV20A) utilisée pour la diffusion des sons de la signalétique sonore. Il s'agit d'une enceinte amplifiée munie d'une carte mémoire permettant de stocker un fichier son à diffuser. La diffusion peut être déclenchée par le capteur de mouvement intégré ou bien par un capteur externe. Photo de droite : enceinte posée (à gauche) et reliée à un capteur externe (à droite).

n°2 diffuse le son de confirmation puis le 1er son de timeline, la n°4 diffuse le son de confirmation puis le 2e son de timeline, etc.).

8.6 Conclusion

Ce chapitre a présenté la réalisation d'une signalétique sonore dont l'objectif est de résoudre les problèmes identifiés dans le chapitre précédent. Un cahier des charges fonctionnel a permis de spécifier les caractéristiques architecturales et acoustiques des lieux ainsi que les fonctions que devaient remplir les signaux sonores. Un compositeur a ensuite proposé plusieurs solutions à ce cahier des charges, la solution retenue a été choisie grâce à un test d'écoute en laboratoire avec un panel de sujets. La signalétique sonore a enfin été traduite en termes de spécifications techniques pour la mise en place du système de diffusion dans la gare Montparnasse. Ce système utilise des enceintes amplifiées autonomes munies d'un capteur de mouvement pour déclencher les sons directement stockés dans les enceintes.

Cette installation est restée en place 24h/24h pendant 3 semaines (du 6 au 24 mars 2006), le temps de la mise au point et de l'évaluation ergonomique avec de nouveaux sujets volontaires (voir chapitre suivant). Il faut noter que le système tel qu'il est décrit dans ce chapitre nécessiterait plusieurs développements pour une installation définitive. Il faudrait, par exemple, que le niveau de diffusion des sons puisse s'adapter au niveau sonore du bruit de fond qui varie beaucoup pendant la journée (voir cahier des charges fonctionnel). Ensuite, il faudrait contrôler plus finement la captation du mouvement afin d'éviter que les sons soient déclenchés par d'autres usagers (ex : ceux qui font le trajet dans l'autre sens).



SIGNALETIQUE SONORE MONTPARNASSE 3 VAUGIRARD

FIG. 8.10: Installation de la signalétique sonore à Montparnasse (première partie). Les enceintes (en rouge) 1 et 3 diffusent le son d'appel. Les enceintes 2 et 4 diffusent le son de confirmation puis le son de timeline correspondant à l'étape.

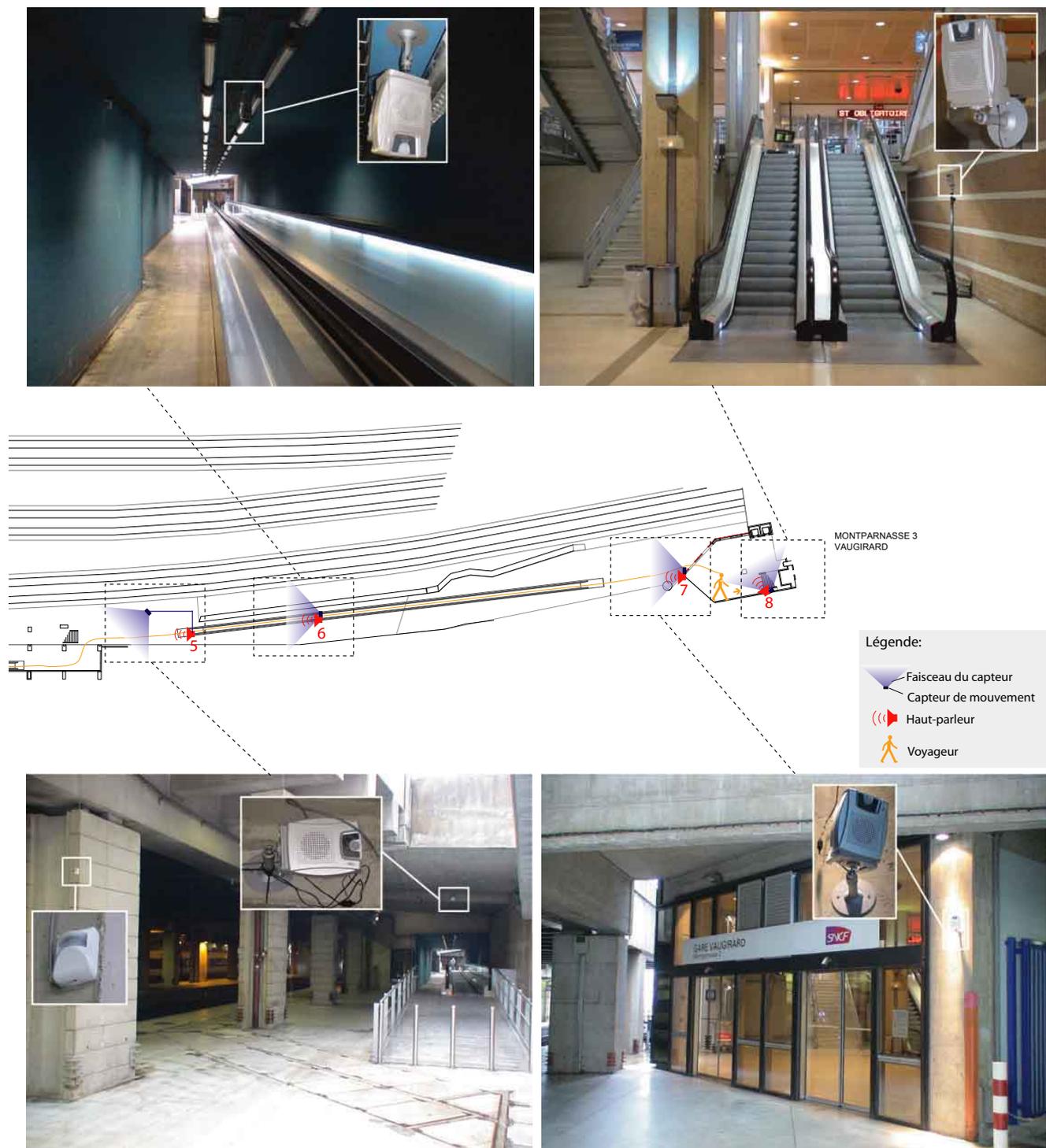


FIG. 8.11: Installation de la signalétique sonore à Montparnasse (première partie). Les enceintes (en rouge) 5 et 7 diffusent le son d'appel. Les enceintes 6 et 8 diffusent le son de confirmation puis le son de timeline correspondant à l'étape.

Chapitre 9

Signalétique sonore II : validation ergonomique de la solution sonore

9.1 Introduction

Dans le chapitre 7, nous avons montré que les usagers rencontraient des difficultés pour se rendre à la Gare Montparnasse 3 Vaugirard depuis la sortie du métro dans Montparnasse. La méthodologie employée a permis d'identifier clairement quels étaient les problèmes, à quel endroit ils apparaissaient et quelle en était la nature. Nous avons pour objectif de montrer que l'on peut trouver une solution sonore à ces problèmes, même s'il est vrai qu'une amélioration de la signalétique visuelle serait envisageable dans ce cas précis. Un cahier des charges a donc été écrit dans le chapitre précédent pour spécifier un système de signalétique sonore qui résoudrait les problèmes identifiés sur ce trajet. Les sons de la signalétique sonore ont trois fonctions :

1. Orientation
2. Confirmation et accompagnement
3. Timeline (décompte temporel)

Le compositeur Hiroshi Kawakami a proposé plusieurs types de sons pour chacune des fonctions de la signalétique sonore. Une expérience en laboratoire a permis de vérifier que les sons proposés étaient bien adaptés à la fonction qu'ils devaient remplir. Les sons installés dans la gare Montparnasse sont donc les sons choisis par la majorité des 30 sujets ayant passé cette expérience préliminaire. Une description de l'installation a aussi été présentée dans le chapitre précédent. Les sons sont diffusés à différents endroits le long du quai 24, et dans la suite du texte, chaque son est noté de la façon suivante :

- Les sons d'appel sont notés a1, a2, a3 et a4, la numérotation suit l'ordre d'apparition (les 4 sons sont identiques).
- Les sons d'étapes sont notés c&t1, c&t2, c&t3 et c&t4. Les sons d'étapes correspondent aux 4 paires formées du son de confirmation (c) et du son de timeline (t1 à t4).

L'objectif de ce nouveau chapitre est maintenant de valider cette signalétique sonore in situ. Plus précisément, nous voulons savoir si les usagers qui empruntent ce trajet comprennent les fonctions des sons que nous avons installés. Pour cela, nous allons mettre en place une nouvelle expérience (E5) avec 10 nouveaux voyageurs complices, en utilisant le même type de protocole que dans le chapitre 7 lorsque nous souhaitons identifier les problèmes de ce trajet.

9.2 Protocole : Expérience E5

9.2.1 Consigne

Pour les deux premiers sujets (VM et GL), la consigne est identique à celle de l'expérience mise en place pour identifier les problèmes sur ce trajet (voir paragraphe 7.3.1). C'est-à-dire qu'il ne leur était pas précisé de porter une attention particulière au son. Pour les huit sujets suivants, la consigne est modifiée. Les sujets ont toujours pour objectif de prendre le prochain train pour Granville, mais cette fois il leur est indiqué de porter une attention particulière aux sons qu'ils vont entendre.

Ce changement de consigne a été décidé après le passage des deux premiers sujets car, comme nous le verrons dans l'analyse des résultats, ils n'ont pas remarqué la présence de la signalétique.

Le rendez-vous avec les sujets était pris de la même manière que dans le Chapitre 7. Chaque trajet était filmé par l'expérimentateur, aussi de la même manière.

9.2.2 Entretien

L'entretien avec les sujets s'est aussi déroulé de la même manière. Cependant, il est demandé explicitement au sujet d'expliquer ce que le son a apporté à son trajet. C'est-à-dire que pendant l'entretien au cours duquel on regarde la vidéo du trajet, les sujets sont questionnés sur chacun des sons de la signalétique. Les questions posées peuvent varier légèrement dans leur formulation, voici deux exemples :

- « lorsque vous entendez ce son, qu'est-ce qu'il vous apporte à ce moment du trajet ? »
- « en quoi est-ce que le son vous a aidé à ce moment du trajet ».

9.2.3 Sujets

Les sujets ont été recrutés de manière identique à l'expérience précédente. 10 sujets ont passé cette expérience (6 femmes et 4 hommes âgés entre 21 et 57 ans), le tableau 9.1 présente les profils de chaque sujet.

Sujet	Sexe	Age	Profession
VM	F	23	Etudiante en neurosciences
GL	H	24	Publicité radiophonique
VS	F	57	Informaticienne
JD	F	26	Etudiante en cinéma
VL	H	29	Informaticien
DP	F	47	Sans profession
SL	F	21	Etudiante en lettres
JM	H	25	Restauration de peinture
DS	F	31	Metteur en scène
TF	H	23	Metteur en scène

TAB. 9.1: Profils des 10 sujets ayant passé l'expérience E5 pour la validation de la signalétique sonore.

9.3 Résultats

Le trajet de chaque sujet est analysé en deux phases. Dans la première phase, les détails du trajet sont présentés : les étapes, les éléments extérieurs qui ont été remarqués (panneaux, sons, etc.), les doutes, les hésitations, les choix, etc. Cette première analyse est obtenue grâce à une observation de la vidéo et un relevé des éléments apportés par le sujet lors de l'entretien. Dans la deuxième phase de l'analyse, le trajet est analysé selon les problèmes rencontrés, la stratégie employée, l'avis du sujet et enfin le rôle du son pendant le trajet. Les passages entre guillemets sont extraits de la transcription des entretiens d'autoconfrontation et viennent illustrer ou appuyer les analyses des trajets.

9.3.1 Le trajet de VM

Les étapes

Voir annexe E.1.1.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées Comme le montre l'entretien, VM a rencontré beaucoup de difficultés pendant son trajet. Elle explique très clairement et avec beaucoup de détails (voir l'entretien) quelles sont les difficultés qu'elle a rencontrées, quelles sont les informations qu'elle a cherchées et qu'elle n'a pas trouvées. La liste suivante résume ces problèmes et leurs causes.

Le doute de la localisation de la voie 28 : VM ne comprend pas, pendant tout le trajet, où se trouve la voie 28 par rapport aux autres voies. Ce n'est qu'à la fin, lorsqu'elle la voit, qu'elle comprend.

Hésitation entre 1er et 2e tapis : les panneaux 25 à 28 situés à droite et à gauche provoquent une hésitation, c'est pourquoi lorsqu'elle se rend compte qu'elle aurait pu prendre le tapis, il est trop tard car elle est déjà trop avancée.

Hésitation entre 2e et 3e tapis : rien n'indique qu'il faut prendre le tapis, il n'y a pas de panneaux. Cela provoque donc une hésitation, elle ne sait pas s'il faut continuer sur le quai ou prendre le tapis.

Hésitation à l'arrivée de Vaugirard : il n'y a plus d'indication de la voie 28, rien ne lui dit qu'il faut entrer dans le hall.

De manière générale, rien ne la conforte qu'elle se trouve dans la bonne direction pendant le trajet. Cette liste est tout à fait similaire avec les problèmes identifiés lors de la première expérience sur ce trajet, alors qu'il n'y avait pas la signalétique sonore.

Son avis sur le trajet À cause des problèmes qu'elle a rencontrés, VM trouve le trajet trop complexe, qu'il a eu trop d'hésitations, et que ce n'est pas du tout agréable (« c'est l'horreur ! »).

Le rôle des sons VM a entendu les sons, mais n'a pas du tout cherché à les interpréter pour son trajet. Lorsqu'elle est questionnée sur ce qu'elle a entendu pendant le trajet, elle ne cite pas les sons. Même pendant le visionnage de la vidéo, elle ne remarque pas qu'on entend les sons. Ce n'est qu'après lui avoir dit qu'il y avait une signalétique sonore, et après les avoir fait réécouter sur la vidéo qu'elle avoue les avoir entendus. Mais elle ne pensait pas que cela avait un rapport avec la gare, qu'il s'agissait d'une musique. Les seuls indices sonores auxquels elle était attentive étaient les annonces sonores.

9.3.2 Le trajet de GL

Les étapes

Voir annexe E.1.2.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées GL se dirige machinalement depuis la sortie du métro jusqu'au tableau des départs (TGD), puisqu'il connaît cette partie de la gare. La première et seule difficulté qu'il rencontre a lieu à ce moment : le numéro de la voie du train n'est pas affiché. La seule information qu'il obtient sur le panneau est l'heure du train et qu'il partira de la Gare Vaugirard. Le problème est qu'il ne connaît pas cette gare, il s'apprête donc à demander à quelqu'un. Arrivé sur la plateforme transversale, il aperçoit au loin sur la droite un panneau qui indique une sortie vers le Boulevard de Vaugirard, il s'y dirige donc par association d'idées. C'est la seule difficulté qu'il rencontre, la suite du trajet se déroule sans problème. GL explique qu'à part ce problème d'affichage, le trajet est très bien indiqué, qu'il ne se pose jamais de question («Ça c'est bien, il y a une bonne régularité des panneaux Gare Vaugirard, ou quai 25 à 28, ce qui fait que je suis rassuré que je suis dans la bonne voie, les indications sont bonnes»). Cependant, il dit que s'il avait été en retard, il aurait sans doute trouvé le trajet plus complexe («C'est simple en fait ... Faudrait juste que les voies 25 à 28 soient plus indiquées ... je serais pressé je paniquerais un peu plus ... » « Oui, à part l'indication de départ, et c'est vrai que c'est un peu reculé donc si on est très pressé, ça peut être embêtant que les quais soient aussi loin »).

Le rôle des sons GL n'a pas interprété les sons par rapport à son trajet, il ne les cite jamais lorsqu'il explique son trajet (voir entretien). Lors de l'entretien, lorsqu'il est questionné sur ce qu'il a remarqué de particulier du point de vue sonore, il se souvient des sons a2 et c&t2 situés à l'approche du 2e tapis et au milieu. Or il n'a pas pris le 2e tapis, il a pensé que ces sons ne lui étaient pas adressés, et il n'a pas compris à quoi ils pouvaient servir (« Ah si, ça c'est quelque chose que je ne connaissais pas, c'est qu'à chaque fois qu'on arrivait sur un tapis, il y avait un petit gling gling, une virgule sonore on va dire, j'ai pas fait attention, puisque je n'utilisais pas ce tapis mais je n'ai pas fait attention de savoir s'il y avait une voix ou non qui indiquait quelque chose »). Lorsqu'on regarde à nouveau son trajet sur la vidéo, il semble comprendre facilement le principe des sons, comme le montre cet extrait :

« Expérimentateur (JT) Donc là ya le premier son. Et là le deuxième, Sujet (GL) Là ça change? Expérimentateur (JT) Oui, le 1er c'est une petite montée, et là c'est une petite descente ... Sujet (GL) Qui confirme, ça on comprend bien, enfin là maintenant je comprends bien.» Le principe de confirmation lui paraît intuitif, une fois qu'on lui a précisé qu'il y avait une information dans le son.

9.3.3 Le changement de consigne

Les sujets VM et GL montrent qu'ils ont entendu les sons de la signalétique sonore pendant le trajet, mais qu'ils n'y ont pas porté d'attention particulière. Ils n'ont pas cherché à comprendre le rôle des sons par rapport à leur trajet. Les seules informations sonores auxquelles ils étaient attentifs étaient les annonces sonores. Or, lorsqu'on leur

explique le principe après coup, qu'on leur fait réécouter les sons sur la vidéo de leur trajet, alors le principe leur paraît simple et intuitif.

On peut ainsi émettre l'hypothèse que si les gens ne se préparent pas à recueillir des informations sonores utiles autres que celles qu'ils connaissent déjà, alors ils n'y feront pas attention et ne chercheront pas à comprendre à quoi servent les sons. En effet, nous avons vu grâce aux expériences E1 et E2 du chapitre 6 que les connaissances acquises sur les ambiances sonores provoquent des phénomènes d'attentes, d'anticipation et de sélection. Ces connaissances concernent les sources sonores présentes, les activités humaines, et le type d'espace. Les résultats des sujets VM et GL en sont une illustration dans un cas concret, ainsi que les réactions des voyageurs étonnés rencontrés pendant la mise en place du système.

Or, le but de l'expérience est de vérifier si les sujets comprennent les fonctions des sons de la signalétique sonore (orientation, confirmation/accompagnement, timeline). Il faut donc les préparer à essayer de comprendre ce que le son peut leur apporter, en les incitant à être attentifs aux sons. C'est donc la modification de consigne qui a été faite pour les huit sujets suivants.

9.3.4 Le trajet de VS

Les étapes

Voir annexe E.1.3.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées VS n'a pas rencontré de très grande difficulté lors du trajet. Elle est un peu inquiète lorsqu'elle voit l'indication Gare Vaugirard concernant le train pour Granville. Il s'agit d'une information nouvelle, VS ne sait pas à quoi cela correspond. Ensuite, lorsque VS comprend que la voie qu'elle cherche se situe dans une autre partie de la gare, i.e. lorsqu'elle voit le premier panneau 25 à 28, elle fait une analogie avec la Gare de Lyon à Paris, qui est divisée en deux parties. Elle commence donc à se dire que cela risque d'être difficile (« Je me suis demandé si ce n'était pas la même chose. Alors là ça commence à être un peu la panique »). Le souvenir de la Gare de Lyon lui permet en quelque sorte d'anticiper la suite des événements puisque c'est ce qui la pousse à prendre le premier tapis roulant (« Expérimentateur(JT) Donc là qu'est-ce qui vous fait prendre le tapis finalement ? Sujet(VS) C'est l'analogie avec la gare de Lyon »).

Son avis sur le trajet Lors de l'entretien, VS exprime un point de vue plutôt négatif sur le trajet. Elle le trouve long et montre qu'elle a manqué d'information à ce sujet (« ils auraient pu prévenir qu'il y aurait trois tapis roulants, que ça allait durer tant de temps, que c'était à telle distance »). Ensuite, VS trouve l'endroit très désagréable (« Alors impression ville fantôme là » « l'ambiance dramatique de l'endroit » « l'endroit est lugubre » « glauque »).

Le rôle des sons VS a remarqué tous les sons, ainsi que les haut-parleurs qui diffusent les sons, ce qui lui amène à parler de balisage sonore (« Alors justement, dans mes réactions, quand j'entendais la musique, j'ai pas hésité à tourner vraiment la tête. Et d'autre part ça m'a permis d'observer, pas la toute première fois, l'espèce de petit appareil, et ça m'a rassurée, parce que je faisais la relation entre le son et l'endroit, et du coup ça permettait

d'identifier qu'effectivement c'était un balisage sonore »). En parlant de balisage sonore, elle comprend donc la fonction d'accompagnement de la signalétique sonore. Ceci est appuyé par ce qu'elle dit plus loin dans l'entretien (« Mais c'est vrai qu'à partir du moment où on intègre l'idée qu'à espace régulier, il y aura ce son et qu'ils ont une parenté, on ne les compte même plus »).

À propos du premier son (le son d'appel a1), «Expérimentateur(JT) Donc là qu'est-ce qui vous fait prendre le tapis finalement ? Sujet(VS) C'est l'analogie avec la gare de Lyon, Expérimentateur(JT) D'accord. Sujet(VS) Parce que c'est long, mais le son m'a guidée ça c'est sûr ». Cet extrait montre que l'entrée sur le tapis a été motivée par deux éléments : le souvenir de la Gare de Lyon et le son d'appel a1. On ne peut pas assurément dire que le son a été la seule information qui l'ait orientée, mais il a joué un rôle de confirmation dans la décision de prendre le tapis.

À propos du deuxième son (c&t1), VS le trouve rassurant (« c'est très apaisant comme son, justement par rapport au lieu, c'est moins kafkaïen. ») et perçoit l'aspect confirmation (C'est sympathique comme son, « vous inquiétez pas vous allez arriver » »).

Ensuite, à aucun moment VS ne mentionne que le son l'informe de l'état d'avancement de son trajet, elle ne remarque pas du tout l'évolution de c&t1 à c&t2. Pourtant, comme on l'a vu dans la partie précédente, elle aurait souhaité être informée de la durée du trajet. Finalement elle résume clairement ce que le son lui a apporté le long du trajet dans les deux extraits suivants : « Chaque fois que je me suis posé une question, je l'ai entendu. Plus les périodes transitoires dans les tapis où je les ai entendus. » « Donc j'ai été sensible au côté attraction du son, guidance, paysage sonore pour qu'on ne fasse pas trop attention au côté visuel glauque, mais je n'ai pas décodé la signification. Il faudrait qu'on apprenne ce code en fait ... ». Le premier extrait montre qu'elle comprend l'enchaînement des sons d'appel et de confirmation. Le deuxième extrait montre que les aspects de guidage, d'accompagnement, et de confortation ont été bien perçus, mais pas les sons de timeline.

9.3.5 Le trajet de JD

Les étapes

Voir annexe E.1.4.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées JD ne rencontre pas de grandes difficultés pendant son trajet. Elle éprouve un doute lorsqu'elle lit l'information Gare Vaugirard sur le TGD, puisque c'est une information nouvelle (« Donc je me dis, tiens il y a un obstacle »). Ensuite, le trajet est plutôt simple pour elle, elle n'a aucune hésitation. Finalement, la seule difficulté réside dans la compréhension de certains sons du trajet (voir plus bas).

Son avis sur le trajet JD trouve que le trajet n'est pas très agréable et aussi qu'il est long (« Expérimentateur (JT) Et le trajet, de manière générale, tu l'as trouvé comment ? Sujet (JD) C'est pas très gai, on se sent un peu seul. Expérimentateur (JT) C'est long ? Sujet (JD) Oui. Et puis on s'éloigne un peu des rails alors qu'on doit prendre un train, ça peut être un peu perturbant. Expérimentateur (JT) Dans le tunnel ? Sujet (JD) Oui c'est ça.»).

Le rôle des sons JD comprend qu'il y a deux types de sons. Le premier son a1 est perçu comme un son d'appel (« Expérimentateur (JT) Et le premier, il signifie quoi pour toi? Sujet (JD) c'est par ici »), mais il arrive après qu'elle a pris la décision d'emprunter le 1er tapis, il la conforte donc dans l'idée de prendre cette direction (« Oui, voilà, là j'ai vu le panneau et juste après j'ai entendu le son ... mais bon il me conforte dans le ... »). Ensuite, elle perçoit les autres sons d'appel, mais comme elle n'a aucun doute sur la direction qu'elle doit prendre, elle les interprète plutôt comme des sons de confirmation (« je me dis qu'il vient un peu tard, et je me dis c'est bon je suis sur la bonne route »). C'est-à-dire que les sons d'appel apparaissent pour elle plutôt comme une confirmation qu'elle est sur la bonne voie qu'un élément qui vient l'aider à prendre une décision. Plus loin dans l'entretien, elle ajoute : « L'aspect confirmation marche dans l'appel, le fait que ça me rappelle, ça me confirme aussi ».

Le deuxième son c&t1 pose une difficulté car JD n'arrive pas à l'interpréter (« Sujet (JD) Alors là je le comprends pas. Expérimentateur (JT) Ok. Sujet (JD) Je me dis « je trace ma route tout va bien », et il m'appelle pas puisqu'il se déclenche quand je passe devant »). Cet extrait montre bien que JD a bien saisi le son d'appel précédent, qu'elle n'a aucun doute d'être dans la bonne direction, c'est pourquoi elle ne comprend pas pourquoi un nouveau son apparaît à cet endroit. Plus loin, elle parle du son c&t2 et tente de l'interpréter mais elle n'est pas convaincue (« là à la limite je me dis qu'il me prévient de la fin du tapis ... »). Le son c&t3 continue de provoquer chez JD un doute et même une contradiction (« On a l'impression qu'il y a un truc qui se clôt, et en fait on est en plein milieu du tapis »). Enfin, elle interprète le son c&t4 comme un son l'avertissant du début de l'escalator (« Celui-là il me prévient du début de l'escalator, il marche assez bien »).

De manière générale, elle est perturbée par le fait qu'elle ne comprend pas les sons intermédiaires (c&t1, c&t2 et c&t3). D'après elle, ces sons semblent conclure quelque chose, ce qui est contradictoire avec le fait qu'elle les entend à des étapes intermédiaires (« On a l'impression qu'il y a un truc qui se clôt, et en fait on est en plein milieu du tapis » « Bein comme il ne se passe rien quand il m'arrive dessus, c'est plutôt contraire même »). Ensuite, elle trouve que les sons sont trop nombreux, et que l'ensemble est redondant (« je trouve qu'il y en a trop »). Par contre, elle apprécie l'accompagnement apporté par les sons (« ce qui est bien c'est qu'on se sent un peu moins seul » « j'aime bien quand le son est loin, il semble m'appeler » « Ça me conforte, on se sent accompagné dans le trajet »). Enfin, l'extrait suivant montre comment le dernier son d'appel contribue aussi à une sorte de confortation et de confirmation : « Mais on entend l'autre plus loin, ça j'aime bien, je me dis ouf je vais sortir du tunnel et je suis toujours sur ma piste ».

Pour résumer, elle comprend l'aspect guidage, accompagnement et confirmation, mais uniquement avec les sons d'appel. Les sons d'étapes lui paraissent superflus car toute l'information est déjà transmise par les autres sons. Enfin, elle ne comprend pas l'information d'avancement contenue dans la succession des sons d'étapes, même si elle semble avoir remarqué une évolution dans les sons.

9.3.6 Le trajet de VL

Les étapes

Voir annexe E.1.5.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées La principale difficulté rencontrée par VL a lieu dès le début du trajet. En effet, en interprétant un son de grincement d'escalator comme étant un son d'orientation («je pensais que c'était une indication de la direction»), il se dirige vers la gauche. Ce n'est qu'une fois sur la plateforme transversale qu'il comprend qu'il s'est trompé et que les sons qu'il a interprétés n'ont rien à voir avec l'expérience («Là je me dis c'est pas possible je me suis trompé, et en fait j'ai pas entendu du tout le son dont vous me parliez»). Il se retrouve donc au début de la plateforme et doit tout remonter. Les extraits suivants montrent comment VL a interprété la consigne, ce qui l'a conduit à faire cette erreur. D'abord il est à la recherche de sons dès le début du trajet («Donc là je cherche le son» « Et là je cherchais toujours des sons, je n'en ai pas entendu» « là je cherche toujours et je n'entends rien donc je continue»). Ensuite il pense qu'il ne doit se fier qu'aux sons pour se diriger, en dépit des informations visuelles qu'il obtient («je pensais que c'était une indication de la direction, en fait que j'avais plus besoin de regarder, j'ai pas regardé le panneau» « Oui, j'ai vu Granville, j'ai vu la voie, mais je me suis dit je n'utilise que le son» « Et c'est pour ça que je suis parti vers la gauche . . . alors que je connaissais les numéros et je savais que ça allait dans l'autre sens»). Ce dernier extrait montre que l'erreur commise par VL est en grande partie due à une mauvaise interprétation de la consigne.

Le rôle des sons Le paragraphe précédent montre que les sons ont joué un rôle plutôt négatif au début du trajet, mais il ne s'agissait pas des sons de la signalétique sonore. Lorsque VL entend le premier son d'appel a1, il explique qu'il n'a fait que confirmer la direction qu'il avait décidée de prendre grâce au panneau («Expérimentateur (JT) Ok, donc là c'est le premier son que vous entendez, qu'est-ce qu'il vous dit celui-là ? Sujet (VL) Bein il me dit que c'est toujours tout droit, ça ne fait que confirmer»). C'est la même chose pour le deuxième son d'appel («Là je me repère aux panneaux, j'ai vu les panneaux je sais que c'est toujours tout droit, et quand j'entends le son qui arrive là, ça confirme le visuel»), et pour le troisième son d'appel («Sujet (VL) Je suis, j'ai regardé le panneau 25 à 28, et là j'ai commencé à voir le bout, l'entrée de la gare Expérimentateur (JT) Ok, et il y a encore le son qui apparaît Sujet (VL) Ca confirme»).

Les sons d'étapes sont aussi pour VL une confirmation qu'il est dans la bonne direction. Il est aussi sensible à l'aspect continuité et accompagnement («Expérimentateur (JT) deuxième son ? Sujet (VL) Après c'est la même chose, le son était juste, bon bein je suis toujours sur la bonne voie, je continue. Je les entends, je sais maintenant les reconnaître, au bout du deuxième, là je les entends encore derrière Expérimentateur (JT) Il y a cet aspect continuité en fait ? Sujet (VL) Oui Expérimentateur (JT) Vous avez remarqué que c'était les mêmes ? Sujet (VL) Oui. Je sais que c'est les mêmes, que je suis sur le bon chemin, et à chaque fois»).

N'ayant aucun doute sur les directions qu'il faut prendre, VL ne comprend dans la signalétique sonore que les aspects confirmation, accompagnement et continuité («Je me suis repéré par les panneaux, et une fois que j'étais sur le chemin, le son m'a dit bon bein je suis sur le bon chemin. Le son en lui-même il est clair, il est facile à discerner des autres, c'est plutôt bien»). Il ne remarque pas du tout l'évolution des sons d'étapes qui indique l'avancement dans le trajet.

9.3.7 Le trajet de DP

Les étapes

Voir annexe E.1.6.

Analyse du trajet

Remarque Le 2e tapis était en cours de maintenance technique lors de l'expérience avec DP. Le sujet n'a donc pas pu l'emprunter.

Les difficultés rencontrées La première difficulté apparaît à l'arrivée sur la plateforme transversale lorsque DP s'engage dans la zone banlieue. Cette erreur est due au souvenir d'une expérience vécue dans Gare de l'Est : elle se souvenait qu'il fallait passer par les tourniquets de la banlieue pour accéder aux Grandes Lignes (« d'habitude on peut trouver les grandes lignes en passant par la banlieue » « parce qu'à gare de l'Est on voit les grandes lignes depuis les banlieues, donc je suis habituée à la Gare de l'Est »). Ce souvenir l'incite donc à reproduire la même action à Montparnasse, et à s'engager dans la zone banlieue. Un peu plus loin dans l'entretien, elle précise que, dans son souvenir, elle arrivait à la Gare de l'Est par un train de banlieue et devait prendre un train Grande Ligne, elle était donc obligée de passer par les tourniquets pour atteindre les Grandes Lignes.

Ensuite, à partir du début du quai 24, elle est perturbée car elle ne comprend pas où se trouve le quai 28. Même si elle comprend qu'elle est dans la bonne direction grâce aux panneaux et aux sons (voir plus bas), elle n'arrive pas à comprendre comment elle va faire pour atteindre la voie 28. À chaque étape elle exprime ce doute (« Alors là ya un problème, après 25 à 28 on ne voit pas le quai » « Sujet (DP) Alors c'est là que j'ai eu un problème, parce que je ne comprends pas, il se trouve où le quai ? Expérimentateur (JT) Ok, vous ne voyez pas comment ça marche ? Sujet (DP) Bein oui. Je vois la fin du quai, mais je me demande où était le train »). C'est pour cette raison qu'elle ne prend pas le 3e tapis, n'étant pas complètement sûre qu'il va la mener au bon endroit, même si elle sait qu'elle va dans la bonne direction (« Oui parce que je me demande où il va me mener »).

Enfin, à la fin du 3e tapis, elle est perturbée par l'arrivée devant un nouveau hall (« Ah bein non, pourquoi subitement on se trouve dans un truc ? alors que les quais sont à côté ? »). Elle hésite donc avant de rentrer à l'intérieur.

Son avis sur le trajet Comme le montre le paragraphe précédent, DP a été gênée par le trajet, et précisément par le fait qu'elle ne comprend pas à mesure qu'elle avance comment elle va finir par atteindre son quai.

Le rôle des sons Les sons d'appel apportent plusieurs informations à DP. Le premier son a1 lui confirme qu'elle est dans le bon chemin, à un moment où elle éprouve un doute sur la direction à prendre (« Sujet (DP) Bien ça me dit que je suis dans le bon trajet. Expérimentateur (JT) Est-ce que vous avez vu le panneau 25 à 28 juste au-dessus du tapis ? Sujet (DP) Non j'ai pas dû voir . . . Mais à mon avis la petite musique m'indiquait que c'était le bon chemin, j'ai compris qu'il y avait un truc pour me diriger »). Entre les 2 premiers tapis, DP est un peu perturbée car elle ne voit plus de panneaux, et elle entend le son a2 à deux reprises. La première fois, elle ne remarque pas qu'il est identique à a1 mais comprend que le son la dirige (« Expérimentateur (JT) Ok. Donc là on arrive à la fin du premier tapis, vous continuez tout droit, vous avez entendu le son là ? Sujet (DP) Oui voilà j'ai entendu le son. Expérimentateur (JT) Vous avez remarqué qu'il était identique

au tout premier ? Sujet (DP) Non, je sais pas, j'ai pas tellement repéré la valeur des sons mais je sais que c'était une indication donc on suivait le chemin». La deuxième fois, le son confirme à nouveau la direction à prendre («Ça m'appelle à me diriger, à continuer, donc il fallait suivre»). Le troisième son d'appel a3 apporte une confirmation de direction à un moment où DP ne comprend pas trop comment elle va réussir à atteindre le quai 28 («Voilà (le son apparaît), c'est un petit rituel, j'étais confortée, je me suis dit c'est dans le bon sens»). Enfin, l'extrait suivant montre que le dernier son d'appel lui confirme qu'il faut rentrer dans le hall de Vaugirard alors qu'elle ne comprend toujours pas où se trouve le quai 28 (« Expérimentateur (JT) Vous remarquez que c'est le même que depuis le début ? Sujet (DP) Oui Expérimentateur (JT) Ok, là vous regardez quelque chose ? Sujet (DP) Oui, s'il y avait des quais, des trains ... (son d'appel) ah voilà donc je me dis c'est bon ... Expérimentateur (JT) Vous dites ça à cause du son ? Sujet (DP) Bein oui, puis bon j'étais en train de rechercher le quai toujours pareil ... Expérimentateur (JT) Ok. Sujet (DP) Je me suis dit c'est bon signe»).

Le premier son intermédiaire c&t1 confirme à DP qu'elle a pris le bon chemin («Expérimentateur (JT) Ok et celui-là qu'est-ce qu'il vous apporte par rapport au premier ? Sujet (DP) Bein je suis dans le bon chemin, je continue le chemin, ça m'indique le chemin»). De plus, elle comprend qu'il est différent du premier («Oui, un deuxième son, mais par contre il est plus doux, il y en a qui sont plus forts que d'autres»). Le deuxième son c&t2 confirme à nouveau qu'elle dans la bonne direction («Ah bein là de toute façon ça confortait que j'étais bein dans le ... voilà ça confortait bien»), de même pour le dernier son intermédiaire (« Bein je me suis dit je suis dans le bon chemin »). Par contre, même si elle semble remarquer que les sons d'étapes évoluent le long du trajet, elle ne comprend pas que cela indique l'avancement dans le trajet. C'est ce que montre l'extrait suivant : « Expérimentateur (JT) Est-ce que vous avez remarqué que les sons changeaient le long du trajet ? Sujet (DP) il y en a qui sont plus longs que d'autres. Expérimentateur (JT) Oui, et est-ce que vous pourriez me dire où sont les plus longs et où sont les plus courts ? Sujet (DP) Alors les plus courts c'est pendant le trajet, et le plus long au début. Expérimentateur (JT) Ok, bon c'est à peu près ça. Au premier tapis c'est 4 notes, puis 3 au 2e tapis, puis 2 au 3e tapis et puis le dernier c'est 1 note. Sujet (DP) Ah oui d'accord. Expérimentateur (JT) Vous avez un peu remarqué ce changement ? Sujet (DP) Au début c'est plus long mais ... Expérimentateur (JT) Mais ça ne vous a rien apporté sur le moment Sujet (DP) Non ».

Sur la globalité du trajet, par rapport aux doutes qu'elle a éprouvés (voir paragraphe précédent), la signalétique sonore a joué un rôle de confirmation et d'accompagnement, comme le montre l'extrait suivant : « Expérimentateur (JT) Et le fait d'avoir entendu ces sons à plusieurs étapes ça ... Sujet (DP) Ça m'a aidée. Expérimentateur (JT) En quoi ça vous aide ? Sujet (DP) Bein ça signale le chemin, ça banalise le chemin, on est dans la bonne direction. Expérimentateur (JT) Ok, donc direction et en même temps accompagnement ? Sujet (DP) Voilà. Expérimentateur (JT) Et le fait que ce soit le même son du début jusqu'à la fin ça vous apporte quelque chose ? Sujet (DP) C'est-à-dire que j'étais contente parce que c'était une petite borne qui permettait d'avancer, j'étais dans le bon chemin. Ça dirige. Expérimentateur (JT) D'accord, ça dirige et ça accompagne ? Sujet (DP) Voilà ».

9.3.8 Le trajet de SL

Les étapes

Voir annexe E.1.7.

Analyse du trajet

Les difficultés rencontrées SL ne rencontre aucune véritable difficulté lors de son trajet. Elle hésite un peu à la sortie du 1er tapis roulant car il y a le choix entre un panneau et le tapis, mais le son la guide vers le tapis (voir paragraphe rôle des sons). Ensuite, juste après être entrée sur le 2e tapis, elle voit les escaliers qui montent vers Montparnasse 2, elle pense alors qu'elle s'est trompée et que c'était peut-être par là qu'il fallait aller. Elle se demande alors si elle a bien fait de suivre le son. Mais ce doute est vite effacé lorsqu'elle retrouve plus loin la panneau 25 à 28, Gare Vaugirard.

Son avis sur le trajet Le trajet s'est bien passé pour SL. Cependant, elle trouve que l'endroit est un peu « glauque » et que le trajet est un peu long. Elle explique que c'est parce qu'à aucun moment on ne lui indique la distance à parcourir.

Le rôle des sons Lors de l'entretien SL explique que le long du trajet, elle a compris progressivement les aspects guidage, accompagnement et confirmation apportés par les sons. Les paragraphes suivants montrent cette progression et détaillent chaque étape de la compréhension. Elle remarque le premier son a1, mais il ne lui apporte rien, à part le fait que c'est le premier son du trajet («Expérimentateur (JT) Ok. Et à ce moment-là, le son te dit quelque chose de spécial? Sujet (SL) Non. Expérimentateur (JT) C'est juste le premier donc tu le remarques parce c'est le premier. Sujet (SL) Oui»).

Ensuite, elle remarque le premier son intermédiaire c&t1 et comprend plusieurs choses : qu'il y a une continuité avec le premier et qu'il est différent mais n'arrive pas à interpréter cette différence («Expérimentateur (JT) Donc il y a une continuité entre les deux? Sujet (SL) Oui, donc ça fait un fil conducteur. Expérimentateur (JT) Ok, donc tu as vu un fil conducteur? Sujet (SL) Oui puisqu'ils se ressemblent. Mais après je ne me suis pas demandé pourquoi ils étaient différents. Expérimentateur (JT) Tu n'as pas essayé d'interpréter la différence? Sujet (SL) Si mais j'ai pas trouvé»). Avec ce premier son intermédiaire, elle se rend compte qu'elle peut se fier aux sons («Donc là y'en a un autre. Et à partir de là je me laisse guider par les sons et je fais plus attention»).

À la fin du 1er tapis, elle hésite entre suivre le panneau 25 à 28 et prendre le tapis, mais choisi de se laisser guider par le son a2 et de prendre le tapis comme le montre l'extrait suivant : « Oui du coup je me reporte sur les panneaux qui sont là ... et là ya le son, et justement là j'hésitais parce que le panneau qui va là et ya ce tapis, donc forcément je suis plutôt tentée, et le son surtout me conduit à aller vers là ». Ce passage montre que SL comprend bien la fonction de guidage apportée par le son.

Ensuite, lorsqu'elle entend le son c&t2, elle fait le rapprochement avec les sons qu'elle a entendus avant. Ainsi, elle comprend qu'il y a une relation logique entre le son d'appel et le son intermédiaire et que ce son intermédiaire est là pour confirmer («Sujet (SL) Et l'autre son qui est le deuxième, le même qui était sur le premier tapis, donc voilà c'est le même schéma qui se reproduit Expérimentateur (JT) Ok, donc ça t'apporte quelque chose? Sujet (SL) Bien là je me dis c'est bon, je suis bien le bon parcours»). Le passage suivant montre comment, à ce moment du trajet, le son regagne sa confiance juste après l'avoir fait douter (voir difficultés rencontrées) : « Et là un peu plus loin on voit qu'il y a

des panneaux de l'autre côté. Et à ce moment-là je me dis « mince je me suis trompée, je me suis laissée guider par le son donc je suis allée à droite, mais si ça se trouve il faut passer par la gauche » et après je me suis aperçue que non, que c'était bon et que c'était bien cette direction. Et ça m'avait bien orientée». La reproduction du même schéma dans la suite du trajet la conforte dans sa compréhension des sons et du trajet, comme l'illustrent les deux passages suivants qui se rapportent respectivement au 3e tapis et à l'entrée de Vaugirard :

«Sujet (SL) Donc là à nouveau le tapis roulant, le haut-parleur je ne me souviens plus si je le voyais. Et voilà le son à nouveau. Donc je me dis cette fois c'est bon. Expérimentateur (JT) Donc là encore ça te fait une sorte de confirmation. Sujet (SL) Oui. Et là il y a l'autre son encore, donc c'est le même schéma».

« Expérimentateur (JT) Ok. Donc là ya à nouveau le premier son, et là tu as compris le principe ? Sujet (SL) Bein ça me conforte dans l'idée que c'est là. Expérimentateur (JT) Ok. Tu as vu le panneau Gare Vaugirard ? Sujet (SL) Oui aussi. Expérimentateur (JT) Ok. Et là encore un son. Sujet (SL) Oui, donc là je me dis c'est bon, je suis arrivée au bon endroit».

Enfin de manière plus générale, SL explique que la signalétique sonore est agréable et apporte du réconfort le long du trajet, comme le montrent les extraits suivants :

«Bein les tapis c'est bien, c'est vrai que c'est un coin de la gare qui est un peu glauque, et ça ça arrange un peu le truc, le fait qu'il y ait un dispositif sonore» ;

« Oui ils sont assez doux et en même temps on les entend, mais ils ne sont pas du tout agressifs, beaucoup moins que les jingles de la SNCF. Mais la gare est un environnement assez bruyant, les trains, ça fait du bruit, donc là ça a tendance à rendre les choses plus douces, plus agréables» ;

Par contre, comme pour les sujets précédents, même si elle remarque que les sons sont différents, elle ne comprend pas qu'ils apportent une information sur l'avancement du trajet.

9.3.9 Le trajet de JM

Les étapes

Voir annexe E.1.8.

Analyse du trajet

JM explique pendant l'entretien qu'il n'a rencontré aucune difficulté. Il a trouvé le trajet assez simple, à partir du moment où il prend les tapis roulants, il ne s'est pas posé de questions.

Le rôle des sons Il faut noter que JM n'a pas entendu le premier son a1, car il a été masqué par l'arrivée d'un train sur la voie 24 (voir la vidéo JM.mov). Par contre, JM entend le premier son intermédiaire c&t1 qui lui confirme qu'il a pris la bonne direction (« J'avais un doute d'être sur le bon chemin en fait et je me suis dit « c'est bon » »). Ensuite, à l'arrivée du 1er tapis, JM entend le son d'appel a2 qui vient confirmer la direction qu'il a choisi de prendre grâce aux panneaux («Sujet (JM) Bein j'ai cherché un peu à savoir où aller ... et là j'ai entendu un son ... et en fait j'ai même vu le boîtier. Expérimentateur (JT) Ok. Et donc quand tu es en train de chercher et que tu entends ce son-là, ça t'apporte quelque chose ou pas ? Sujet (JM) En fait je crois que j'ai entendu le son alors que j'avais déjà pris la décision d'aller sur l'escalator »). C'est-à-dire que plutôt

que de l'appeler dans une direction précise, le son d'appel joue le rôle de confirmation. C'est pourquoi ensuite, lorsqu'il entend le son c&t3, JM explique qu'il ne lui apporte rien de plus.

La signification des sons n'est pas très claire pour JM, c'est-à-dire qu'il a du mal à expliquer clairement ce que chaque son a apporté à son trajet. C'est pourquoi il n'explique que peu de choses lors du visionnage de la vidéo. Pourtant, un peu plus loin dans l'entretien, il donne quelques éléments qui montrent qu'en fait il a compris aspects de guidage, de confirmation et d'accompagnement apportés par les sons. Voici ces extraits :

« Sujet (JM) je m'attendais à une espèce de guidage pas vraiment conscient, instinctif, peut-être j'étais dans cet état ... Expérimentateur (JT) Ok Sujet (JM) Mais j'ai pas cherché à donner une signification précise ... Expérimentateur (JT) Ok mais tu as ressenti ce guidage? Sujet (JM) Oui oui. Mais peut-être parce que là c'est un parcours ...».

« Expérimentateur (JT) Oui, même si c'est peut-être pas très clair pour toi, tu as le sentiment que le son t'as apporté une sorte de guidage sur le parcours? Sujet (JM) Oui il m'a conforté dans mes décisions d'aller à tel ou tel endroit. Expérimentateur (JT) D'accord. Confirmation et guidage? Sujet (JM) Oui » .

« Expérimentateur (JT) Ok. Mais tu as le sentiment que quelque chose t'as accompagné le long du trajet? Sujet (JM) Oui. Et ils étaient aussi aux endroits où il y avait un choix à faire. Expérimentateur (JT) Ok, donc il y a aussi une idée de direction? Sujet (JM) Oui. Expérimentateur (JT) Même s'il y a les panneaux ... Sujet (JM) Oui parce qu'on a cette habitude Expérimentateur (JT) Oui, mais si je te demande d'être attentif au son, tu as cette impression de guidage, ou une confirmation que c'est la bonne direction? Sujet (JM) Oui, un balisage en fait.»

Enfin, les deux passages suivants montrent que le son a4 a joué un rôle important à un moment où JM avait un doute sur le choix qu'il venait de faire :

« Sujet (JM) Oui et à un moment, je suis myope en fait, j'ai lu un deux à la place d'un trois, et ensuite j'ai entendu le son et je me suis dit que c'était bon ... Expérimentateur (JT) C'est à quel moment? Sujet (JM) C'est en entrant par les portes de la gare Montparnasse 3 ».

« En y repensant, au moment d'entrer dans la dernière gare, je me suis dit « ah zut je me suis trompé », par ce que pour ce genre de parcours, je suis un peu stressé, donc je me suis dit « ah mince c'est la gare 2 donc je me suis trompé », et là j'ai entendu le son donc ... ». Comme pour les sujets précédents, JM ne comprend pas l'évolution des sons d'étapes et ne comprend pas que ça lui indique l'avancement dans le trajet.

9.3.10 Le trajet de DS

Les étapes

Voir annexe E.1.9.

Analyse du trajet

DS ne rencontre aucune difficulté lors de son trajet, elle ne se pose pas de question sur les directions à prendre et arrive à temps pour prendre le train.

Son avis sur le trajet À la fin de l'entretien, DS explique qu'elle trouve le trajet long, qu'elle était « très contente qu'il y ait des tapis, ça accélère les choses ». Elle trouve aussi que l'endroit est « très austère, très moche, assez laid ».

Le rôle des sons Au début du quai 24, DS comprend avec le panneau 25 à 28 qu'il faut continuer tout droit et qu'il faut prendre le tapis roulant pour aller plus vite. Au même moment, elle identifie le son a1 comme étant le premier son du trajet. Ce son vient alors confirmer la direction qu'elle veut prendre («Bein comme j'étais en effet en attente de sons, du coup j'ai interprété comme étant le son qui m'était adressé. Donc je l'ai identifié» « Et je suppose que le petit son que j'ai identifié comme étant pour moi il a confirmé ... il a validé le choix du trajet»).

Ensuite, elle repère le premier son intermédiaire c&t1 bien qu'il apparaisse juste avant une annonce, mais elle ne l'interprète pas sur le moment, et elle ne comprend pas qu'il est différent. De plus, DS explique qu'après avoir entendu le son, elle s'attendait à entendre un message parlé.

Le deuxième son d'appel a2 vient à nouveau confirmer une direction qu'elle a déjà choisi de prendre grâce aux panneaux («Sujet (DS) Oui oui bien là ça confirme Expérimentateur (JT) Ça continue à confirmer ? Sujet (DS) Oui le trajet, que je suis sur la bonne voie »). Ce n'est que lors de l'entretien et du visionnage de la vidéo, que DS rend compte que les sons a2 et a1 sont identiques, elle ne l'avait pas remarqué pendant le trajet. De même pour c&t1 et c&t2, elle remarque lors de l'entretien qu'ils sont différents de a1 et a2. Elle n'a donc pas cherché lors du trajet à comparer les sons les uns avec les autres.

DS prend le deuxième tapis roulant et repère le son c&t2 qui confirme à nouveau qu'elle est sur le bon chemin. Lors de l'entretien, elle emploie l'expression balise pour parler des sons, ce qui montre qu'elle comprend l'aspect accompagnement et continuité apportés par les sons («Expérimentateur (JT) Donc vous remarquez qu'il y a le son, ça continue à vous confirmer ? Sujet (DS) Oui c'est ça ... c'était comme des balises supplémentaires sur le chemin »).

DS ajoute que dans la suite du trajet elle repère tous les sons, et qu'ils font réellement partie de son trajet, sans qu'elle y fasse une attention supplémentaire («Sujet (DS) Euh ... c'est-à-dire à partir du moment où j'ai identifié le son et où je l'avais repéré, à chaque fois qu'il se remanifestait je n'y prêtais pas plus attention que ça. Expérimentateur (JT) D'accord. Sujet (DS) Ça faisait partie du parcours. Expérimentateur (JT) Ok donc du coup ça vous accompagnait ? Sujet (DS) Oui »).

Le son a3 à l'entrée du tapis n'apporte pas d'information supplémentaire puisqu'elle explique qu'elle n'a aucun doute sur la direction à prendre. Enfin, à l'entrée du hall Vaugirard, elle repère l'indication Montparnasse 3 qu'elle avait vue sur le billet en début de trajet, et le son a4 vient à nouveau confirmer qu'elle a pris le bon chemin («Sujet (DS) Bein là j'ai vu que c'était Montparnasse 3, donc tout d'un coup je me dis ah oui c'est donc ça. Expérimentateur (JT) Ok Sujet (DS) Parce que jusqu'à présent je l'avais pas vu Montparnasse 3, je repérais surtout la voie 28. Expérimentateur (JT) Ok ; donc là vous remarquez le premier son ? Sujet (DS) Oui, donc là ça a dû me confirmer»).

Lorsqu'on fait un bilan du trajet, et du rôle des sons, DS montre qu'elle a compris les fonctions d'orientation, de confirmation et d'accompagnement des sons. Elle comprend ces fonctions même si elle n'a pas éprouvé de doute et que les sons ne lui ont pas apporté une aide indispensable. Elle n'a pas remarqué la différence entre les sons d'appel et les sons d'étapes, tous les sons ont joué le même rôle pendant le trajet. Les passages suivants viennent appuyer ces conclusions :

« Je l'ai identifié comme une balise supplémentaire pour m'orienter » « comme des petites bornes sonores quoi » « Expérimentateur (JT) Mais même si vous n'avez pas repéré qu'il était différent, est-ce que le fait qu'il y ait un deuxième son apporte quelque chose de plus ? Sujet (DS) Non, chaque son a fonctionné comme ça » De manière plus générale, DS a un avis plus positif sur la signalétique sonore («il y avait un petit côté

ludique, du coup ça égaye » « je les ai trouvés assez ronds, assez joyeux, et bien intégrés dans le paysage SNCF. Ils ressemblent un peu au jingle d'annonce »).

9.3.11 Le trajet de TF

Les étapes

Voir annexe E.1.10.

Analyse du trajet

TF n'a rencontré aucune difficulté à effectuer son trajet, il a emprunté tous les tapis et est arrivé à temps avant le départ du train.

Le rôle des sons TF explique dans l'entretien que le premier son a1 est venu confirmer qu'il était dans la bonne direction. Mais il explique aussi que cette confirmation est due au fait qu'il s'attendait à entendre des sons, à cause de la consigne («Non mais comme je m'attendais à entendre des sons, je me dis que c'est ça . . . »). Ensuite, il entend le son c&t1 qu'il perçoit sur le moment comme étant identique au premier. Plus précisément, il se demande s'ils ne sont pas différents mais il n'arrive pas à trouver. Il interprète donc les sons comme des balises («Sujet (TF) Euh . . . en fait je me suis posé plusieurs fois la question si c'était les mêmes sons Expérimentateur (JT) Oui d'accord. Sujet (TF) Pour moi c'était les mêmes sons. Expérimentateur (JT) Oui d'accord. Sujet (TF) Je me suis demandé parce qu'au début je me suis dit c'est pas le même son. Donc pour moi c'était une balise, c'était exactement le même son. Expérimentateur (JT) D'accord. Donc toi tu as entendu le même son et ça a joué le rôle de balise? Sujet (TF) Oui, de balise »).

Ensuite, TF explique qu'à la fin du premier tapis, il a suivi le son pour trouver la direction à prendre. Il interprète donc le son a2 comme étant un son qui le dirige vers une direction («Expérimentateur (JT) Ok. Donc là tu vas arriver à la fin du premier tapis. Et là il se passe quelque chose de particulier par rapport à la direction que tu dois prendre ou bien c'est assez clair pour toi? Sujet (TF) Bein j'attends le son en fait. (...) Expérimentateur (JT) Et il t'apporte quelque chose? Sujet (TF) Bein je l'ai suivi »).

TF montre qu'il comprend l'aspect orientation contenu dans les sons d'appel. En parlant de balise, il montre aussi qu'il comprend les aspects confirmation et accompagnement apportés par les sons. Par contre, il ne perçoit pas de différence entre les sons d'appel et les sons d'étapes. Pour lui, tous les sons sont identiques. Il ne comprend donc pas l'information d'avancement contenu dans l'évolution des sons d'étapes.

Remarques

Un problème technique lors de l'entretien a provoqué l'interruption de l'enregistrement de l'échange avec TF. C'est pourquoi la transcription de l'entretien est interrompue en cours, ce qui explique le faible nombre de citations.

9.4 Synthèse

9.4.1 Les étapes du trajet

Le Tableau 9.2 résume les actions de chaque sujet à chacune des principales étapes du trajet. Une croix dans le tableau signifie que le sujet a franchi l'étape. Par exemple,

Sujet	Principales étapes du trajet						
	Plateforme	1er panneau	1er tapis	2e tapis	3e tapis	Entrée à Vaugirard	Arrivée à temps
VM	x	x	x	-	x	x	x
GL	x	x	x	-	x	x	x
VS	x	x	x	x	x	x	x
JD	x	x	x	x	x	x	x
VL	x	x	x	x	x	x	x
DP	-	x	x	!	-	x	x
SL	x	x	x	x	x	x	x
JM	x	x	x	x	x	x	x
DS	x	x	x	x	x	x	x
TF	x	x	x	x	x	x	x
Total	9	10	10	7	9	10	10

TAB. 9.2: Trajets voyageurs avec les sons. Performance des sujets aux principales étapes du trajet. Une croix (x) indique que le sujet a passé l'étape sans problème. Un trait (-) indique que le sujet a raté l'étape. Les sujets VM et GL sont isolés dans le tableau car ils avaient une consigne différente des autres sujets, à savoir la même consigne que pour l'expérience précédente. Le point d'exclamation (!) indique que le 2e tapis ne fonctionnait pas lors du passage du sujet DP.

la première ligne du tableau rappelle que le sujet VM n'a pas eu de problème sur la plateforme transversale, il a vu le premier panneau 25 à 28, il a pris le 1er tapis roulant, il n'a pas pris le 2e tapis roulant, il a pris le 3e tapis roulant, il est entré dans le hall de Vaugirard et est arrivé à temps pour prendre le train. Les deux premiers sujets (VM et GL) sont isolés dans le tableau car ce sont les deux sujets qui avaient la consigne différente des huit sujets suivants (voir protocole). Ce tableau rappelle aussi que le sujet DP a rencontré des problèmes sur la plateforme transversale et n'a pas pris le tapis 3 (le 2e tapis était en panne).

Ce tableau montre donc que sur les huit sujets qui avaient la consigne d'être attentifs aux sons pendant leur trajet, sept sujets ont franchi toutes les étapes sans problème. Dans l'expérience précédente, on avait montré que seulement 3 sujets sur dix avaient franchi toutes les étapes sans problème. Ce résultat est satisfaisant même si ce type d'approche ne permet pas une comparaison quantitative.

9.4.2 Les difficultés rencontrées

DP est le seul sujet qui a rencontré une grande difficulté puisqu'elle s'est trompée de direction dès l'arrivée sur la plateforme transversale. Elle se serait donc perdue si je n'étais pas intervenu. Ensuite, le sujet VM a eu beaucoup d'hésitations le long du trajet. Ces hésitations, que l'on retrouve aussi chez DP, viennent confirmer les résultats obtenus dans l'expérience précédente qui avait conduit à la spécification de la signalétique sonore. Enfin, 4 sujets (VM, GL, VS, JD) ont été un peu gênés par l'indication Gare Vaugirard car ils ne connaissent pas cette partie de la gare, mais cela n'a pas de grave répercussion sur le déroulement du trajet.

Sur les huit sujets qui avaient la consigne d'être attentifs aux sons, un sujet (DP) a rencontré un problème et deux ont eu des hésitations sans conséquence (VS et JD).

9.4.3 Les avis sur le trajet

Sur les dix sujets qui ont passé cette expérience, deux sujets (GL et JM) ont un avis positif et pensent que le trajet est simple et bien indiqué, six sujets (VM, VS, JD, DP, SL, DS) ont un avis négatif et pensent que le trajet est désagréable, long et/ou mal indiqué. Enfin deux sujets (VL et TF) ont un avis neutre. Donc, de manière générale, le trajet est plutôt mal perçu dans son ensemble, à cause de l'environnement désagréable (visuel, isolement), la longueur du trajet et le manque d'indications.

9.4.4 Le rôle des sons

Sujets	Fonctions perçues			Avis général
	Sons d'appel	Sons d'étapes	Dist.	
VS	Appel/Conf.	Confirmation	oui	accompagnement, très apaisant
JD	Appel/Conf.	-	oui	accompagnement, redondant, réconfortant
VL	Confirmation	Confirmation	non	accompagnement, clair, bien
DP	Appel	Confirmation	oui	accompagnement, réconfortant
SL	Appel	Confirmation	oui	accompagnement, doux, apaisant
JM	Appel	Confirmation	oui	accompagnement
DS	Appel/Conf.	Appel/Conf.	non	accompagnement, ludique, rond
TF	Appel	Confirmation	non	accompagnement

TAB. 9.3: Trajets voyageurs avec les sons. Synthèse des résultats obtenus avec les huit sujets. Les deux premières colonnes présentent la fonction perçue dans les sons d'appel (a1, a2, a3, a4) et dans les sons d'étapes (ct&1, ct&2, ct&3, ct&4). La colonne *Distinction* montre si le sujet a compris qu'il y avait une différence entre les sons d'appel et les sons d'étapes. La colonne *Avis général* résume ce que la signalétique sonore a apporté de manière générale à leur trajet.

Le tableau 9.3 résume les résultats des huit sujets qui avaient la consigne d'être attentif aux sons pendant leur trajet. Les colonnes *Sons d'appel* et *Sons d'étapes* présentent les fonctions que les sujets ont comprises dans au moins un des 4 sons d'appels (a1, a2, a3, a4) et des 4 sons d'étapes (c&t1, c&t2, c&t3, c&t4). Cela montre par exemple que le premier sujet (VS) a compris dans les sons d'appel à la fois un appel et une confirmation, et qu'elle a aussi compris la confirmation dans les sons d'étapes. Elle n'a donc pas compris l'aspect avancement contenu dans l'évolution des sons d'étapes. Plus généralement, aucun sujet n'a compris cet aspect.

La colonne *Distinction* montre si le sujet a remarqué que les sons d'étapes étaient différents des sons d'appel. 5 sujets (VS, JD, DP, SL, JM) ont remarqué qu'ils étaient différents. Pour les trois autres (VL, DS, TF), tous les sons de la signalétique sonore étaient les mêmes. Pour VL, le son d'appel vient à chaque fois confirmer la direction qu'il a décidé de prendre en regardant les panneaux. Pour DS, tous les sons correspondent à une même «borne sonore» que le sujet interprète comme une «balise supplémentaire» pour l'orienter. Le sujet TF n'a pas remarqué que les sons étaient différents mais il a quand même compris qu'ils avaient des fonctions différentes. Autrement dit, il a entendu le même son tout du long, mais il l'a interprété différemment suivant qu'il l'entendait à l'approche d'un tapis ou bien dans un tapis. Ce manque de distinction peut s'expliquer soit par la ressemblance entre les sons qui était voulue par le compositeur mais qui était trop forte pour ces 3 sujets, soit par les attentes des sujets en termes de signaux sonores. Même

s'ils étaient attentifs aux sons et à leur fonction dans leur trajet, ils n'ont pas cherché à comparer les sons les uns aux autres, c'est l'apparition d'un son qui comptait et non pas le son lui-même.

Ce tableau montre ainsi que sur les huit sujets, tous ont compris que les sons confirmaient qu'ils étaient dans la bonne direction, et 7 sujets ont compris que les sons d'appel avaient pour fonction d'orienter. Sur ces 7 sujets, trois sujets (VS, JD et DS) ont compris à la fois l'appel et la confirmation dans les sons d'appel. Pour ces sujets, le fait d'être appelé dans une direction faisait aussi office de confirmation qu'ils étaient dans la bonne direction.

Enfin, la dernière colonne donne ce que les sons ont apporté de manière plus générale à leur trajet. On s'aperçoit ainsi que tous les sujets ont ressenti un accompagnement le long du trajet, et que la plupart des sujets les trouvent agréables. Trois sujets (SL, VS, DS) expriment clairement que les sons apportent un aspect ludique ou apaisant au trajet, ce qui réduit le côté «glauque» des endroits traversés. Un seul sujet (JD) a émis une critique négative sur la signalétique sonore puisqu'elle a trouvé qu'il y avait trop de sons.

9.5 Conclusions

Cette expérience a permis de montrer les effets de la signalétique sonore sur les trajets de huit sujets. Tout d'abord, un premier résultat assez général est que les sujets ont trouvé la signalétique sonore avait un effet global positif sur le trajet qu'ils trouvent désagréable. C'est-à-dire que même si les sujets trouvent l'environnement du trajet désagréable, presque tous les sujets ont apprécié les sons de manière générale. Ce résultat montre alors que la signalétique sonore a été un moyen de rendre le trajet plus agréable à vivre.

Ensuite, cette expérience montre que lorsque les sujets sont attentifs aux sons de la signalétique sonore pendant leur trajet, 2 des 3 fonctions sont comprises par la majorité des huit sujets. En effet, tous les sujets ont compris la fonction de confirmation et d'accompagnement (2e fonction), et 6 sujets sur 8 ont compris la fonction d'appel (1ère fonction). Ce résultat valide donc une partie de la signalétique sonore. Cela montre aussi que les voyageurs sont aussi capables de se servir du son pendant leur trajet.

Par contre, le résultat négatif est qu'aucun sujet n'a compris la fonction de timeline (3e fonction). Ce résultat est dû au fait que les sujets n'ont pas remarqué l'évolution des sons c&t1 à c&t4. On pourrait penser que les sons n'émergeaient pas assez dans le bruit de fond ambiant. Cependant, en écoutant la prise de son effectuée sur le trajet et en regardant les vidéos des trajets, on se rend compte que les sons sont clairs et tout à fait audibles. Ce résultat peut en fait s'expliquer de plusieurs manières. D'abord, le concept est sans doute trop complexe. C'est-à-dire que même si les sujets de l'expérience E4 comprennent sans difficulté le principe de timeline en laboratoire, une fois sur le terrain le principe devient trop complexe par rapport aux deux autres fonctions de la signalétique. Ensuite, les sons ont peut-être été mal conçus, soit parce que la distinction entre t1, t2, t3 et t4 n'était pas assez claire, soit parce que le schéma du compte à rebours n'était pas suffisamment explicite. Enfin, la combinaison du son de confirmation et du son de timeline (c&t1, c&t2, etc.) a peut-être été source de confusion, comme cela a été le cas pour le sujet JD par exemple. Ces résultats apportent ainsi des premiers éléments qui pourraient aider à une amélioration de la signalétique sonore et du dispositif de diffusion.

Enfin, la comparaison avec les résultats de l'expérience sans les sons montre que lorsque la signalétique sonore est présente, et que les sujets sont attentifs aux sons, les sujets rencontrent beaucoup moins de difficultés sur le trajet. Le faible nombre de sujets (10 et 8)

ne permet pas de conclure directement et de dire que la signalétique sonore a effectivement résolu les problèmes de ce trajet. Pour répondre à cette question, il faudrait une installation à long terme de la signalétique sonore pour une observation sur un plus grand nombre de voyageurs. Mais il faudrait aussi que les voyageurs soient informés de la présence de la signalétique sonore ainsi que de ses fonctions, ou bien qu'ils en prennent conscience en en faisant l'expérience.

Chapitre 10

Synthèse et discussion générale

Ce dernier chapitre présente une synthèse des travaux réalisés dans cette thèse, et propose une discussion des résultats obtenus par rapport à d'autres travaux, mais aussi par rapport aux hypothèses théoriques sur lesquelles nous nous sommes basés. Enfin, nous discuterons de l'apport de nos résultats quant à la question du design sonore pour les espaces publics.

10.1 Ambiance sonore et informations sonores

Le chapitre 6 de cette thèse a présenté les résultats d'une étude sur la perception des ambiances sonores des gares. L'objectif était de savoir si nos connaissances sur les gares, et en particulier sur la typologie des espaces, se traduisaient aussi en termes d'informations contenues dans les ambiances sonores. D'un point de vue méthodologique, cette étude s'est divisée en deux parties : deux expériences (E1 et E2) en laboratoire, et une enquête in situ auprès des usagers.

Identification des informations sonores

Les deux expériences en laboratoire ont utilisé le même corpus d'échantillons sonores (voir chapitre 5). Ce corpus est formé de 66 échantillons, représentatifs des ambiances sonores des 6 espaces de la typologie des gares : quais, halls, couloirs, salles d'attente, guichets et commerces. Cette typologie est établie du point de vue de l'usager, i.e. ce sont ces espaces que les usagers ont appris à utiliser durant les différentes situations vécues dans les gares.

Dans l'expérience E1, nous avons demandé à des sujets de catégoriser ces échantillons sonores, puis de verbaliser librement afin d'expliquer les groupes qu'ils avaient effectués. Les résultats montrent que les sujets ont formé, en moyenne, 8 classes d'échantillons sonores. L'analyse des verbalisations a permis dans un deuxième temps d'extraire les profils lexicaux des 8 classes obtenues. Ainsi, les verbalisations montrent que plusieurs types d'indices sonores ont été utilisés par les sujets pour former des catégories : sources sonores (machines à billet, annonces, valises à roulettes, palettes du tableau des départs, trains), activité humaine (conversation, bruit de pas, voix), effet de salle (espace clos, échos, résonance, réverbération). Les sujets ont donc formé des catégories d'ambiances qui contiennent soit des événements sonores communs (sources ou activités), soit une propriété sonore commune (l'effet de salle). Ces résultats sont cohérents avec les travaux effectués sur la perception des ambiances sonores urbaines de Guastavino [Gua03] ou

Maffiolo [Maf99], qui mettaient en évidence une distinction entre des ambiances sonores caractérisées en termes d'événements sonores ou de propriétés sonores.

Par ailleurs, d'autres indices, moins fréquemment utilisés, sont aussi présents dans les verbalisations : le type d'espace (salle d'attente, guichet, bar, hall, couloirs, quais) et le jugement de valeur (agrément, esthétique, niveau sonore). Le fait que les sujets ont aussi utilisé l'indice *type d'espace* montre que les catégories ne sont pas seulement effectuées autour de sources sonores communes ou de propriétés communes de la salle, mais aussi en fonction du type d'endroit dans lesquels toutes ces sources sonores et ces activités peuvent être entendues. Il s'agit non pas du type d'espace architectural (taille, configuration, etc.), mais du type d'espace *fonctionnel*, c'est-à-dire des types d'espace associés à certains usages, ou certaines situations. L'existence d'une représentation de la typologie des espaces dans la mémoire des sujets est ainsi déjà mise en évidence par cette première expérience. Nous en avons une confirmation quantitative grâce à la deuxième expérience.

Identité sonore des espaces

Dans l'expérience E2, nous avons demandé à d'autres sujets de classer ces mêmes échantillons dans un des 6 types d'espaces de la typologie. L'analyse des scores de reconnaissance montre que les sujets ont très peu de difficulté à associer un échantillon avec le type d'espace d'où il provient. Les analyses statistiques montrent que peu d'erreurs ont été commises, les principales concernant les salles d'attente et les guichets qui sont confondus parfois avec les commerces. Autrement dit, les sujets sélectionnent très facilement le type d'espace auquel appartient un échantillon sonore, juste en écoutant cet échantillon. Ce résultat montre que l'ambiance sonore des espaces contient des informations sonores suffisantes pour comprendre dans quel espace de la typologie on se trouve. Les connaissances acquises sur ces espaces en termes de typologie concernent donc aussi les ambiances sonores.

La correspondance entre les 6 classes de E2 et les 8 classes de E1 montre une bonne cohérence entre les classes des deux expériences. Cela montre que les mêmes informations sonores ont permis la construction des catégories dans les deux expériences. Les indices sonores qui sont à l'origine de l'identité sonore des espaces sont alors déduits de la correspondance des classes. On obtient ainsi les profils lexicaux, ou *signatures sonores*, des 6 types d'espaces de la typologie (voir tableau 6.7 dans le chapitre 6). Ce résultat confirme ainsi l'existence d'une représentation mentale de la typologie en termes d'informations contenues dans l'ambiance sonore des espaces.

D'un point de vue théorique, ces résultats sont en accord avec les principes psychologiques sur la catégorisation prototypique énoncés par Rosch [Ros78]. En effet, les deux expériences de catégorisation ont permis de mettre en évidence les connaissances des sujets sur les ambiances sonores des espaces. De plus, les caractéristiques acoustiques des prototypes, i.e. des ambiances les plus représentatives de chaque type d'espace, sont en accord avec les profils lexicaux de chaque espace. Les connaissances des sujets sur les ambiances sonores sont donc bien structurées en termes de catégories, lesquelles sont formées autour d'échantillons prototypes.

Laboratoire versus in situ

L'enquête que nous avons menée dans certaines gares a permis d'évaluer la pertinence des résultats obtenus en laboratoire, en les confrontant avec une description des

ambiances sonores effectuée par des usagers en situation réelle. Les résultats montrent que les informations sonores extraites par les usagers sont de même nature qu'en laboratoire, et appartiennent aux mêmes thèmes sémantiques (sources, activité, effet de salle et jugement). Par contre, différentes tendances sont observées. Les descriptions des sources sont plus précises in situ, alors que l'effet de salle est très peu, voire pas du tout, décrit. Ce résultat montre tout d'abord la complémentarité entre les deux situations (laboratoire et in situ) quant à l'étude de la perception des ambiances sonores. Ensuite, les différences mises en évidence sont cohérentes avec les principes énoncés par Gaver [Gav93a, Gav93b] : écoute *musicale* versus écoute *quotidienne*. Dans le premier cas, il s'agit d'une stratégie d'écoute analytique, concentrée sur la description du son en termes de propriétés, et dans le deuxième cas, il s'agit d'une écoute orientée vers la description de la source qui a produit le son.

De manière générale, les résultats de cette étude montrent que les usagers des espaces de gare possèdent des connaissances sur les ambiances sonores des gares. Ces connaissances sont traduites en termes d'informations sonores que les usagers ont intégrées par apprentissage, au cours des différentes situations vécues dans ces espaces. Ce résultat permet ainsi de conforter l'hypothèse selon laquelle une signalétique sonore ajoutée dans l'ambiance sonore, sera elle aussi intégrée et adoptée par les usagers. La suite du travail montre alors qu'il est possible de proposer une méthodologie pour la réalisation d'une signalétique sonore.

10.2 Solution sonore pour améliorer l'activité

Le deuxième objectif de cette thèse était de montrer que l'usage d'un espace public tel qu'une gare pouvait être amélioré par le sonore. Nous avons donc mis au point une méthodologie pour la réalisation et l'évaluation d'une solution sonore destinée à résoudre les problèmes des usagers, en particulier les problèmes d'orientation. Cette méthodologie est organisée en 3 phases : (1) identification des problèmes, (2) spécifications pour la réalisation d'une solution, et (3) évaluation ergonomique de la solution, la création de la solution étant assurée par un compositeur.

Identification de problèmes

La méthodologie employée pour cette première phase consiste à analyser les trajets effectués par les sujets, grâce à la vidéo et aux verbalisations formulées lors d'entretiens d'auto-confrontation [The97, The95, The04]. L'expérience E3 menée dans la gare Montparnasse, a ainsi permis d'identifier les problèmes rencontrés par des sujets se rendant au hall Vaugirard, c'est-à-dire les voies 25 à 28. Les résultats obtenus montrent que, contrairement à ce que pensaient les responsables de la gare, les problèmes apparaissent une fois que les sujets sont engagés sur le quai 24 qui mène jusqu'à Vaugirard. Ainsi, trois types de problèmes ont été mis en évidence :

1. Orientation. Les usagers ne comprennent pas qu'il faut s'engager sur les tapis roulants ou dans le hall Vaugirard. Cela peut conduire à une perte de temps ou une mauvaise orientation.
2. Confirmation. Les usagers éprouvent un manque d'information leur confirmant qu'ils sont dans la bonne direction. Ce problème est à l'origine d'une augmentation du

stress. Ce stress pourrait expliquer le retour en arrière de certains usagers qui pensent s'être trompés de direction.

3. État d'avancement. La distance séparant le début du quai 24 et le hall Vaugirard étant particulièrement longue, les usagers ne comprennent pas où ils en sont pendant leur trajet. Ce problème est aussi une source de stress.

Cette méthode s'est donc montrée pertinente et bien adaptée pour révéler les réels problèmes rencontrés par les usagers. Ce résultat est cohérent avec les travaux menés dans la gare Nord par Theureau [The97] qui s'était intéressé particulièrement à la situation d'interconnexion suspendue du RER, en mettant en évidence les défauts de la signalétique visuelle. La précision des résultats obtenus dans notre expérience permet de conforter la conclusion de Theureau, sur l'intérêt de cette méthode pour mettre en évidence les défauts d'un système de signalisation.

Spécifications pour la création d'une solution sonore

Dans le but d'orienter la création d'une solution sonore aux problèmes révélés par l'expérience E3, nous avons ensuite écrit un cahier des charges. Les 3 problèmes identifiés sont intégrés dans le cahier des charges qui spécifie les fonctions que devra remplir la solution sonore. Le cahier des charges indique aussi toutes les contraintes liées à l'environnement dans lequel se déroule le trajet : caractéristiques acoustiques et architecturales.

Le cahier des charges a été soumis à un compositeur, qui a proposé plusieurs solutions. Les solutions proposées consistent en un ensemble de signaux sonores fonctionnels, ou signalétique sonore. Le compositeur a choisi de créer des sons selon les principes issus des travaux sur les *earcons* [BWE95, Bre02, BWE94], ainsi que sur le principe de *keynote*, énoncé par Schafer [Sch79].

L'expérience E4 a permis d'identifier les signaux les mieux adaptés aux fonctions souhaitées. Ainsi, 6 signaux sonores ont été sélectionnés :

- Une paire de sons orientation-confirmation, basée sur un schéma mélodique accord-résolution.
- Une séquence de 4 sons, dont la succession forme une *timeline* qui indique un décompte temporel, à la manière d'un compte à rebours.

Évaluation de la solution sonore

Les 6 signaux sonores ont été installés le long du trajet menant jusqu'au hall Vaugirard, grâce à un dispositif d'enceintes autonomes, déclenchées par le passage des usagers. La paire orientation-confirmation a été installée à 4 emplacements le long du parcours (tapis et hall Vaugirard), et chacun des sons de la *timeline* est installé à 4 points du trajet. L'installation n'est restée en place que le temps de son évaluation.

L'expérience E5, similaire à E3 d'un point de vue méthodologique, a permis d'évaluer l'efficacité de la signalétique sonore en situation réelle. Les résultats montrent que les sujets comprennent les fonctions d'orientation et de confirmation de la signalétique sonore : c'est-à-dire que pendant leur trajet, les sujets ont interprété ces nouveaux signaux sonores, et les ont utilisés. Il en a résulté une amélioration du déroulement du trajet : moins d'erreurs d'orientation et moins de stress. Par ailleurs, les sujets ont apprécié l'accompagnement que la signalétique a apporté le long du trajet, ainsi que l'intégration esthétique des sons dans l'ambiance sonore. Par contre, aucun sujet n'a compris la fonction d'état d'avancement de la séquence de *timeline*, probablement à cause d'une trop grande complexité.

Cependant, il faut noter qu'il était demandé aux sujets d'être particulièrement attentifs au son, car il semble (du moins pour deux sujets) qu'en l'absence de cette indication, les sujets ne prêtent aucune attention aux signaux sonores. Cette observation est cohérente avec les résultats de l'étude sur la perception des ambiances sonores. Les usagers ont une représentation de l'ambiance sonore des espaces, basée sur certaines informations sonores (sources, événements, propriétés). Les signaux sonores que nous avons installés constituent de nouvelles informations sonores, qui ne correspondent pas encore à la représentation des espaces que les usagers ont en mémoire.

10.3 Design sonore et espaces publics

En terme de design sonore pour les espaces publics, les travaux présentés dans cette thèse apportent plusieurs résultats importants. D'un point de vue méthodologique, l'expérience E3 montre que la méthode des trajets peut constituer un outil valable pour analyser un contexte d'usage, dans le but de mettre en évidence les défauts des différents aménagements. L'expérience E5 montre ensuite que cette même méthode permet d'évaluer l'efficacité d'une solution sonore. Les résultats obtenus montrent que des sons non-verbaux peuvent être utilisés pour améliorer le déroulement d'un trajet. En particulier, les problèmes d'orientation et d'accompagnement le long du parcours ont pu être résolus.

Pour la réalisation d'une signalétique sonore, nous avons choisi de nous concentrer sur l'écriture de spécifications fonctionnelles. Pour éviter la création de signaux sonores inefficaces, nous avons mis l'accent sur l'identification des fonctions que doivent remplir les signaux sonores (expérience E3). Nous nous sommes ensuite appuyés sur l'expérience d'un compositeur pour la création des signaux sonores. Cette démarche a été construite pour répondre à nos objectifs. Nous n'avons pas cherché à développer notre propre méthode de création sonore. En particulier, la création de signaux fonctionnels pour l'aide à l'orientation (appelés aussi *beacon sounds*¹ dans certains travaux [RW01, WL03, WL04]) n'a pas été traitée.

Ces travaux permettent enfin d'aborder la question de l'apprentissage de nouvelles informations sonores, intégrées dans l'ambiance sonore d'un espace public. En effet, nous avons vu que les usagers d'un groupe culturel avaient en mémoire une représentation de l'ambiance sonore des espaces, représentation élaborée à partir d'informations sonores et intégrée par apprentissage. Les signaux sonores que nous avons ajoutés dans l'ambiance sonore constituent de nouvelles informations sonores. Ils ont ainsi un statut initial de convention *arbitraire*. La question de l'apprentissage consiste donc à savoir comment va évoluer le statut de la signalétique sonore. Or, comme toute convention, une signalétique sonore est une convention qui se développe dans le temps, par la pratique d'un groupe culturel, en répondant à une logique perceptive dans des situations de vie quotidienne. À l'usage, la convention est adoptée et devient donc un élément participant à notre représentation des espaces. Autrement dit, le statut de la signalétique sonore passe, par la pratique, de convention arbitraire à convention *culturelle*. Parler de convention arbitraire ne signifie pas que n'importe quels signaux sonores auraient pu convenir. Les résultats que nous avons obtenus montrent qu'il est possible d'aborder la création d'une signalétique sonore avec une méthodologie adaptée, en effectuant des choix qui soient le moins arbitraire possible. Nous avons choisi de proposer une solution répondant à la logique du déroulement des activités (identification et résolution de problèmes), et de réaliser des

¹Littéralement, «balises sonores».

signaux sonores ajustés à la perception sonore (association de timbres, reconnaissance de patterns rythmiques). Aussi, comme le suggèrent Chène et al. [CTJ⁺01], tout système de signalétique repose à la fois sur des connaissances antérieures et sur un code qui doit être appris.

Conclusion

L'enjeu des travaux présentés dans cette thèse était de montrer qu'il est possible d'améliorer l'usage d'un espace public grâce à l'ambiance sonore. Dans un premier temps, les résultats obtenus lors d'une étude sur la perception de l'ambiance sonore des gares, ont mis en évidence l'existence d'informations sonores pour les usagers. Ces informations sonores participent à la reconnaissance des espaces, et sont traduites aussi bien par les sources sonores, les activités humaines présentes, que la configuration architecturale des espaces. Autrement dit, ces informations sonores participent à une représentation en mémoire des différents espaces, représentation partagée par un groupe culturel et élaborée par la pratique de ces espaces. L'hypothèse selon laquelle une nouvelle information sonore, telle une signalétique sonore, pourra être à terme intégrée et utilisée est ainsi confirmée.

Sur la base de cette hypothèse, une méthodologie a été proposée et mise en œuvre pour la réalisation d'une signalétique sonore destinée à améliorer le déroulement de l'activité des usagers d'une gare. La méthode employée, basée sur des expériences en situation réelle, s'est montrée pertinente à deux reprises. D'une part, elle a permis d'identifier les problèmes rencontrés par les usagers d'une gare sur un trajet précis. La création des signaux sonores a été effectuée par un compositeur, et guidée par l'écriture d'un cahier des charges. D'autre part, la méthode a permis d'évaluer l'efficacité des signaux sonores une fois installés dans la gare. Les résultats montrent que les sujets comprennent et utilisent la signalétique sonore pendant leur trajet, et que cela diminue le nombre d'erreurs tout en rendant le parcours plus agréable. Cependant, les résultats montrent aussi que certaines fonctions de la signalétique sonore ne sont pas comprises, des éléments ont donc été suggérés pour améliorer l'efficacité de la signalétique sonore proposée.

De manière générale, ces travaux montrent que des informations véhiculées par des éléments sonores non verbaux peuvent être utilisées, et donner des résultats satisfaisants, même dans des situations complexes comme les espaces publics. La question de la création de signaux sonores fonctionnels reste cependant ouverte. Du point de vue méthodologique, ces travaux montrent qu'il est possible d'aborder la création d'une signalétique sonore grâce à des méthodes bien adaptées. D'une part, la méthode proposée permet d'identifier les fonctions que doit remplir la signalétique sonore, d'autre part, elle permet d'évaluer l'efficacité des signaux sonores en situation réelle. Autrement dit, un même outil méthodologique permet à la fois de spécifier une solution sonore, mais aussi d'en évaluer les défauts. Cela permet de proposer des signaux sonores en adéquation avec un usage, tout en ajustant le contenu des sons à la perception sonore. Il serait alors pertinent de tester cette méthode dans d'autres types d'espaces publics, ou bien dans d'autres types de situations. Ces travaux apportent ainsi de nouveaux éléments permettant de renforcer une approche méthodologique du design sonore.

Bibliographie

- [AT95] J.-F Augoyard et H. Torgue. *A l'écoute de l'environnement - Le répertoire des effets sonores*. Parenthèses, 1995.
- [Aug01] J.-F Augoyard. L'entretien sur écoute réactivée. Dans J.-P. Thibaud et M. Grosjean, éditeurs, *L'espace urbain en méthodes*. Parenthèses, 2001.
- [Bad87] A.D. Baddeley. *Working memory*. Oxford University Press, 1987.
- [Bal93] J.A. Ballas. Common factors in the identification of an assortment of brief everyday sounds. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 19(2) :250–267, 1993.
- [Bar91] L. W. Barsalou. Deriving categories to achieve goals. *The psychology of learning and motivation*, 27, 1991.
- [Bar97] S. Barrass. *Auditory information design*. Thèse de doctorat, The Australian National University, 1997.
- [Bar99] F. Cruz Barney. *Évaluation des performances d'un environnement informatique d'acoustique prévisionnelle*. Thèse de doctorat, Université Paris 6, 1999.
- [Bar04] S. Barrass. Pattern for designing functional sounds. Dans *Journées design sonore*, 2004.
- [BG05] I. Borg et P. Groenen. *Modern Multidimensional Scaling - Theory and applications*. Springer, 2e édition, 2005.
- [BH87] J.A. Ballas et J.A. Howard. Interpreting the language of environmental sounds. *Environment and Behavior*, 19 :91–114, 1987.
- [BJ73] J. D. Branfford et M. K. Johnson. Consideration of some problems of comprehension. Dans W. G. Chase, éditeur, *Visual information processing*, pages 383–438. Academic Press, 1973.
- [Bla97] J. Blauert. *Spatial Hearing : The Psychophysics of Human Sound Localization*. The MIT Press, 1997.
- [BM81] M. Barron et A.H. Marshall. Spatial impression due to early lateral reflections in concert hall : the derivation of a physical measure. *Journal of Sound and Vibration*, 77(2) :211–232, 1981.
- [Bon01] T.L. Bonebright. Perceptual structure of everyday sounds : a multidimensional scaling approach. Dans *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Espoo, Finland, 2001.
- [Bre90] A. Bregman. *Auditory scene analysis : the perceptual organization of sound*. M.I.T Press, Cambridge, MA, 1990.
- [Bre94] A. Bregman. L'analyse des scènes auditives : l'audition dans des environnements complexes. Dans *Penser les sons*, chapitre 2, pages 11–39. Presses Universitaires de France, 1994.

- [Bre02] S. Brewster. Non-speech auditory output. Dans *The Human Computer Interaction Handbook*, chapitre 12, pages 220–239. Lawrence Erlbaum Associates, 2002.
- [BSF99] A. Bisseret, S. Sébillotte, et P. Falzon. *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Octarès, 1999.
- [BSG89] M.M. Blattner, D.A. Sumikawa, et R.M. M. Greenberg. Earcons and icons : their structure and common design principles. *Human-Computer Interaction*, 4 :11–44, 1989.
- [BWE94] S. Brewster, P.C. Wright, et A.D.N Edwards. A detailed investigation into the effectiveness of earcons. Dans *Auditory display. Sonification, audification, and auditory interfaces*. Addison-Wesley, 1994.
- [BWE95] S. Brewster, P. Wright, et A. Edwards. Experimentally derived guidelines for the creation of earcons. Dans *Human Computer Interaction*, Huddersfield, UK, 1995.
- [CBM03] B. De Coensel, D. Botteldooren, et T. De Muer. 1/f noise in rural and urban soundscapes. *Acustica - Acta Acustica*, 89 :287–295, 2003.
- [Che01] G. Chelkoff. Formes, formants et formalités. Dans J.-P. Thibaud et M. Grosjean, éditeurs, *L'espace urbain en méthodes*. Parenthèses, 2001.
- [Che04] G. Chelkoff. Hearing in motion : an architectural experimentation for a public shelter in a transporting context. Dans *2e Journées design sonore*, Paris, 2004.
- [Chi92] M. Chion. *Le son au cinéma*. Cahier du cinéma, 3e édition, 1992.
- [Chi95] M. Chion. *Guide des objets sonores. Pierre Schaeffer et la recherche musicale*. Buchet/Castel, 1995.
- [CMYB05] B. De Coensel, T. De Muer, I. Yperman, et D. Botteldooren. The influence of traffic flow dynamics on urban soundscapes. *Applied acoustics*, 66 :175–194, 2005.
- [Com99] J.-C. Combessie. *La méthode en sociologie*. La Découverte, 1999.
- [Con00] S. Conversy. *Conception d'icônes auditives paramétrées pour les interfaces homme-machine*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Sud XI, 2000.
- [CQ69] A. M. Collins et M. R. Quillian. Retrieval time from semantic memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 8 :240–247, 1969.
- [CQ72] A. M. Collins et M. R. Quillian. How to make a language user. Dans E. Tulving et W. Donaldson, éditeurs, *Organization of memory*. Academic Press, 1972.
- [CTJ+01] D. Chène, C. Tijus, F. Jadot, C. Leproux, S. Poitrenaud, et J.-F. Richard. Taxonomie pour la signalétique : de la signalétique routière aux ihm. Dans B. Cambon de Lavette, J. Doré, et C. Tijus, éditeurs, *La signalétique : conception, validation, usages*, pages 79–92. Actes INRETS n°73, Mars 2001.
- [Dal96] B.-I. L. Dalenbäck. Room acoustic prediction based on a unified treatment of diffuse and specular reflection. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1996.
- [Dan00] J. Daniel. *Représentation de champs acoustiques, application à la transmission et à la reproduction de scènes complexes dans un contexte multimédia*. Thèse de doctorat, Université Paris 6, 2000.

- [DD90] B. Delage et L. Dandrel. Confort acoustique et identité sonore. Rapport technique, Diasonic, 1990.
- [DDSR00] L. Dandrel, B. L. Deroubaix, F. Saunier, et A. Richon. *L'architecture sonore*. Plan-Urbanisme Construction Architecture (PUCA), 2000.
- [Del80] B. Delage, éditeur. *Le Paysage Sonore Urbain*. Plan construction, 1980.
- [Del92] J.J. Delétré. Normativité, qualité sonore, vécu sonore : quelles perspectives ? *Journal de Physique IV*, 2 :127–130, avril 1992.
- [dL01] B. Cambon de Lavette. La signalétique dans le réseau de déplacements routiers : histoire et fonction. Dans B. Cambon de Lavette, J. Doré, et C. Tijus, éditeurs, *La signalétique : conception, validation, usages*, pages 15–29. Actes INRETS n°73, Mars 2001.
- [dM95] M. de Montmollin. *Vocabulaire de l'ergonomie*. Octarès, 1995.
- [DNM03] J. Daniel, R. Nicol, et S. Moreau. Further investigations of high-order ambisonics and wavefield synthesis for holophonic sound imaging. Dans *114th AES convention*, Amsterdam, 22-25 Mars 2003.
- [Don97] S. Donnadiou. *Représentation mentale du timbre des sons complexes et effet de contexte*. Thèse de doctorat, Université René Descartes - Paris V, 1997.
- [DSC+92] F. Daumal, H. Sanclemente, C. Castaño, R. Melendez, et S. Tito. Valiracust, parc acoustique pour une rivière. *Journal de Physique IV*, 2, 1992.
- [DTN+05] L. Dreyfuss, J. Tardieu, H. Nicod, S. Guerrand, et A. Gigoreau. The soundscape of public places : a new field for sensory research. Dans *6th RM Pangborn Symposium*, Harrogate, August 5-7 2005.
- [DW04] H. Hossman El Dien et P. Woloszyn. Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form. *Applied acoustics*, 65(4) :431–440, 2004.
- [EDG05] V. Emiya, B. David, et V. Gibiat. Two representation tools to analyse non-stationary sounds in a perceptive context. Dans *Forum Acusticum*, 2005.
- [EK00] M. W. Eysenck et M. T. Keane. *Cognitive psychology. A student's handbook*. Psychology Press, 4e édition, 2000.
- [ELD91] J. Edworthy, S. Loxley, et I. Dennis. Improving auditory warning design : Relationship between warning sound parameters and perceived urgency. *Human Factors*, 33(2) :205–231, 1991.
- [Far] A. Farina. *Ramsete - A new pyramid tracer for medium and large scale acoustic problems*.
- [Fau00] A. Faure. *Des sons aux mots : Comment parle-t-on du timbre musical ?* Thèse de doctorat, Ecoles des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 2000.
- [Fec66] G. Fechner. *Elements of psychophysics, volume 1*. Holt, Rinehart and Winston, inc., 1966.
- [Fer03] M. Fernström. Sound objects and human-computer interaction design. Dans D. Rocchesso et F. Fontana, éditeurs, *The sounding object*, chapitre 3, pages 33–45. Mondo estremo, 2003.
- [Fra04a] N. Frayne. Acoustic design in the built environment. *Soundscape - The journal of acoustic ecology*, 5(1), 2004.

- [Fra04b] N. Frayne. Electroacoustic soundscape design. Dans *2e Journées design sonore*, Paris, 2004.
- [Fre90] D. Freed. Auditory correlates of perceived mallet hardness for a set of recorded percussive sound events. *J. Acoust. Soc. Am.*, 87(1) :311–322, 1990.
- [GA06] B.L. Giordano et S. Mc Adams. Material identification of real impact sounds : Effects of size variation in steel, glass, wood, and plexiglass plates. *J. Acoust. Soc. Am.*, 119(2) :1171–1181, 2006.
- [Gav88] W.W. Gaver. *Everyday Listening and Auditory Icons*. Thèse de doctorat, University of California, San Diego, 1988.
- [Gav89] W.W. Gaver. The sonicfinder : an interface that uses auditory icons. *Human-Computer Interaction*, 4 :67–94, 1989.
- [Gav93a] W.W. Gaver. How do we hear in the world? explorations in ecological acoustics. *Ecological Psychology*, 5(4) :285–313, 1993.
- [Gav93b] W.W. Gaver. What in the world do we hear? an ecological approach to auditory event perception. *Ecological Psychology*, 5 :1–29, 1993.
- [Ger85] M.A. Gerzon. Ambisonics in multichannel broadcasting and video. *J. Audio Eng. Soc.*, 33 :859–871, November 1985.
- [Gér04] Y. Gérard. *Mémoire sémantique et sons de l'environnement*. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 2004.
- [Ges76] G. A. Gescheider. *Psychophysics, Method and Theory*. Lawrence Erlbaum Associates, 1976.
- [Gib79] J.J. Gibson. *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin Company, 1979.
- [Gio03] B.L. Giordano. Material categorization and hardness scaling in real and synthetic impact sound. Dans D. Rocchesso et F. Fontana, éditeurs, *The sounding object*, chapitre 5, pages 73–94. Mondo estremo, 2003.
- [GKP+05] C. Guastavino, B. Katz, J.-D Polack, D. Levitin, et D. Dubois. Ecological validity of soundscape reproduction. *Acustica - Acta Acustica*, 91 :333–341, 2005.
- [GPEC05] V. Gibiat, A. Padilla, V. Emiya, et L. Cros. Phase characterization of soundscapes. *J. Acoust. Soc. Am.*, 117(4) :2550, April 2005.
- [Gre77] J.M. Grey. Multidimensional perceptual scaling of musical timbres. *J. Acoust. Soc. Am.*, 61(5) :1270–1277, 1977.
- [Gua03] C. Guastavino. *Etude sémantique et acoustique de la perception des basses fréquences dans l'environnement sonore urbain*. Thèse de doctorat, Université Paris 6, 2003.
- [Guy96] F. Guyot. *Etude de la perception sonore en termes de reconnaissance et d'appréciation qualitative : une approche par la catégorisation*. Thèse de doctorat, Université du Maine, 1996.
- [Gyg01] B. Gygi. *Factors in the identification of environmental sounds*. Thèse de doctorat, Indiana University, 2001.
- [Ham80] L. Hamayon. Une méthode de relevé du paysage sonore urbain. Dans B. Delage, éditeur, *Paysage Sonore Urbain*, pages 29–37. Plan construction, 1980.

- [Ham83] L. Hamayon. Le paysage sonore urbain. *Après-demain*, 258, Octobre, Novembre 1983.
- [HC01] V. Huska-Chiroussel. Intermodalité et utilisation d'une information figurative dans l'aide au déplacement. Dans B. Cambon de Lavette, J. Doré, et C. Tijus, éditeurs, *La signalétique : conception, validation, usages*, pages 61–67. Actes INRETS n°73, Mars 2001.
- [HED93] E.J. Hellier, J. Edworthy, et I. Dennis. Improving auditory warning design : quantifying and predicting the effects of different warning parameters on perceived urgency. *Human Factors*, 35(4) :693–706, 1993.
- [Hou03] O. Houix. *Catégorisation auditive des sources sonores*. Thèse de doctorat, Université du Maine, 2003.
- [HP02] P. Holstein et F. Poisson. Qualité acoustique et sonorisation des gares. Version ébauche, AREP - SNCF, 2002.
- [JW95] J.-M. Jot et O. Warusfel. *Le Spatialisateur*. Ircam, 1995.
- [Kah95] E. Kahle. *Validation d'un modèle objectif de la perception de la qualité acoustique dans un ensemble de salles de concerts et d'opéras*. Thèse de doctorat, Université du Maine, 1995.
- [Kaw00] H. Kawakami. Sign-on : report on the study and survey of sound design, model free from the barriers from to auditory sense. Rapport technique, The Japan Sign Design Association (SDA), 2000.
- [KDS93] M. Kleiner, B.-I. L. Dalenbäck, et P. Svensson. Auralization-an overview. *J. Audio Eng. Soc.*, 41(11) :861–875, November 1993.
- [Ker97] A. Kerguelen. The kronos software : a tool for work activity analysis. Dans *Proceedings of 13th Triennial Congress of International Ergonomics Association*, volume 7, pages 240–247, 1997.
- [Kha02] M. Shafiquzzaman Khan. Evaluation of acoutical confort in passenger trains. *Acustica - Acta Acustica*, 88 :270–277, 2002.
- [Kha03] M. Shafiquzzaman Khan. An attempt to reduce aboard annoying noises in passenger trains. Dans *Euronoise*, Naples, 2003.
- [Kra94] G. Kramer. Some organizing principles for representing data with sound. Dans *Auditory display. Sonification, audification, and auditory interfaces*, pages 185–221. Addison-Wesley, 1994.
- [Kru89] C.L. Krumhansl. Why is the musical timbre so hard to understand? Dans S. Nielzen et O. Olsson, éditeurs, *Structure and perception of electroacoustic sound and music*, pages 43–53. Elsevier, Amsterdam, 1989.
- [KTSP06] H. Kawakami, J. Tardieu, P. Susini, et F. Poisson. The sound navigation system at montparnasse station. Dans *World Forum for Acoustic Ecology*, Hirosaki, Aomori, Japan, November 2-6 2006.
- [Lac97] M. Lacoste. Filmer pour analyser. l'importance du voir dans les micro-analyse du travail. Dans *Filmer le travail : recherche et réalisation*, volume 6, pages 11–17. L'Harmattan, 1997.
- [Laz05] P. Lazareff. Enquête sur la perception de l'ambiance sonore dans les gares. Master's thesis, Ecole Généraliste d'Ingénieur de Marseille (EGIM), 2005.
- [Lem04] G. Lemaitre. *Étude perceptive et acoustique de nouveaux avertisseurs sonores automobiles*. Thèse de doctorat, Université du Maine, 2004.

- [Lep00] J. Leplat. *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie : aperçu sur son évolution, ses modèles et ses méthodes*. Octarès, 2000.
- [Lév93] E. Lévy. L'accessibilité à l'épreuve. Dans I. Josphe et al., éditeur, *Gare du Nord, Mode d'emploi*, pages 180–240. Plan urbain RATP SNCF, 1993.
- [LLP91] X. Li, R.J. Logan, et R.E. Pastore. Perception of acoustic source characteristics : Walking sounds. *J. Acoust. Soc. Am.*, 90(6) :3036–3049, 1991.
- [LMC97] S. Lakatos, S. McAdams, et R. Caussé. The representation of auditory source characteristics : Simple geometric form. *Perception and Psychophysics*, 59(8) :1180–1190, 1997.
- [LN04] B. Le Nindre. Brand sound identity : the case of sprty vehicles. Dans *Journées design sonore*, 2004.
- [Maf99] V. Maffiolo. *De la caractérisation sémantique et acoustique de la qualité sonore de l'environnement urbain*. Thèse de doctorat, Université du Mans, 1999.
- [Mar80] P. Marietan. Composition pour un espace sonore limité. créer une musique urbaine. Dans *Paysage Sonore Urbain*, pages 91–107. Plan construction, 1980.
- [Mat01] M. W. Matlin. *La cognition. Une introduction à la psychologie cognitive*. De Boeck Université, 4e édition, 2001.
- [MB93] S. McAdams et E. Bigand. *Thinking in sound*. Oxford University Press, 1993.
- [McA94] S. McAdams. La reconnaissance de sources et d'événements sonores. Dans *Penser les sons*, chapitre 6, pages 157–213. Presses Universitaires de France, 1994.
- [MDB06] S. Moreau, J. Daniel, et S. Bertet. 3d sound field recording with higher order ambisonics – objective measurements and validation of a 4th order spherical microphone. Dans *120th AES convention*, Paris, Mai 2006.
- [MDC⁺02] N. Misdariis, L. Dandrel, R. Caussé, J. Bensoam, et C. Vergez. A relevant tool for sound design. Dans *Journées design sonore*, 2002.
- [MDLP01] M. Mzali, D. Dubois, J.-D Polack F. Letourneaux, et F. Poisson. Mental representation of auditory comfort inside trains : methodological and theoretical issues. Dans *Inter-noise*, The Hague, 2001.
- [ME02] J. Meyer et G.W. Elko. A spherical array for spatial sound recording. *J. Acoust. Soc. Am.*, 111(5) :2346, 2002.
- [Min75] M. Minsky. A framework for representing knowledge. Dans *The psychology of computer vision*. McGraw-Hill, 1975.
- [Min96] R. Minard. *Sound installation art*. Institute for Electronic Music Graz, 1996.
- [Min99] R. Minard. *Silent music*. Kehrer Verlag Heidelberg, 1999.
- [Min04] R. Minard. *4*. Kehrer, 2004.
- [Moo03] B. C. J. Moore. *An introduction to the psychology of hearing*. Academic Press, 5e édition, 2003.
- [MWD⁺95a] S. McAdams, S. Windsberg, S. Donnadiou, S. De Soete, et J. Krimphoff. Perceptual scaling of synthesized musical timbres : Common dimensions,

- specificities, and latent subject classes. *Psychological Research*, 58 :177–192, 1995.
- [MWD⁺95b] S. McAdams, S. Winsberg, S. Donnadieu, G. De Soete, et J. Krimphoff. Perceptual scaling of synthesized musical timbres : Common dimensions, specificities, and latent subject classes. *Psychological Research*, 58 :177–192, 1995.
- [Mza00] M. Mzali. The acoustical comfort inside trains : passengers' point of view. Dans *Inter-noise*, Nice, 2000.
- [Mza02] M. Mzali. *Perception de l'ambiance sonore et évaluation du confort acoustique dans les trains*. Thèse de doctorat, Université Paris 6, 2002.
- [Nei76] U. Neisser. *Cognition and Reality*. W. H. Freeman and Company, 1976.
- [Nor88] D. A. Norman. *The psychology of everyday things*. Basic Books, 1988.
- [Pat82] R. Patterson. *Guidelines for auditory warnings systems on civil aircraft*. Civil Aviation Authority, London, 1982.
- [PHS03] E. Parizet, N. Hamzaoui, et L. Ségaud. Continuous evaluation of noise uncomfot in a bus. *Acustica - Acta Acustica*, 89 :900–907, 2003.
- [PLHM01] F. Poisson, C. Lambourg, P. Holstein, et C. Marsault. De l'intelligibilité des annonces au confort acoustique en gare. *Revue Générale des Chemins de Fer*, Septembre 2001.
- [Plo70] R. Plomp. Timbre as a multidimensional attributes of complexe tones. Dans R. Plomp et G.F. Smoorenburg, éditeurs, *Frequency analysis and periodicity detection in hearing*, pages 397–414. Sijthoff, 1970.
- [Poi02] F. Poisson. Du confort acoustique au design sonore. Dans *1ères Journées design sonore*, Paris, 2002.
- [PPC05] E. Poirson, J.-F. Petiot, et P. Courcoux. Study of musical instruments using sensory profiling techniques. Dans *6th RM Pangborn Symposium*, Harrogate, August 5-7 2005.
- [RAB⁺03] M. Rath, F. Avanzini, N. Bernardini, G. Borin, F. Fontana, L. Ottaviani, et D. Rocchesso. An introductory catalog of computer-synthesized contact sounds, in real time. Dans *14th Colloquium on Musical Informatics*, Firenze, Italy, May 2003.
- [Ree72] S. K. Reed. Pattern recognition and categorization. *Cognitive psychology*, 3 :382–407, 1972.
- [Rémo0] N. Rémy. Sound quality in railstation : users'perception and predictability. Dans *Inter-noise*, Nice, 2000.
- [Rémo1] N. Rémy. *Maîtrise et prédictibilité de la qualité sonore du projet architectural. Applications aux espaces publics en gare*. Thèse de doctorat, Université de Nantes, 2001.
- [Rémo5] N. Rémy. Sound quality : a definition for a sonic architecture. Dans *12th International Congress on Sound and Vibration*, Lisbon, 2005.
- [Rep87] B.H. Repp. The sound of two hands clapping : An exploratory study. *J. Acoust. Soc. Am.*, 81(4) :1100–1109, 1987.
- [RF03] D. Rocchesso et F. Fontana, éditeurs. *The sounding object*. Mondo estremo, 2003.

- [Roc04] D. Rocchesso. Sound objects and sounding icons : on the identity of non-speech audio. Dans *Journées design sonore*, Octobre 2004.
- [Ros78] E. Rosch. Principles of categorization. Dans *Cognition and Categorization*, chapitre 2, pages 27–48. Lawrence Erlbaum Associates, 1978.
- [Rou99] V. Roussarie. *Analyse perceptive de structures vibrantes simulées par modèle physique*. Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans, 1999.
- [Rou02] V. Roussarie. Coloration moteur : approche méthodologique et étude de cas. Dans *Journées design sonore*, Paris, 20-21 Mars 2002.
- [RR04] F. Richard et V. Roussarie. Sound design in passenger compartment. process and tool for the control of engine sound character. Dans *Journées design sonore*, 2004.
- [Rub98] B.U. Rubin. Audible information design in the new york city subway. Dans *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, University of Glasgow, November 1-4 1998.
- [RW01] P. Rutherford et D. Withington. The application of virtual acoustic techniques for the development of an auditory beacon used in building emergency egress. Dans *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Espoo, Finland, July 2001.
- [SA77] Roger C. Schank et Robert P. Abelson. *Scripts, Plans, Goals and Understanding : an Inquiry into Human Knowledge Structures*. L. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1977.
- [Sap90] G. Saporta. *Probabilités, analyse des données et statistique*. Edition Technip, 1990.
- [Sch77] P. Schaeffer. *Traité des objets musicaux*. Editions du Seuil, 1977.
- [Sch79] R. M. Schafer. *Le paysage sonore*. Lattès, 1979.
- [Sch80] R. M. Schafer. Aspects du paysage sonore. projet de paysage sonore mondial. Dans B. Delage, éditeur, *Paysage Sonore Urbain*, pages 109–156. Plan construction, 1980.
- [SDM01] E. Siekierski, C. Derquenne, et N. Martin. Sensory evaluation of air-conditioning noise : sensory profiles and hedonic tests. Dans *International Conference on Acoustics (ICA)*, Rome, 2001.
- [SGDD03] P. Susini, P. Gaudibert, E. Déruy, et L. Dandrel. Perceptive study and recommandations for sonification categories. Dans *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Boston, July 2003.
- [SGSN66] T. Somerville, C. L. S. Gilford, N. F. Spring, et R. D. M. Negus. Recent work on the effects of reflectors in concert halls and music studios. *Journal of Sound and Vibration*, 3(2) :127–132, March 1966.
- [SHM+03] P. Susini, O. Houix, N. Misdariis, B. Smith, S. Langlois, et C. Suied. Influence des informations ajoutées sur les jugements d’une séquence sonore. Rapport technique, Contrat d’étude QSON Renault-Ircam, 2003.
- [SM99] P. Susini et V. Maffiolo. Loudness evaluation of urban soundscapes by a cross-modal matching method. *J. Acoust. Soc. Am.*, 105(2) :943, 1999.
- [Smi95] B. Smith. Psiexp : an environment for psychoacoustic experimentation using the ircam musica workstation. Dans *Society for Music Perception and Cognition Conference’95*, University of California, Berkeley, 1995.

- [SMW⁺04] P. Susini, S. McAdams, S. Windsberg, I. Perry, S. Vieillard, et X. Rodet. Characterizing the sound quality of air-conditioning noise. *Applied acoustics*, 65 :763–790, 2004.
- [SN36] S.S. Stevens et E.B. Newman. The localization of actual sources of a sound. *American journal of psychology*, 48 :297–306, 1936.
- [SPS⁺06] C. Suied, L. Pruvost, P. Susini, N. Misdariis, S. Langlois, et S. McAdams. Speeded detection of sound signals based on temporal differences. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2006.
- [SPV⁺01] P. Susini, I. Perry, S. Vieillard, S. Windsberg, S. Mc Adams, et X. Rodet. Sensory evaluation of air-conditioning noise : sound design and psychoacoustic evaluation. Dans *ICA*, Rome, 2001.
- [Sus99] P. Susini. *Perception évolutive et globale de sons non stationnaires*. Thèse de doctorat, Université du Maine, 1999.
- [SVD⁺02] P. Susini, S. Vieillard, E. Déruty, B. Smith, et C. Marin. Sound navigation : sonified hyperlinks. Dans *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Kyoto, July 2002.
- [TC97] J.-P. Thibaud et G. Chelkoff. *Ambiances sous la ville*. CRESSON, Septembre 1997.
- [Tea06] R Development Core Team. *R : A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2006.
- [Tec03] Technical University of Denmark. *ODEON Room Acoustic Program*, 2003. Version 6.5.
- [The95] J. Theureau. Cours d’action. Dans *Vocabulaire de l’ergonomie*, pages 98–104. Octarès, 1995.
- [The97] J. Theureau. L’émergence d’un complexe d’échanges à travers les trajets des voyageurs : essai méthodologique. Dans Bayart D., Borzeix A., et Lacoste M., éditeurs, *Les traversées de la gare : la méthode des trajets pour analyser l’information-voyageurs*, volume 118, pages 145–190. RATP-Département du développement-Mission prospective et recherches sociales, Paris, 1997.
- [The04] J. Theureau. *Le cours d’action : méthode élémentaire*. Octarès, 2e édition, 2004.
- [Thi98] J.-P. Thibaud. Comment observer une ambiance ? Dans *Les Cahiers de la recherche architecturale*, volume 42-43, pages 77–89. Parenthèses, 1998.
- [Thi01] J.-P. Thibaud. La méthode des parcours commentés. Dans J.-P. Thibaud et M. Grosjean, éditeurs, *L’espace urbain en méthodes*. Parenthèses, 2001.
- [Tij01] C. Tijus. *Introduction à la psychologie cognitive*. Nathan, 2001.
- [TSP04] J. Tardieu, P. Susini, et F. Poisson. Soundscape design in train stations : Perceptual study of soundscapes. Dans *CFA/DAGA*, Strasbourg, Mars 2004.
- [TSPM04] J. Tardieu, P. Susini, F. Poisson, et S. McAdams. Soundscape design in train stations. Dans *Journées design sonore*, Paris, Octobre 2004.
- [Van79a] N.J. Vanderveer. Confusion error in identification of environmental sounds. *J. Acoust. Soc. Am.*, 65(1) :60, June 1979.
- [Van79b] N.J. Vanderveer. Ecological acoustics : Human perception of environmental sounds. Unpublished doctoral dissertation, 1979.

-
- [Ver00] P. Vermersch. *L'entretien d'explicitation*. ESF, 3e édition, 2000.
- [Vog99] C. Vogel. *Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain*. Thèse de doctorat, Université Paris 6, 1999.
- [Wei04] P. Weiss. A jingle is not what this is all about ... Dans *Journées design sonore*, Paris, Octobre 2004.
- [Wes79] D.L. Wessel. Timbre space as a musical control structure. *Computer Music Journal*, 3(2) :45-52, 1979.
- [WL03] B. Walker et J. Lindsay. Effect of beacon sounds on navigation performance in a virtual reality environment. Dans *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Boston, July 6-9 2003.
- [WL04] B. Walker et J. Lindsay. Auditory navigation performance is affected by waypoint capture radius. Dans *International Conference on Auditory Display (ICAD)*, Sydney, Australia, July 6-9 2004.
- [Wol05] P. Woloszyn. Une caractérisation de l'ambiance acoustique par reconnaissance sonore en situation d'immersion. Dans *Colloque européen Construire avec les sons*, 17-18 mars 2005.
- [Wri00] K. Wrightson. An introduction to acoustic ecology. *Soundscape - The journal of acoustic ecology*, 1(1), 2000.

Annexes

Annexe A

Annexe du Chapitre 5

A.1 Grille d'enregistrement



DIRECTION DE LA RECHERCHE
ET DE LA TECHNOLOGIE

ID	Espace	Heure	composteurs	TGD	bruit des trains	annonces	sifflet	sonnerie des départs	commerces	valises à roulettes	chariots	bruits du bar	bureautique	guichet automatique	musique	chariots voyageurs	interphonie	escalators	clime	voix	bruits de la ville	pas	Autres sources	Remarques	N (dBA)	Photo	

Gare _____
Date _____

FIG. A.1: Grille utilisée lors des prises de son dans les gares.

A.2 Liste des 210 échantillons avant sélection

Nom	Espace	Nombre
Avignon TGV		27
av_ev01 à 02	espace de vente	2
av_ha01 à 03	hall arrivée	3
av_hd01 à 05	hall départ	5
av_hdzc	hall départ zone commerciale (bar/buffet)	1
av_me01 à 04	mezzanine (espace d'attente)	4
av_q01 à 04	quai de la voie 3	4
av_q05	quai de la voie 4	1
av_q06	passage d'un TGV sans arrêt	1
av_tr01 à 06	espace de transit (couloir sous les voies)	6
Bordeaux St Jean		38
bx_q01 à 04	quai 1	4
bx_q05 à 10	quai 3	6
bx_q11 à 15	quai 5	5
bx_sa01 à 05	salle d'attente	5
bx_sa06 à 09	salon grand voyageur	4
bx_bir01 à 05	BIR	5
bx_tr01 à 03	espace de transit (sous les voies)	3
bx_h01 à 03	hall (haut)	3
bx_h04 à 06	hall (bas)	3
Lilles Flandres		40
li_edv01 à 04	bureau informations réservations (BIR)	4
li_q01 à 02	quai 2	2
li_q03 à 07	quai 7	5
li_q08 à 10	quai 4	3
li_ha01 à 04	hall	4
li_pft01 à 04	plateforme transversale 1er point	4
li_pftbis01 à 06	plateforme transversale 2e point	6
li_pftax01 à 06	plateforme transversale annexe	6
li_sa01 à 03	salle d'attente	3
li_tr01 à 03	espace de transit (escalators)	3

TAB. A.1: Liste (début) des 210 échantillons sonores enregistrés dans les espaces, avant sélection des 66 échantillons retenus pour la construction du corpus sonore.

A.2. Liste des 210 échantillons avant sélection

Nom	Espace	Nombre
Nantes		40
na_edv01 à 03	espace de vente Nord	3
na_edv04 à 05	espace de vente Sud (guichet dans le hall)	2
na_tr01 à 07	espace de transition (couloir sous les voies)	7
na_tr08 à 09	espace de transition entre Nord et Sud	2
na_zc01 à 03	zone commerciale (bar du hall Nord)	3
na_hn01 à 06	hall Nord (départ)	6
na_hn07 à 11	hall Nord (arrivée)	5
na_hs01 à 05	hall Sud	5
na_sa01 à 03	salle d'attente Nord	3
na_sgv	salon grand voyageur	1
na_q01	quai 1	1
na_q02 à 03	quai 2	2
Paris Est		33
pe_zc01 à 03	zone commerciale (galerie marchande)	3
pe_ha01 à 02	hall arrivée, zone guichet	2
pe_ha03 à 06	hall arrivée	4
pe_hd01 à 04	hall départ	4
pe_hd05	hall départ, zone guichet	1
pe_pft01 à 02	plateforme transversale	2
pe_pft03 à 06	plateforme transversale, zone arrivée	4
pe_q01 à 05	quai (n°24)	5
pe_sa01 à 04	salle d'attente	4
pe_tr01 à 04	espace de transit (en haut des escalators)	4
Rennes		32
re_sa01 à 03	salle d'attente	3
re_bir01 à 04	BIR (Bureau Informations Réservations)	4
re_zc01 à 03	zone commerciale (coiffeur, disquaire, etc.)	3
re_ha01 à 06	hall principal situé au dessus des voies	6
re_q01 à 03	quai n°3, partie sous dalle	3
re_q04 à 08	quai n°3, partie extérieure	5
re_sor01 à 03	hall de la sortie Nord	3
re_tr01 à 04	zone de transit située sous les voies	4
re_tr05	transit entre la gare et le métro	1
TOTAL		210

TAB. A.2: Liste (fin) des 210 échantillons sonores enregistrés dans les espaces, avant sélection des 66 échantillons retenus pour la construction du corpus sonore.

Annexe B

Composition et scores de reconnaissance des classes de E2

Classes	Espaces						Total
	Quais	Halls	Couloirs	Salles d'attente	Guichets	Commerces	
1		1		7			8
2		2	1	3	2	3	11
3			1		8	1	10
4			8	2			10
5	9	1	1				11
6	1	12	1	1		1	16

TAB. B.1: Expérience E2, composition des 6 classes. Chaque ligne indique pour chaque classe de quel type d'espace proviennent les sons. Par exemple, la première ligne indique que la classe 1 comporte 8 sons dont 1 a été enregistré dans un hall et 7 dans une salle d'attente.

Classes	Espaces associés					
	Quais	Halls	Couloirs	Salle d'attente	Guichets	Commerces
1	6	5	1	66	12	11
2	4	14	6	10	9	57
3	3	7	2	8	56	23
4	11	9	73	2	1	4
5	71	9	7	8	1	3
6	17	56	11	7	4	5

TAB. B.2: Expérience E2, scores de reconnaissance des 6 classes. Chaque ligne indique le score de reconnaissance pour chaque classe. Par exemple, la première ligne indique que les sons de la classe 1 ont été reconnus par 6 % des sujets comme venant de quais, par 5 % des sujets comme venant de halls, par 1 % venant de couloirs, par 66 % des sujets comme venant de salles d'attente, etc.

Annexe C

Expérience E3

C.1 Consigne

Trajet voyageur à Montparnasse

Consigne

Cadre

Cette étude porte sur la gare Montparnasse et a pour objectif d'identifier les défauts de cette gare du point de vue de l'usager. Nous cherchons donc les problèmes rencontrés par les voyageurs lors de leurs trajets dans la gare.

C'est pourquoi nous vous demandons d'effectuer un trajet dans la gare.

Tâche

L'objectif de votre trajet est de prendre un train pour GRANVILLE dès que possible. Il vous a été fournit un billet ouvert, donc vous ne connaissez pas l'horaire exact.

Nous vous demandons d'effectuer ce trajet le plus naturellement possible, comme si vous deviez prendre le train pour des raisons personnelles.

Remarque

Tout au long du trajet, je serai derrière vous en train de vous filmer avec la caméra mais je ne dois pas intervenir. Donc si vous avez des questions, c'est maintenant qu'il faut les poser.

Merci de votre participation !

C.2 Étapes des trajets

C.2.1 Le trajet de FM

- Début du trajet à 16h26, soit 9 minutes avant le départ du train
- Regarde autour de lui et voit le plan de la gare
- Regarde les informations inscrites sur le billet : comprend que le train va partir de Montparnasse 3
- Regarde sur le plan de la gare où il se trouve (sortie métro niveau -1) et où se trouve Montparnasse 3 Vaugirard
- Mémorise le trajet pour aller prendre le train
- Prend le 1er escalator
- Arrive en haut du 1er escalator
- Reste sur ce niveau et se dirige vers les trains banlieues
- Se souvient qu'il devait monter 3 niveaux
- Prend les escaliers
- Arrive au niveau +1
- Regarde le plan pour se rafraîchir les idées mais ne trouve pas les infos qu'il veut
- Voit le grand panneau d'affichage (il pense que c'est le panneau des départs) et prend les escaliers
- Arrive au niveau +2
- Se dirige vers un plan de la gare
- Regarde le plan et cette fois le plan lui permet de se situer
- Se dirige vers Montparnasse 3
- Ecoute l'annonce qui indique que le train pour Granville partira de la voie 28 à 16h35, mais il n'entend pas l'heure exacte
- Continue tout droit et arrive sur la plateforme transversale
- Voit le premier panneau 25 à 28
- Voit une personne devant lui qui prend le 1er tapis donc il le suit
- Arrive à la fin du 1er tapis
- Cherche des infos sur les écrans, trouve l'horaire du train pour Granville, 16h35
- Suit toujours la personne devant lui
- Prend le 2e tapis
- Continue tout droit
- Prend le 3e tapis
- Arrive à Montparnasse 3 Vaugirard
- Regarde le plan à l'entrée
- Prend l'escalator
- Continue tout droit
- Vérifie sur un écran l'horaire du train pour Granville
- Arrive à la voie 28 à 16h34, soit une minute avant le départ du train

C.2.2 Le trajet de JA

- Début à 10h22, soit 8 minutes avant le départ du train.
- Suit le panneau Grandes Lignes
- Prend le premier escalator
- Arrive en haut, hésite entre les deux panneaux Grandes Lignes, suit celui de droite
- Prend le 2e escalator

- Arrive en haut
- Voit le panneau des départs et le panneau des arrivées
- Se rapproche du panneau des départs
- Lit les informations sur son train : Granville, voie 28, 10h30
- Continue tout droit sous le panneau des départs
- Lit les numéros de voies et le sens de numérotation
- Se dirige vers la droite, dans le sens des numéros croissants
- Marche jusqu'au bout de la plateforme en gardant un œil sur les numéros de voies
- Arrive au niveau du 1er panneau 25 à 28
- Suit la direction du panneau, ie va vers la gauche
- Hésite
- Revient en arrière pour lire le premier panneau
- Repart dans la direction donnée par le panneau
- Voit le 2e panneau 25 à 28 situé au dessus du 1er tapis roulant
- Prend le 1er tapis roulant
- Arrive à la fin du 1er tapis
- Continue tout droit
- Prend le 2e tapis
- Arrive à la fin du tapis, continue tout droit
- Prend le 3e tapis
- Arrive à Montparnasse 3
- Prend l'escalator
- En haut, hésite un peu à partir sur la droite
- Voit les quais
- Se dirige vers les quais
- Arrivée à la voie 28, à 10h28, deux minutes avant le départ du train.

C.2.3 Le trajet de LD

- Début du trajet à 16h27, soit 8 minutes avant le départ du train
- Cherche le Tableau Général des Départs, ne le trouve pas
- Suit le panneau Grandes Lignes
- Prend le 1er escalator
- Arrive en haut, suit toujours Grandes Lignes
- Prend le 2e escalator
- Arrive en haut
- Se dirige vers le Tableau Général des Départs
- Trouve les informations sur le train : Granville, 16h35, voie 26
- Arrive sur la plateforme transversale
- Regarde les numéros des voies
- Trouve le sens croissant
- Se dirige vers la droite et va jusqu'au bout
- Arrive au bout, voit le 1er panneau 25 à 28
- Voit le 1er tapis roulant, le prend
- Arrive à la fin du 1er tapis
- Voit le 2e tapis et le panneau 25 à 28 au dessus
- Vérifie autour si il n'y a pas d'autres possibilités
- Prend le 2e tapis roulant
- Arrive à la fin du 2e tapis, continue tout droit

- Prend le 3e tapis
- Arrive à Montparnasse 3 Vaugirard
- Prend l'escalator
- Arrive devant la voie 26 à 16h33, soit deux minutes avant le départ du train

C.2.4 Le trajet de KP

- Début du trajet à 10h21 soit 9 minutes avant le départ du train.
- Suit le panneau Grandes Lignes
- Prend le premier escalator
- Arrive en haut du 1er escalator, suit Grandes Lignes
- Ecoute l'annonce sonore (mais n'entend pas le numéro de voie)
- Arrive en haut du 2e escalator
- Regarde le panneau des départs
- Trouve les infos : voie 28
- Continue tout droit
- Arrive sur la plateforme transversale
- Regarde les numéros
- Trouve le sens de numérotation
- Regarde sur un écran, et voit 10h30 (pense que c'est son train mais se trompe)
- Arrive à la fin de la plateforme et voit le panneau 25 à 28
- Suit la direction indiquée
- Regarde à nouveau le panneau 25 à 28 (vérification)
- Hésite à prendre le tapis roulant, ne le prend pas.
- Continue tout droit
- Hésite en voyant le 2e tapis, ne le prend pas
- Arrive devant les escaliers de Montparnasse 2
- Voit le panneau 25 à 28
- Hésite à nouveau à prendre le tapis
- Suit la direction 25 à 28
- Continue sur la gauche
- Voit le panneau 25 à 28 (en bas de l'escalier)
- Continue
- Voit le 3e tapis
- Prend le 3e tapis
- Arrive à Montparnasse 3
- Entre dans le hall
- Prend l'escalator
- Voit les quais
- Arrive devant le quai 28 à 10h29, une minute avant le départ du train.

C.2.5 Le trajet de AB

- Début du trajet à 19h28 soit 10 minutes avant le départ du train
- Cherche les Grandes lignes
- Suit le panneau Grandes Lignes
- Marche dans le 1er escalator
- Arrive en haut du 1er escalator
- Voit 2 panneaux grandes lignes, les suit

- Prend le 2e escalator
- Arrive en haut du 2e escalator
- Voit le panneau des départs
- S’approche du panneau pour lire le numéro de voie sur le train
- Lit le numéro de voie
- Continue tout droit (ne voit pas le panneau « accès aux trains »)
- Arrive devant les quais
- Lit les numéros de voies derrière les tourniquets banlieue
- Hésite devant les banlieues
- Va vers la gauche (vers là où il n’y a plus de tourniquets)
- Regarde les numéros de voies
- Retourne vers la droite
- Ecoute l’annonce sonore
- Dépasse les banlieues (se rend compte qu’il y a des grandes lignes encore après)
- Va jusqu’au bout du quai transversal
- Voit le panneau Montparnasse 3 Vaugirard
- Suit la direction voie 25 à 28
- Voit le panneau au dessus du 1er tapis roulant
- Prend le 1er tapis
- Marche sur le tapis
- Arrive à la fin du 1er tapis
- Regarde les panneaux
- Hésite entre celui de gauche et celui de droite
- Continue tout droit (ne prend pas le 2e tapis)
- Arrive devant la fin des escaliers
- Regarde le panneau 25 à 28
- Regarde l’heure sur l’horloge
- Regarde le 3e tapis roulant
- Continue tout droit (ne prend pas le 3e tapis suit le monsieur devant elle)
- Arrive à Montparnasse 3
- Voit le panneau Vaugirard
- Entre dans la gare
- Monte les escalators
- Arrive en haut
- Hésite à monter les escaliers
- Voit le panneaux accès aux trains
- Revient en arrière et va vers les quais
- Arrivée devant la voie 28 à 19h35, trois minutes avant le départ du train.

C.2.6 Le trajet de MAT

- Début du trajet à 16h26, soit 9 minutes avant le départ du train
- Voit grandes lignes
- Double dans les escalators
- En haut du premier escalator se dirige vers grandes lignes
- En haut du 2e escalator, regarde le panneau des départs
- Trouve les indications pour Granville : heure de départ et numéro de voie
- Regarde l’heure sur l’horloge
- Continue tout droit sous le panneau des départs

- Arrive sur la plateforme transversale
- Regarde le billet pour voir s'il est composté
- Cherche les numéros de voies, les trouve
- Se dirige vers la droite
- Voit le panneau 25 à 28
- Prends le tapis (rmq : n'a pas vu le panneau)
- Marche sur le tapis
- Arrive à la fin, regarde l'heure
- Continue tout droit
- Dévie à gauche pour vérifier le panneau 25 à 28 (ne prend pas le tapis)
- Continue tout droit (ne prend pas le 3e tapis)
- Arrive devant Montparnasse 3
- Continue le long du quai 24
- Arrive au stop
- Rebrousse chemin
- Hésite devant un premier passage
- Arrive devant Montparnasse 3
- Reconnaît un espace de type gare
- Entre
- Monte 1er escalators
- En haut, continue à monter l'escalier
- Se retourne et voit le panneau 25 à 28
- Rebrousse chemin
- Arrivée devant la voie à 16h34, une minute avant le départ du train

C.2.7 Le trajet de CB

- Début du trajet à 16h22, soit 13 minutes avant le départ du train.
- Suit le premier panneau Grandes Lignes
- Prend le premier escalator, arrive en haut
- Suis le 2e panneau Grandes Lignes
- Arrive en haut du 2e escalator
- Voit le panneau des départs, s'en approche
- Trouve les informations sur le train de Granville
- Me fait un signe en pensant que c'est terminé mais comprend qu'il faut continuer
- Suit le panneau Accès aux quais
- Arrive sur les quais
- Regarde les numéros des voies et le sens de numérotation
- Va vers la droite
- Arrive à la fin de la plateforme transversale
- Remarque qu'il n'y a plus de quais
- Voit le panneau 25 à 28
- Suit la direction donnée par le panneau
- Voit le 2e panneau 25 à 28 au dessus du 1er tapis roulant
- Monte sur le 1er tapis roulant
- Arrive à la fin du premier tapis
- Voit le 3e panneau 25 à 28 et aussi le 4e panneau
- Hésite
- Suit le 4e panneau

- Continue tout droit
- Voit le 5e panneau
- Prend le 3e tapis
- Arrive à Montparnasse 3 Vaugirard
- Regarde le plan de la gare
- Prend l'escalator
- Arrive en haut, voit les quais
- Arrive à la voie 26 à 16h29, 6 minutes avant le départ de train

C.2.8 Le trajet de CLC

- Début du trajet à 16h29, soit 6 minutes avant le départ du train
- Cherche le panneau Grandes lignes
- Voit le panneau
- Double dans le 1er escalator
- Arrive en haut
- Voit le 2e panneau Grandes Lignes
- Prend le 2e escalator
- Arrive en haut, cherche le tgd
- Lit les informations sur le train : heure et voie
- Regarde l'heure sur son portable
- Continue tout droit en se dépêchant
- Cherche les numéros de voie
- Regarde au fond à gauche
- Se dirige vers la gauche
- Vois les numéros de voies
- Reviens dans l'autre sens
- Entre dans la partie banlieue
- Regarde les numéros de voies
- Regarde au bout de la partie banlieue
- Revient en arrière
- Cherche quelqu'un à qui demander
- Demande au vendeur de Cannelé « où est la voie 26 ? », il répond que c'est tout au bout à droite
- Se dirige vers le fond du quai transversal
- Voit le panneau 25 à 28
- Se met à courir
- Prend le 1er tapis roulant
- Arrive à la fin
- Hésite devant les escaliers
- Continue tout droit (ne prend pas le 2e tapis)
- Prend le 3e tapis roulant
- Arrive à Montparnasse 3
- Aide une personne à ramasser ses billets dans l'escalator
- Arrivée à la voie 26 à 16h35, quelques secondes avant le départ du train

C.2.9 Le trajet de MPH

- Début du trajet à 10h22, soit 8 minutes avant le départ du train

- Suit les panneaux grandes lignes
- Double les gens dans l'escalator
- En haut, cherche le Tableau général des départs (TGD)
- Trouve le panneau immédiatement, trouve les infos sur le train en première ligne
- Lit "voie 8, 10h30" (erreur sur la voie)
- Continue sous le tableau (rmq : ne voit pas le panneau "accès aux trains")
- Arrive sur le qt, cherche la voie 8
- Trouve la 7 puis la 8
- Voit les trains, cherche sa destination, ne trouve pas.
- Demande "où va le train?" à une personne du service wagons-lit, il ne sait pas.
- Cherches des infos sur le billet, ne trouve pas.
- Rebrousse chemin
- En passant, se rend compte que le TGV part à Rennes
- Va devant le TGD pour relire les infos
- Voit voie n°28
- Se met à courir tout droit (erreur sur la direction)
- Change de direction immédiatement
- Se dirige en courant vers les voies supérieures
- A la fin du qt, voit le panneau voies 25 à 28
- Continue en courant le long de la voie 24 (ne vois pas le 1er tapis)
- S'arrête au niveau de la passerelle
- Hésite
- Continue sur le quai 24 (ne prend pas le 2e tapis)
- Arrive devant Montparnasse 3.
- Regarde le panneau
- Continue le long du quai 24.
- Arrive au stop.
- Regarde si les voies 25 à 28 sont là.
- Rebrousse chemin
- Croise les agents qui lui indique un escalier vers les voies
- Prend les escalier
- Trouve la voie 28 à 10h32, deux minutes après le départ du train

Annexe D

Cahier des charges

D.1 Photos prises le long du trajet



FIG. D.1: Photo1



FIG. D.2: Photo2



FIG. D.3: Photo3



FIG. D.4: Photo4



FIG. D.5: Photo5



FIG. D.6: Photo6



FIG. D.7: Photo7



FIG. D.8: Photo8



FIG. D.9: Photo9



FIG. D.10: Photo10



FIG. D.11: Photo11



FIG. D.12: Photo12

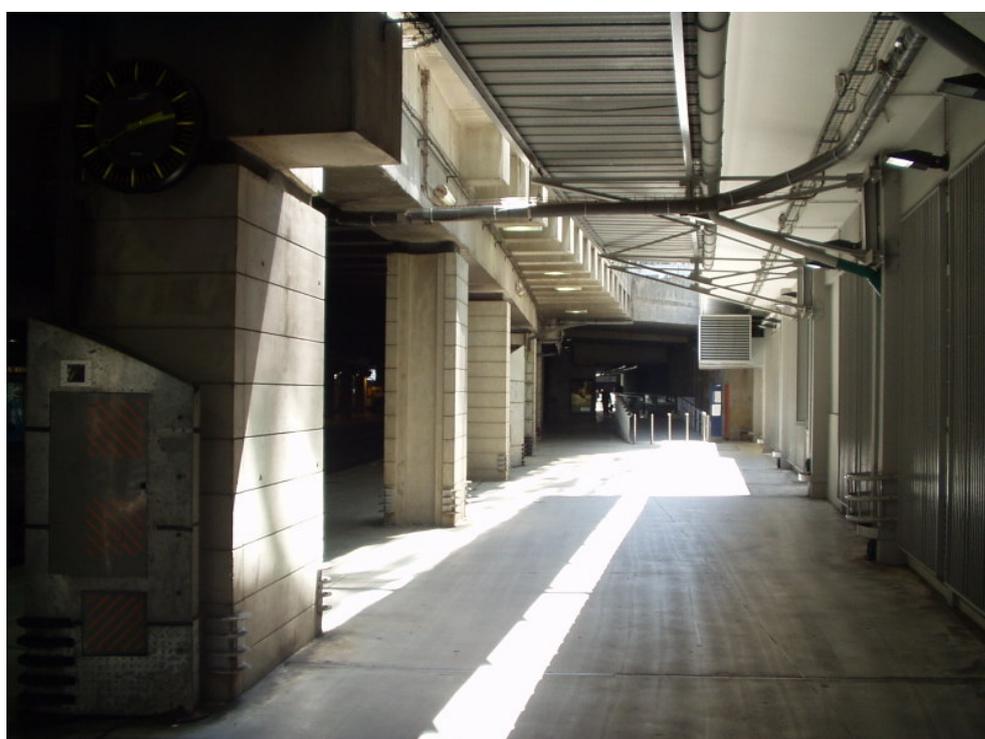


FIG. D.13: Photo13



FIG. D.14: Photo14



FIG. D.15: Photo15



FIG. D.16: Photo16



FIG. D.17: Photo17

D.2 Caractéristiques techniques du matériel utilisé pour l'installation sonore

D.2.1 Haut-parleur



DESCRIPTION

Introducing the EV-20A Sound Repeater, a self-contained innovative device that is ideal for high-quality playback and repeating broadcast program content as well as for sensor-activated messages/announcements, BGM and broadcasting in many locations. Its many features, small size and compact dimensions make it especially well suited for unattended use in a variety of applications. The compact dimensions manage to include a built-in amplifier and speaker as well as built-in microphone and external line input to increase its versatility for different applications. Featuring fully digital recording and playback of up to two different messages/announcements and two different music selections with CD-quality audio, the EV-20A also accepts audio files downloaded from a PC via its USB link.

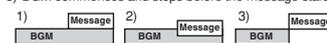
FEATURES

- Easy recording from multiple sources – built-in microphone, external microphone, external audio equipment, PC-originating downloads.
- Versatile playback with sensor activation, repeated interval activation and external activation.
- All digital circuitry features CD-quality audio for messages and music.
- Line input for easily connecting external program sources including BGM units and CD players.
- External source broadcasting possible using connected equipment.
- No mechanical moving parts or mechanisms make sure maintenance stays minimal.

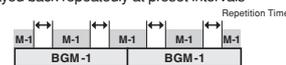
- USB port for easy data transfer of program material from PC
- Maximum 6-minute* duration for recording
- SmartMedia-compatible for program material storage
- Flexible message and BGM combinations possible with separate message and music selector controls



- Independent level controls for setting different message and BGM volume levels.
- Three playback mixing modes to choose from:
 - 1) BGM commences and a message voice over is added.
 - 2) BGM level reduces when message starts.
 - 3) BGM commences and stops before the message stars.



- Messages/announcements and music selections can be played back repeatedly at preset intervals



- Software supplied (includes operation software and music files)
- Installs easily in virtually any position (wall or ceiling)
- Expanded system application (up to 16 EV-20A units)

* duration of program depends on SmartMedia card storage capacity. Six minutes will require a 32 – 128MB card.



FIG. D.18: Spécifications du haut-parleur.

SPECIFICATIONS

Power Source	AC mains, 50/60Hz (supplied from AC adapter (accessory))
Rated Output	3W
Power Consumption	10W (rated output)
Wave Format	44.1kHz sampling frequency, 16-bit PCM (monaural)
Sensitivity	90dB (3W, 1m)
Frequency Response	200 – 10,000Hz (–10dB)
Distortion	Under 1% (rated output)
Recording System	USB data transfer or analog recording
Control Input	1 input, external activation: 200ms pulse make system, interruption: make/break system, no-voltage make contact input, open voltage: 3.3V DC, short-circuit current: 1mA, removable terminal block (2 pins)
Input	Mic: –40dB*, 2.2kΩ/Line: 0dB*, 10kΩ, (Mic/Line changeable), unbalanced, mini jack Built-in microphone: –44dB*, 2.2kΩ, electret condenser mic.
Sensor	Detection range: Approx. 3.0m Detection speed: Approx. 0.3 – 1.5m/s
LED Indicator	Message, BGM, recording, USB
Operating Section	Slide switch: Message selection, BGM selection, sensor ON/OFF, recording selection, playback mode, power, Mic/Line selectable Rotary switch: Playback interval, equipment identification Push switch: Recording Volume: Message, BGM
Maximum No. of Messages	4 (messages: 2, BGM: 2)
Maximum Recording Time	Approx. 3 min (when 16MB, 3.3V SmartMedia is in use) Approx. 6 min (when 32 – 128MB, 3.3V SmartMedia is in use) (Note: SmartMedia under 8MB or over 256MB and of 5V version cannot be used.)
Playback Interval Time	∞, 0s, 5s, 10s, 30s, 1 min, 5 min, 10 min, 30 min or 1 h (selectable)
Speaker Component	8cm cone-type
Finish	Case : ABS resin, silver
Dimensions	144 (W) × 195 (H) × 101 (D) mm (excluding rubber foot)
Weight	850g
Accessory	SmartMedia (over 32MB) × 1, USB cable (1m) × 1, CD-ROM (USB data transfer software and sample chimes recorded) × 1, Removable terminal plug (2 pins) × 1, AC adapter × 1,
Option	Mounting bracket: C-BC31

* 0dB = 1V

OPTIONAL ACCESSORY

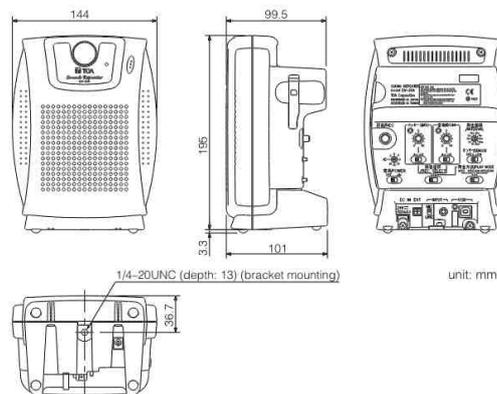


USB Data Transfer Software Operation Environment

Personal Computer	IBM-AT compatible type (equipped with the USB terminal)
Main Specifications	CPU: Pentium compatible CPU of 133MHz or more Memory: Over 64MB (recommended: 128MB or more) Free disk space: Over 10MB (space for message storage excluded)
OS	Windows 2000/XP

Notes: Pentium is a trademark of Intel Corporation.
Windows is a trademark of Microsoft Corporation.
Other company names and products are also trademarks of individual companies.

APPEARANCE AND DIMENSIONAL DIAGRAM



TOA Corporation

URL : <http://www.toa.jp/>

Specifications are subject to change without notice.
Printed in Japan (0403) 833-52-314-10 u

FIG. D.19: Spécifications du haut-parleur (suite). Le pied permet de fixé le système au mur et de l'orienter dans n'importe quelle direction.

D.2.2 Capteur infrarouge

MINI-DÉTECTEUR INFRA-ROUGE PASSIF PIR 9038

Référence : 7858



Mode d'emploi

INTRODUCTION

Ce mini-détecteur passif d'intrusion à infrarouge est conçu pour répondre de manière fiable et peu coûteuse aux besoins d'ordre général des installations commerciales et résidentielles.

Il utilise un capteur pyroélectrique à éléments jumelés, muni d'un circuit de comptage d'impulsions, un filtre interférentiel de brouillages radioélectriques et un réglage d'angle vertical pour le modèle de détection. En outre, il constitue une défense majeure contre les fausses alarmes et peut être installé à n'importe quelle hauteur.

DONNÉES TECHNIQUES

Couverture :	Grand angle, 12X12m, 90° maximum, 42 faisceaux en 3 couches.
Réglage :	Vertical 0° à -12° échelle graduée.
Hauteur de montage :	1 à 5 m en partant du sol, à l'intérieur uniquement.
Tension :	8 à 16 VCC.
Courant :	15mA typique.
Sortie alarme :	Relais avec contact sec normalement fermé. Taux -0,5A/ 24VCC. Résistance en série de 18 ohms avec contacts.
Délai de mise en marche :	2-3 secondes.
Contacts anti-sabotage :	Micro-interrupteur avec contact sec normalement fermé. Taux - 0,5A 24VCC.
Modes de détection :	Comptage d'impulsions ou coup unique.
Indicateur de la DEL :	Indication d'essai. Sélection Enabled - Disabled (Validation ou Neutralisation) .

FIG. D.20: Spécifications du capteur infrarouge.

Annexe E

Expérience E5

E.1 Étapes des trajets des sujets

E.1.1 Le trajet de VM

- Départ à 10h15, soit 15 minutes avant le départ du train
- Prend les escalators vers les Grandes Lignes
- Arrive au niveau principal
- Regarde le tableau des départs
- Trouve les informations concernant le train : voie 28 et 10h30
- Continue tout droit vers les voies
- Regarde les numéros des voies, repère la 10 à gauche
- Va vers la droite, vers les numéros croissants
- Voit le premier panneau 25 à 28
- Arrive au bout de la plateforme
- Cherche la voie 28, se demande où elle est
- Voit le panneau 25 à 28 au dessus du tapis roulant
- À la fin du 1er tapis, cherche dans quelle direction aller
- Hésite entre continuer à gauche et prendre le tapis
- Ne prend pas le 2e tapis
- Suit la direction du panneau 25 à 28
- Hésite entre continuer à gauche sur le quai ou bien prendre le tapis
- Prend le 3e tapis roulant
- Arrive devant Vaugirard
- Entre dans le hall avec hésitation
- Voit un panneau 25 à 28
- Prend l'escalator
- Voit les voies
- Arrivée sur le quai 28 à 10h21, soit 9 minutes avant le départ du train

E.1.2 Le trajet de GL

- Début du trajet à 16h17, soit 18 minutes avant le départ du train
- Regarde le ticket
- Prend les escalators vers les Grandes Lignes
- Arrive au niveau principal
- Se dirige vers le tableau des départs

- Regarde les infos sur son train : 16h30, Gare Vaugirard (la voie n'est pas affichée)
- Hésite à demander son chemin
- Se dirige vers les voies
- Regarde tout au bout à droite et voit Sortie Boulevard de Vaugirard
- Se dirige vers le bout de la plateforme
- Voit le premier panneau 25 à 28
- Voit le long couloir avec les tapis roulants
- Voit le panneau 25 à 28 Gare Vaugirard au-dessus du 1er tapis
- Prend le 1er tapis roulant
- Fn du 1er tapis, voit le panneau 25 à 28
- Suit cette direction
- Ne prend pas le 2e tapis
- Continue tout droit
- Voit le panneau 25 à 28
- Prend le 3e tapis roulant
- À la fin du tapis, voit le panneau Gare Vaugirard
- Entre dans le hall
- Prend l'escalator
- En haut, regarde sur la gauche s'il n'y a pas d'autres panneaux 25 à 28
- Se dirige vers les voies
- Arrivée à 16h24, 11 minutes avant le départ du train

E.1.3 Le trajet de VS

- Départ du trajet à 10h15, soit 15 minutes avant le départ du train
- Se dirige machinalement vers les Grandes Lignes (VS se souvient de cette partie de la gare)
- Emprunte les deux escalators
- Arrive au niveau principal et cherche le panneau des départs
- Regarde les informations concernant le train pour Granville
- Est un peu inquiétée par l'information Gare Vaugirard, car elle ne sait pas de quoi il s'agit
- Attend que le panneau est fini de défiler pour avoir toutes les informations
- Écoute l'annonce sonore attentivement au cas où elle concernerait le train pour Granville, mais cela ne le concerne pas
- Arrive sur la plateforme transversale
- Voit le panneau 25 à 28 qui se trouve tout au bout à droite
- Se dirige vers ce panneau
- Arrive au début du quai 24
- Écoute l'annonce
- Écoute le premier son du trajet (a1)
- Remarque le haut-parleur
- Prend le 1er tapis
- Écoute le deuxième son (c&t1)
- Arrive à la fin du premier tapis
- Écoute le son a2
- Prend le 2e tapis
- Écoute le son c&t2
- Arrive à la fin du 2e tapis, continue

E.1. Étapes des trajets des sujets

- Regarde le moniteur et cherche des informations sur son trajet, ne trouve pas
- Écoute le son a3
- Prend le 3e tapis
- Écoute le son c&t3
- Arrive à la fin du 3e tapis
- Écoute le son a4
- Entre dans le hall Vaugirard
- Écoute le son c&t4
- Arrive sur le quai 28 à 10h22, 8 minutes avant le départ

E.1.4 Le trajet de JD

- Début du trajet à 13h15, soit 15 minutes avant le départ du train
- Se dirige vers les Grandes Lignes (elle se souvient de la gare)
- Prend les escalators
- Arrive au niveau principal
- Se dirige vers le TGD
- Cherche les informations pour son train : voie 26, Gare Vaugirard
- Regarde l'ordre de numérotation des quais
- Se dirige vers la droite
- Voit le panneau Sortie Vaugirard, fait le lien avec Gare Vaugirard
- Voit le panneau 25 à 28 au dessus du 1er tapis
- Écoute le son a1
- Prend le 1er tapis
- Écoute le son c&t1
- Arrive à la fin du 1er tapis
- Écoute le son a2
- Prend le deuxième tapis
- Écoute le son c&t2
- Arrive à la fin du premier tapis
- Se dirige vers le 3e tapis
- Écoute le son a3
- Prend le 3e tapis
- Écoute le son c&t3
- Arrive à la fin du 3e tapis
- Se dirige vers le hall Vaugirard
- Écoute le son a4
- Entre dans le hall Vaugirard
- Prend l'escalator
- Arrive au niveau principal
- Se dirige vers les quais
- Arrive sur le quai 24 à 13h22, 8 mn avant le départ

E.1.5 Le trajet de VL

- Départ à 19h15, soit 23 minutes avant le départ du train
- Hésite à aller tout droit
- Prend les deux escalators en suivant Grandes Lignes
- Arrive sur le niveau principal

- Regarde sur le TGD la voie du train pour Granville
- Remarque un son (grincement d'escalator)
- Se dirige vers la gauche vers l'endroit d'où provient le son
- Tourne à droite vers la plateforme transversale
- Entend à nouveau un son, commence à douter
- Arrive sur la plateforme transversale (vers la voie 5)
- Comprend qu'il a mal interprété les sons
- Longe la plateforme transversale vers les numéros croissants pour se rendre sur le quai pour Granville
- Fait une courte pause pour vérifier sur le TGD qu'il a bien lu le numéro de la voie
- Continue vers le bout de la plateforme
- Voit le premier panneau 25 à 28
- Suit la direction indiquée par le panneau
- Entend le premier son de la signalétique a1
- Prend le 1er tapis roulant
- Entend le deuxième sons c&t1
- Arrive à la fin du premier tapis
- Regarde les panneaux 25 à 28
- Entend le son a2
- Prend le 2e tapis roulant
- N'entend pas très bien le son c&t2 (il se déclenche un peu tôt)
- Arrive à la fin du 2e tapis
- Voit le panneau 25 à 28, suit la direction indiquée
- Voit l'entrée de la gare au loin
- Entend le son a3
- Prend le 3e tapis roulant
- Entend le son c&t3
- Arrive à la fin du 3e tapis roulant
- Entend le son a4
- Entre dans le hall Vaugirard
- Prend l'escalator
- Entend le dernier son c&t4
- Arrive au niveau principal et se dirige vers les quais
- Arrive sur le quai 28 à 19h23, 15 mn avant le départ

E.1.6 Le trajet de DP

- Début du trajet à 10h15, soit 15 minutes avant le départ du train
- Voit le panneau Grandes Lignes
- Prend le premier escalator
- Voit le panneau Grandes Lignes
- Prend le deuxième escalator
- Arrive sur le niveau principal
- Se dirige vers le TGD
- Regarde attentivement et attend que le tableau ait fini d'afficher
- Lit les infos sur el train pour Granville : voie 28 et 10h30
- Ecoute l'annonce
- Continue tout droit
- Arrive sur la plateforme transversale

- Sort son ticket de carte orange de son sac
- S’apprête à prendre les tourniquets de la zone banlieues
- Est interrompue par l’expérimentateur qui lui indique qu’il faut aller à droite, et lui rappelle que c’est voie 28
- Se dirige dans la direction indiquée
- S’approche des voies pour regarder les numéros
- Revient en arrière pour regarder le numéro de la voie précédente
- Est interrompue par l’expérimentateur qui lui rappelle que c’est voie 28
- Continue dans le sens des numéros croissants
- Arrive au bout de la plateforme
- Voit le panneau 25 à 28
- Suit la direction avec hésitations
- Voit le panneau 25 à 28
- Entend le premier son a1
- Prend le 1er tapis roulant
- Entend le deuxième son c&t1
- Arrive à la fin du 1er tapis
- Ne trouve pas les panneau 25 à 28 tout de suite
- Entend le son a2 une première fois
- Continue tout droit
- Voit le panneau 25 à 28
- Entend le son a2 une deuxième fois
- Ne prend pas le 2e tapis (il est en panne)
- Continue tout droit
- Entend le son c&t2
- Arrive au bout du 2e tapis
- Voit le panneau 25 à 28
- Est un peu perturbée car ne comprend pas où est la voie 28
- Continue tout droit
- Entend le son a3
- Hésite à prendre le 3e tapis mais ne le prend pas
- Entend le son c&t3
- Arrive devant le hall Vaugirard et ne comprend pas pourquoi il faudrait entrer dans un hall
- Entend le son a4
- Lit un papier collé sur la porte vitrée pour essayer de trouver un information
- Entre dans le hall
- Lit le panneau à l’entrer pour se repérer
- Prend l’escalator
- Entend le son c&t4
- Arrive en haut
- Se dirige vers la gauche pour trouver les quais et comprend que ce n’est pas par là
- Repart dans la bonne direction
- Arrive sur le quai 28 à 10h25, 5 minutes avant le départ

E.1.7 Le trajet de SL

- Départ à 10h15, soit 15 minutes avant le départ du train
- Suit la direction indiquée par les panneaux Grandes Lignes

- Prend le 1er escalator
- Prend le 2e escalator machinalement
- Arrive sur le niveau principal
- Se dirige vers le TGD
- Lit les informations relatives à son train
- Remarque l'indication Gare Vaugirard qui est nouvelle
- Suit le panneau Accès aux trains
- Arrive sur la plateforme transversale
- Cherche les numéros de voies et remarque le panneau 25 à 28 tout au bout de la plateforme
- Se dirige vers ce panneau
- Voit le panneau 25 à 28 au dessus du 1er tapis
- Entend le premier son a1
- Prend le 1er tapis roulant
- Arrive à la fin du premier tapis
- Voit les panneaux
- Entend le son d'appel a2
- Prend le 2e tapis
- Entend le son c&t2
- Continue après le tapis, voit le panneau 25 à 28 Vaugirard
- Entend le son a3 et remarque le haut-parleur
- Prend le 3e tapis
- Entend le son c&t3
- Arrive à la fin du 3e tapis
- Entend le son a4
- Entre dans Vaugirard
- Prend l'escalator
- Entend le son c&t4
- Arrive au niveau principal et se dirige vers les quais
- Arrive sur le quai 26 à 10h22, 8 mn avant le départ

E.1.8 Le trajet de JM

- Début du trajet à 16h20, soit 15 minutes avant le départ du train
- Se dirige vers les escaliers mécaniques (se souvient de cette partie de la gare)
- En haut du premier escalator, commence à chercher les horaires mais ne trouve pas
- Prend le deuxième escalator
- Arrive au niveau principal
- Cherche le tableau des départs (TGD)
- Trouve les informations sur son train : Granville, le quai et l'heure
- Suit la direction du panneau Accès aux trains
- Arrive sur la plateforme transversale, regarde les numéros des quais
- Se dirige vers la droite, vers les numéros croissants
- Voit le premier panneau 25 à 28
- N'entend pas le premier son a1 (arrivée d'un train sur la voie 24 au même moment)
- Prend le premier tapis roulant
- Entend le son c&t1
- Arrive à la fin du 1er tapis
- Cherche les panneaux

- Entend le son a2 et voit le haut-parleur
- Prend le 2e tapis
- À la fin du 2e tapis, voit le panneau 25 à 28
- Suit la direction
- Entend le son a3
- Prend le 3e tapis
- Entend le son c&t3
- Arrive devant le hall Vaugirard
- Entend le son a4
- Entre dans le hall
- Prend l'escalator
- Entend le son c&t4
- Se dirige vers les quais
- Arrive sur le quai 27 à 16h27, 8 mn avant le départ du train

E.1.9 Le trajet de DS

- Début du trajet à 10h15, soit 15 minutes avant le départ du train
- Suit les panneaux grandes Lignes
- Prend les deux escalators
- Arrive au niveau principal
- Vérifie le billet
- Regarde le panneau des départs
- Trouve les informations concernant le train pour Granville : heure, quai 28
- Continue tout droit pour accéder aux voies (souvenir)
- Regarde les numéros de voies
- Se dirige vers les numéros croissants
- Voit le premier panneau 25 à 28
- Fait un petit croché pour regarder une affiche
- Suit la direction indiquée
- Voit le panneau 25 à 28 au-dessus du tapis roulant
- Entend le premier son a1
- Prend le 1er tapis roulant
- Entend le son c&t1
- Arrive à la fin du premier tapis
- Voit les panneaux 25 à 28
- Entend le son a2
- Prend le 2e tapis roulant
- Entend le son c&t2
- Suit le panneau 25 à 28
- Entend le son a3 une première fois au loin
- Entend le son a3 une deuxième plus près
- Prend le 3 tapis roulant
- Entend le son c&t3
- Après le tapis, voit le panneau Montparnasse 3
- Entend le son a4
- Entre dans Vaugirard
- Prend l'escalator
- Entend le son c&t4

- Se dirige vers les voies
- Arrive sur le quai 28 à 10h22, 8 mn avant le départ

E.1.10 Le trajet de TF

- Début du trajet à 16h10, soit 25 minutes avant le départ du train
- Prend les escalators direction Grandes Lignes
- Arrive au niveau principal
- Regarde le tableau des départs
- Trouve les informations sur son train : voie et horaire
- Arrive sur la plateforme transversale
- Se dirige vers les numéros croissants
- Voit le panneau 25 à 28
- Suit la direction
- Entend le son a1
- Prend le 1er tapis roulant
- Entend le son c&t1
- Arrive à la fin du premier tapis roulant
- Entend le son a2 une première fois
- Voit les panneaux 25 à 28
- Entend le son a2 une deuxième fois
- Prend le 2e tapis roulant
- Entend le son c&t2n (partiellement masqué par une annonce)
- Continue après le 2e tapis en direction du panneau 25 à 28
- Entend le son a3 une première fois
- Entend le son a3 une deuxième fois
- Entend le son a3 une troisième fois
- Prend le 3e tapis roulant
- Entend le son c&t3
- Sort du tapis
- Entend le son a4
- Entre dans Vaugirard
- Prend l'escalator
- Entend le son c&t4
- Se dirige vers les quais
- Arrive à la voie 28 à 16h18, 17 mn avant le départ du train