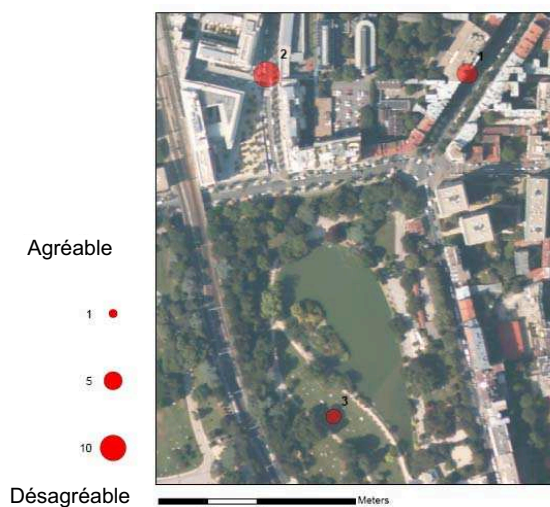
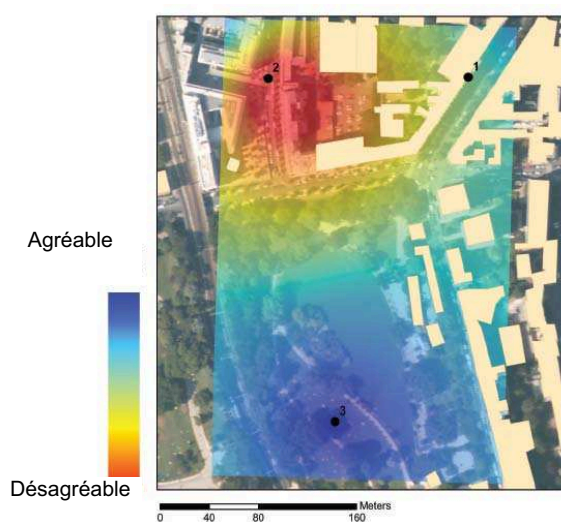


Recherche Financée par le Ministère de
l'Écologie et du Développement Durable.
APR Bruit et Nuisances Sonores 2003.

EVALUATION DE LA QUALITE DES AMBIANCES SONORES URBAINES :
REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE ADAPTEE A LA COMMUNICATION
AVEC LES RIVERAINS, A PARTIR D'UNE APPROCHE PERCEPTIVE
ET AU TRAVERS D'INDICATEURS PERTINENTS.



Coordinateur du projet : BORIS DEFREVILLE - LASA

Responsables Scientifiques : CATHERINE LAVANDIER - LMRTE – BORIS DEFREVILLE - LASA

En collaboration avec

Pierre ROY,
François PACHET,

SONY CSL Paris

Jérôme
MONCEAUX,
David MARTIN

ARKAMYS

Yann FRANCOISE,
Philippe MERCIER,
Pierre PHILIPPE

MAIRIE de PARIS

Philippe
GUIGNOUARD
Julien RICORDEAU
Arnaud CAN,
Christophe ROSIN,
LASA

EVALUATION DE LA QUALITE DES AMBIANCES SONORES URBAINES :
REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE ADAPTEE A LA COMMUNICATION
AVEC LES RIVERAINS, A PARTIR D'UNE APPROCHE PERCEPTIVE ET AU
TRAVERS D'INDICATEURS PERTINENTS.

Rapport Final

Octobre 2006

Boris DEFREVILLE, Catherine LAVANDIER

LASA –
236 bis rue de Tolbiac –
75013 PARIS

Université de Cergy Pontoise –
IUT Dépt. Génie Civil –
Laboratoire Réseaux Mobilités
Territoires et Environnements –
Rue d'Eragny – Neuville sur Oise –
95031 Cergy Pontoise

Résumé Court

Le programme de cette recherche porte sur l'étude de la perception sonore des résidents dans un site urbain, considéré comme lieu de vie.

Cette étude permet de mieux modéliser et représenter les réactions de gêne sonore en ville, en particulier la perception des sources sonores qui vont générer cette insatisfaction.

Tout d'abord, une recherche d'indicateurs de qualité sonore adaptés au type de source mesurée est menée de manière à ne plus se limiter à la mesure d'indices purement énergétiques, mais à intégrer la perception de « l'objet bruit » identifié par le riverain. Ces nouveaux indicateurs permettent de mieux traduire les données sensibles des résidents et d'être ainsi plus proche de leur vécu. Un outil de calcul automatique de l'indicateur est ensuite développé sous forme de logiciel de mesure. Cet outil de monitoring permet d'identifier les sources sonores responsables du désagrément à partir du signal audio mesuré.

Au final, 3 points de mesures sont installés dans le quartier Montsouris à Paris. Le rapatriement des mesures permet de visualiser le calcul des nouveaux indicateurs dans une cartographie sonore animée à l'échelle de vie des résidents et directement applicable vis-à-vis de la directive européenne 2002/49/CE en vue de communiquer avec le public.

Résumé en Anglais

The European Directive 2002/49/CE proposes the L_{den} and/or the L_{night} criteria to assess noise impact on populations. These indicators are based on an average of the noise levels over long periods. When an infrastructure is not subjected to an important and regular flow of vehicles but rather with specific events that emerge from the background noise, the major influence on inhabitant's feelings is the nature of the sound sources identified. Moreover, although mechanical sounds are perceived negatively, some urban locations are perceived as pleasant (for instance a park or a market) due to the presence of birds or voices. The goal of this project is to create a general system that provides an efficient representation of the acoustic environment i.e. in respect to what citizens perceive and describe. Monitoring systems located in strategic areas compute in real time a noise disturbance indicator which is based on the identification of six categories of sound sources. Strategic time-evolutionary mappings are produced on GIS presenting different coats such as sound sources identification and the indicator that renders the positive or negative appreciation of the soundscape quality. An experiment is conducted in a Parisian neighbourhood.

Résumé Long

Le bruit urbain est aujourd'hui un problème de société. Si la dimension sonore urbaine préoccupe les gestionnaires de la ville depuis plusieurs années afin, notamment, d'améliorer la qualité de vie dans les villes, les seuls outils sonores disponibles sont des cartes statiques de bruit représentatives de données quantitatives telles que les niveaux sonores issus de la circulation des véhicules.

Or, il est maintenant démontré que les cartes ne sont que partiellement utilisables car elles ne permettent pas toujours de proposer un outil de diagnostic correctement représentatif de situations données. En effet, elles ne permettent pas d'identifier la cause du bruit responsable de la nuisance sonore. Ainsi, il existe une demande d'un système qui :

- 1) aide les décideurs dans la gestion de l'aménagement urbain par une prise en compte des événements sonores occurrents et,
- 2) représente un outil de communication et d'information en direction des usagers de la ville.

Demandez à un passant de vous décrire son environnement sonore, il vous parlera des sources qu'il entend (des cyclomoteurs, des motos... mais aussi des voix de passants ou des chants d'oiseaux) ainsi que des moments de la journée où sont perçus ces événements sonores (le camion de livraison le matin, les motos le soir, les voix du marché le week-end, les cyclomoteurs la nuit...).

Le projet se décompose en trois parties. Tout d'abord, il établit un indicateur de qualité sonore représentatif d'ambiances de quartier et prend en compte l'identité des sources de bruit. Cet indicateur est une régression linéaire dont les variables sont le niveau sonore (Niveau L_{Aeq} en dB(A)) et le pourcentage de temps d'apparition de 6 catégories de sources (voitures, cyclomoteurs, motos, bus, voix et oiseaux). Les valeurs des coefficients de la régression sont spécifiques au type de paysage sonore perçu (rue circulée, marché, parc). Cet indicateur varie de 1 (« très agréable ») à 10 (« très désagréable ») et se calcule pour des séquences de 1 minute. Cet indicateur, complémentaire de l'indicateur L_{den} préconisé par la directive européenne 2002/24/CE, a été établi à partir de tests psychoacoustiques, tant en laboratoire qu'in-situ, sur un panel de plus de 80 personnes.

Ensuite, le projet consiste à développer un logiciel permettant le calcul automatique de cet indicateur à partir d'un signal audio numérisé. Ce logiciel réalise en particulier l'identification automatique des sources de bruits responsables des nuisances sonores. Les algorithmes de détection automatique des sources sonores sont basés sur l'utilisation d'un système innovant utilisant l'intelligence artificielle. Une caractérisation spectrale des types de sources est effectuée grâce à l'utilisation de fonctions regroupant de très nombreux opérateurs de traitement du signal. Ces fonctions sont ensuite insérées dans un modèle de classification et entraînées sur un large

corpus de sons d'apprentissage, fournissant au final un extracteur par type de source à identifier. Une représentation temporelle des données dématérialisée est ensuite rendue disponible sur une page Web.

Enfin, le projet se concrétise par la réalisation d'un outil de communication à travers la production de cartographie des données (indicateur de qualité sonore, événements sonores superposés à des données géographiques). Trois points de mesures sont installés dans le quartier Montsouris à Paris permettant de fournir des données qui sont intégrées dans le Système d'Information Géographique (SIG) ArcView. Deux types de représentation spatiale sont disponibles. La première permet de visualiser les données à chaque point de mesure par des cercles concentriques. La seconde réalise une extrapolation des mesures par méthode de krigeage. L'affichage des données de la cartographie évolue au fur et à mesure de l'avancement des mesures sur le terrain.

L'outil développé dans le cadre du projet est un prototype permettant d'offrir à la population urbaine ainsi qu'aux acteurs compétents, tant pour l'établissement de cartes de bruits que pour la mise en place des plans de prévention, un outil de diagnostique axé plus particulièrement sur les ambiances sonores de quartiers.

A terme, cet outil a également vocation à être utilisé pour croiser des données perceptives en termes de qualité sonore à des données sociales, étape indispensable dans le but de caractériser la gêne sonore globale et établir des plans d'action dans le but de réduire les nuisances sonores.

TABLE DES MATIERES

PREAMBULE	11
I. OBJECTIFS ET RESULTATS ATTENDUS.....	12
II. PROBLEMATIQUE.....	14
DESCRIPTION DES TRAVAUX	17
ETUDE PERCEPTIVE – ÉTABLISSEMENT D’UN INDICATEUR DE DESAGREMENT SONORE	19
I. INTRODUCTION.....	20
II. ETAT DE L'ART	22
2.1. Mesure du désagrément sonore.....	22
2.2. Perception du son en milieu urbain	23
2.3. Nouveau protocole expérimental.....	25
III. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	26
3.1. Présentation du test.....	26
3.1.1. Répartition des sujets.....	26
3.1.2. Présentation du parcours	28
3.1.3. Présenation du questionnaire	29
3.1.4. Recueil des données physiques	30
3.2. Recueil des données perceptives	30
3.2.1. Normalisation.....	30
3.2.2. Cohérence des réponses : cas général.....	31
3.2.3. Cohérence des réponses : cas particulier de l'agrément global	33
3.2.4. Compilation des réponses.....	34
3.3. Synthèse.....	36
IV. CARACTERISATION PERCEPTIVE DE L'AGREMENT SONORE, SEQUENCE PAR SEQUENCE...36	
4.1. Première étude : analyse de variance.....	36
4.2. Deuxième étude : étude des corrélations entre les adjectifs	39
4.3. Construction des modèles subjectifs.....	42
4.3.1. Procédure.....	43
4.3.2. Corrélation entre les variables et le caractère agréable des séquences	44
4.3.3. Test des "étendues multiples".....	44
4.4. Modèles subjectifs proposés	45
4.4.1. Modèles ajustés sur les ambiances.....	45
4.4.2. Modèles ajustés sur l'ensemble des séquences.....	47
4.5. Synthèse.....	49

V.	CARACTERISATION OBJECTIVE DE L'AGREMENT SONORE, SEQUENCE PAR SEQUENCE.....	50
5.1.	Sélection des grandeurs physiques pertinentes.....	50
5.2.	Modèles objectifs proposés.....	54
5.3.	Synthèse.....	56
VI.	EVALUATION A MOYEN TERME DE L'AMBIANCE SONORE.....	57
6.1.	Première étude : analyse de variance.....	57
6.2.	Deuxième étude : étude des centiles.....	58
6.3.	Synthèse.....	60
VII.	CONCLUSION.....	61

RECHERCHE DE DESCRIPTEURS PHYSIQUES DES SONS DE L'ENVIRONNEMENT

POUR LA RECONNAISSANCE AUTOMATIQUE DES SOURCES..... 65

I.	INTRODUCTION.....	66
II.	INTRODUCTION SUR L'IDENTIFICATION DES SOURCES OU EVENEMENTS SONORES.....	68
2.1.	Théorie.....	68
2.1.1.	Les étapes de l'identification.....	68
2.1.2.	Les facteurs cognitifs.....	70
2.1.3.	La classification des sons.....	72
2.2.	Applications aux sons de l'environnement urbain.....	74
2.2.1.	Des méthodes aux applications.....	74
2.2.2.	La classification supervisée.....	75
III.	IDENTIFICATION AUTOMATIQUE DES SOURCES PAR UTILISATION D'OPERATEURS DE TRAITEMENT DU SIGNAL.....	76
3.1.	Description d'EDS.....	77
3.2.	Mode opératoire.....	77
3.2.1.	Constitution d'une base de données.....	77
3.2.2.	Recherche de fonctions.....	78
3.2.3.	Assemblage des opérateurs.....	78
3.2.4.	Pertinence d'une fonction.....	80
3.2.5.	Création d'un modèle par association de fonctions.....	80
3.3.	Constitution d'une base de données.....	83
3.3.1.	Métrologie et mesure du signal, constitution des bases de données.....	83
3.3.2.	Détermination de la durée des séquences.....	83
3.3.3.	Normalisation des séquences.....	84
3.4.	Classification véhicules / non véhicules.....	85
3.4.1.	Pourquoi cette distinction ?.....	85
3.4.2.	Méthode.....	85
3.4.3.	Résultats.....	86
3.4.4.	Conséquences pour la suite des recherches.....	90
3.5.	Classification cyclomoteurs / autres véhicules.....	90
3.5.1.	Base de données cyclomoteurs/véhicules.....	90
3.5.2.	Fonctions.....	91
3.5.3.	Modèles.....	93
3.5.4.	Optimisation d'un modèle.....	94
3.5.5.	Vérification du modèle sur des séquences tests.....	95

3.6.	Bus	97
3.6.1.	Base de données.....	97
3.6.2.	Fonctions	97
	a) Base de départ B1.....	97
	b) Base B2	97
	c) Base B3.....	99
	d) Base B4.....	99
3.6.3.	Modèle	99
3.6.4.	Modèle d'arbre décisionnel logique	101
3.7.	Autres sources	102
3.7.1.	Automobiles	102
3.7.2.	Motos	104
3.7.3.	Oiseaux	105
3.8.	Ebauche d'un organigramme des détections	107
IV.	CONCLUSION SUR LES IDENTIFICATIONS AUTOMATIQUES	109
V.	INTEGRATION DES DESCRIPTEURS DANS UNE PLATEFORME AUDIO.....	110
5.1.	Mesures et identification des sources sonores.....	111
5.2.	Représentation Temporelle des données	113
	REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DES DONNEES.....	115
I.	INTRODUCTION.....	116
1.1.	Les cartes de bruit existantes.....	116
1.2.	Intégration des données du projet dans le SIG.....	118
II.	PROGRAMMATION DE LA CARTOGRAPHIE DU DESAGREMENT SONORE	119
2.1.	Présentation	119
2.2.	Description de la base de données et intégration sous ArcView.....	119
2.2.1	La base de données	119
2.2.2.	Utilisations des données sous ArcView.....	121
2.3.	Description de la chaîne de traitement	123
2.4.	Visualisation et archivage.....	124
2.4.1.	Représentation cartographique	124
2.5.	Gestion des archives.....	127
2.6.	Description de la chaîne de traitement	127
2.7.	Modélisation et prévision	128
2.8.	Description des tables nécessaires ou créées	128
2.8.1.	Les tables pour le traitement	128
2.8.2.	Les tables pour l'archivage	130
2.8.3.	Les tables pour la modélisation	130
III.	CONCLUSIONS	131
3.1.	Etat final.....	131
3.2.	Evolutions possibles.....	132

CONCLUSION GENERALE	133
I. CONCLUSION	134
II. PERSPECTIVES	136
BIBLIOGRAPHIES	137
I. PUBLICATIONS ECRITES PROPRES AU PROJET	134
II. BIBLIOGRAPHIE.....	136
ANNEXES	159
ANNEXE 1 Consignes du test in situ	136
ANNEXE 2 Répartition des réponses pour l'agrément global	136
ANNEXE 3 Compilation des réponses.....	136
ANNEXE 4 Corrélations entre les variables subjectives et le caractère agréable des séquences	166
ANNEXE 5 Test des étendues multiples.....	136
ANNEXE 6 Evaluation globale de chaque variable en fonction de l'évaluation par séquence.....	136
ANNEXE 7 Présentation de la méthode de rapatriement des données.....	136
ANNEXE 8 Présentation des outils utilisés.....	136
ANNEXE 9 Mise en place du lien ODBC.....	136
ANNEXE 10 Ajout d'un type de bruit	136
ANNEXE 11 Ajout d'une borne	136
ANNEXE 12 Erreurs possibles lors du déroulement des programmes	136

PREAMBULE

I. OBJECTIFS ET RESULTATS ATTENDUS

Le projet présente trois objectifs. Il se propose tout d'abord d'établir un indicateur de qualité sonore représentatif d'ambiances de quartier et prenant en compte l'identité des sources de bruit. Cet indicateur est complémentaire de l'indicateur L_{den} préconisé par la directive européenne 2002/24/CE. Cet indicateur a vocation à être convenablement compris et interprété par les usagers de la ville car proche de leur ressenti.

D'autre part, ce projet propose le développement d'un logiciel permettant le calcul automatique de cet indicateur à partir d'une mesure audio. Ce logiciel réalise en particulier l'identification automatique des sources de bruits responsables des nuisances sonores.

Enfin, le projet se concrétise par la réalisation d'un outil de communication à travers la mise en cartographie des données (indicateur, événements sonores superposés à des données géographiques). Celles-ci ont pour but de caractériser la qualité d'un environnement sonore urbain de quartier de manière dynamique.

Le produit développé dans le cadre du projet est un prototype permettant d'offrir aux acteurs compétents, tant pour l'établissement de cartes de bruits que pour la mise en place des plans de préventions, un outil de diagnostic axé plus particulièrement sur les ambiances sonores de quartiers.

A terme, cet outil a également vocation à être utilisé pour croiser des données perceptives en termes de qualité sonore à des données sociales, étape indispensable dans le but de caractériser la gêne sonore globale et d'établir des plans d'action dans le but de réduire les nuisances sonores.

Le synopsis du projet, décomposé en une partie recherche et une autre partie technique, est présenté aux figures 1 et 2.

Indicateur de Désagrément Sonore (DS)

$$DS = \alpha_0 \cdot \text{Niveau} + \sum_{i=1}^6 \alpha_i \cdot \%T_i$$

α_0, α_i : coefficient multiplicateur
 i : type de source sonore
(voiture, cyclomoteur, etc.)
 $\%T_i$: pourcentage de temps
d'apparition de la source i

figure 1: Partie Recherche perceptive du projet

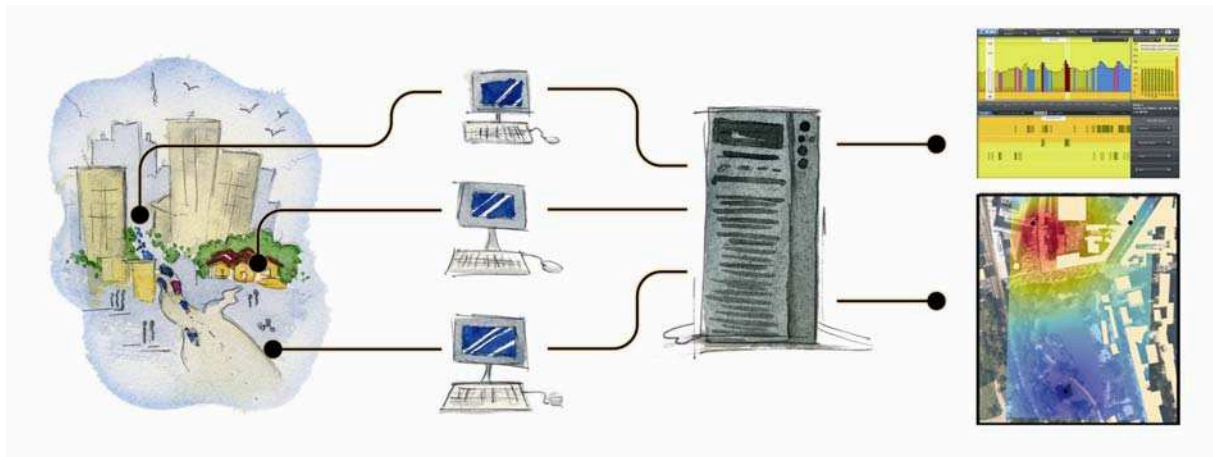


figure 2: Partie technique du projet

①

②

③

④

⑤

⑥

1. Environnement sonore urbain
2. Systèmes de monitoring installés dans cet environnement. Mesures effectuées : L_{Aeq} , Bandes d'Octaves, identification des sources sonores (voitures, bus, cyclomoteurs, motos, etc.)
3. Transmission des données (IP) sur un serveur
4. Conditionnement des données (bases de données, calcul du désagrément sonore, etc)
5. Transmission des données (IP) sur un poste client
6. Représentations temporelle et spatiale (cartographies) des données sur site Web et dans le Système d'Information Géographique (SIG) ArcView.

II. PROBLEMATIQUE

La directive propose les indices L_{den} et L_{night} pour évaluer le bruit dans l'environnement. Ces indices énergétiques (qui sont les moyennes des niveaux avec des pondérations suivant les périodes de soirée et de nuit) caractérisent le bruit des grandes infrastructures de transport où le niveau est relativement élevé (L_p supérieur à 60 dB(A) en moyenne sur une journée) et peu sujet aux variations. Dans ce cas, la notion de gêne à long terme est assez bien décrite par un indice basé sur le caractère bruyant des agglomérations ou des grands axes routiers et prenant en compte la sensibilité des personnes pendant les différentes périodes de la journée. De plus, les indices énergétiques considérés sont mesurables assez facilement à l'aide d'un sonomètre intégrateur et leur prédiction est également modélisable de façon satisfaisante par des logiciels. Pour ces situations, la réduction des nuisances sonores passe par la localisation des points critiques et par la diminution des niveaux sonores.

A l'échelle d'un quartier, plus proche de l'échelle d'usage de la ville par les riverains, beaucoup de rues ne sont pas soumises aux grands flux de circulations. De ce fait les niveaux moyens journaliers y sont acceptables. Par contre, ce qui caractérise ces espaces urbains, ce sont les événements sonores qui s'y produisent et qui leur donnent une « couleur ». Dans un travail de thèse, Valérie Maffiolo a demandé à des riverains de répondre librement à la question « qu'est-ce que le Paris sonore pour vous ? ». Leurs réponses étaient centrées autour des lieux, des activités et des sources qui caractérisent ces lieux. De cette manière, V. Maffiolo a mis en évidence « l'influence de la signification des sources sur le jugement agréable/désagréable des ambiances sonores urbaines » [MAFFIOLO-99]. Dès lors, la caractérisation objective de l'environnement sonore par un niveau moyen sur une période journalière risque d'être limitée pour traduire le ressenti des riverains. Pour illustrer ce propos, nous pouvons citer une recherche sur les « zones 30 » [ROZEC-99], récemment aménagées dans nos villes dans le but d'améliorer le confort sonore de ces désormais « quartiers tranquilles ». Il apparaît qu'en général, dans ces espaces, le niveau sonore moyen journalier ne diminue pas, bien que l'ambiance soit ressentie comme plus agréable. En effet, bien que le bruit routier soit désormais marginal dans ces quartiers, il l'est au profit de bruits d'activités humaines, qui deviennent prépondérantes, démontrant ainsi que la mesure énergétique n'est pas toujours la plus adaptée pour interpréter le ressenti des riverains.

Il semble donc que, pour évaluer le confort sonore du quartier, c'est sur la composition de l'ambiance sonore que les gens se basent. Dans cette voie, des études ont montré que l'évaluation des ambiances sonores est sous la dépendance non seulement des individus et des contextes d'écoutes [VIOLLON-99, DUBOIS-98], donnant signification et identité aux lieux, mais aussi des activités, des pratiques et des usages dans lesquels ils sont impliqués [MZALI-00]. L'identification de la source ou des sources comme « objet bruit » est ainsi primordiale dans l'évaluation de la

qualité d'une ambiance sonore [LAVANDIER et al -03] car elle lui donne un sens. Par conséquent, la caractérisation d'une ambiance sonore de quartier passe par la mesure de nouveaux indicateurs acoustiques fondés sur l'évaluation subjective des différents bruits. Notons enfin que l'établissement d'un tel indicateur n'est pas incompatible avec les termes de la directive (annexe I de la directive).

La première partie de notre travail s'attache à établir un indicateur de la qualité sonore qui prend en compte la composition de l'environnement.

Pour l'instant, l'acousticien dispose, pour répondre à la réglementation, d'un outil de diagnostic : le sonomètre. Celui-ci mesure le niveau de pression acoustique pondéré $A L_{Aeq}$. La mesure se limite donc la plupart du temps à un niveau énergétique pondéré par la réponse fréquentielle de l'oreille à 40 phons. L'information relative à la composition de l'environnement sonore n'est pas traduite par cette mesure. S'il réalise en complément une mesure du signal audio, l'acousticien peut ensuite allouer aux sources entendues leur niveau sonore correspondant. Néanmoins, cette tâche est fastidieuse car elle nécessite, en plus de l'enregistrement du signal audio, sa réécoute et le codage des sources sur la courbe du L_{Aeq} . Ainsi, sans instrument capable de « reconnaître » la composition d'un environnement, il est évident que l'acousticien aura des difficultés à qualifier une ambiance sonore autrement que par son niveau.

La deuxième partie s'attache à mettre au point un logiciel de mesure de l'indicateur.

Cet indicateur a deux vocations principales qui représentent à terme des besoins concrets de notre société actuelle : être utilisé par les intervenants du milieu urbain et être intégré dans des cartographies mises à la disposition du public. Les cartographies permettent non seulement d'anticiper un environnement sonore, qu'il soit calme ou bruyant, mais représentent également un outil de communication utile aux pouvoirs publics ainsi qu'aux collectivités. Bien que les plans d'actions prévus par la directive doivent être avant tout conçus afin de « prévenir et de réduire, si nécessaire, le bruit dans l'environnement et de protéger les zones calmes contre l'augmentation du bruit » [DELCAMPE-02], tôt ou tard il faudra définir aux zones autres que bruyantes des critères afférents plus précis que le niveau de bruit reçu : type de sources, influences de la morphologie urbaine sur les émissions (ronds-points, feux rouges...), prise en compte de l'évolution temporelle des situations sonores. L'implication du public, informé à travers les cartographies, est également prévue tant dans la proposition que dans l'élaboration des plans d'actions. Un manque de représentativité de leur environnement proche se traduit par un risque de limitation de leur champ d'action.

La troisième et dernière partie s'attache à réaliser un exemple d'une cartographie dynamique de la qualité sonore d'un quartier pouvant être, à termes, accessible en ligne.

DESCRIPTION DES TRAVAUX

ETUDE PERCEPTIVE – ETABLISSEMENT D’UN INDICATEUR DE DESAGREMENT SONORE

I. INTRODUCTION

Dans le cadre de la directive européenne 2002/49/CE, visant notamment à établir une cartographie du bruit dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants¹, il est préconisé d'utiliser, pour traduire l'impact sonore des diverses sources de bruit urbain, l'indicateur L_{den} associé à l'indicateur L_{night} . Le L_{den} , ou niveau jour-soir-nuit, est un niveau prenant en compte le fait que le bruit représente une nuisance croissante selon qu'il se produit respectivement le jour, le soir ou la nuit. On l'obtient de la manière suivante :

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

Pour le bruit de circulation routière, l'indicateur L_{den} est estimé à partir de modèles de flux de circulation régulier, sur une période de 24h, lors d'une journée moyenne représentative d'une année.

Si ce type d'indicateur est bien corrélé à la gêne sonore pour les voies de type boulevard, il ne suffit pas pour caractériser la « couleur » d'autres lieux urbains plus reculés des grandes voies de circulation [Raimbault-2002]. Or, la directive européenne donne la possibilité aux collectivités locales de produire des cartes avec d'autres indicateurs pour des sources particulières.

L'objectif de la recherche de nouveaux indicateurs est d'intégrer la perception de l'« objet bruit » identifié par le riverain. On utilise pour cela le fait que les sujets écoutent en premier lieu des événements sonores plutôt que des paramètres physiques, et font une distinction nette entre les séquences événementielles, c'est-à-dire comprenant des événements sonores discriminables, et les séquences amorphes, c'est-à-dire ne comprenant aucun événement sonore distinct [Maffiolo-1999]. En partant de cette distinction, B. Defreville a proposé deux modèles de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain : un subjectif et un objectif [Defreville-2005]. Les modèles, construits sur la base de tests effectués en laboratoire à partir de séquences de 15 secondes, montrent l'amélioration de l'évaluation du désagrément sonore lorsqu'on intègre l'«objet bruit » dans les modèles, c'est-à-dire lorsqu'on prend en compte les dimensions perceptives des sources sonores (les dimensions perceptives retenues pour chaque source sont la prégnance, la présence, et la proximité).

¹ l'article 7 de la directive 2002/49/CE du 25 juin 2002 impose aux états membres d'établir des cartes de bruits stratégiques pour toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants d'ici le 30 juin 2007 ; une mesure identique est à l'étude pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

L'objectif du travail présent est de confronter ces résultats à des tests in situ, de durée plus longue (environ 45 minutes), le but étant de placer les sujets dans une situation représentative d'une scène de la vie quotidienne. La mise en place du test, l'élaboration de modèles de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain, l'étude de l'influence du parcours et l'évaluation à moyen terme du désagrément sonore sont les pistes de réflexion abordées.

La première partie sera un résumé de l'étude bibliographique réalisée en amont de ce travail. Elle explicitera notamment quelques aspects de la mesure du désagrément sonore et de la perception du son en milieu urbain. Les enjeux de notre travail seront également posés, relativement aux résultats déjà obtenus en laboratoire [Defreville-2005].

La deuxième partie présentera le protocole expérimental, et insistera sur la présentation du test ainsi que sur le traitement statistique des données, visant à confirmer leur validité.

La troisième partie portera sur l'élaboration d'un modèle perceptif de caractérisation du désagrément sonore à court terme (c'est-à-dire pour une durée d'environ 1min30s). La démarche suivie sera exposée en détails, et une réflexion sera faite sur les modèles obtenus.

La caractérisation objective de l'agrément sonore à court terme sera l'objet de la quatrième partie. Celle-ci sera composée d'une sélection des grandeurs physiques pertinentes, et d'une présentation des modèles objectifs retenus.

La cinquième partie traitera de l'évaluation globale de l'ambiance sonore (sur une durée d'environ 45min). Deux analyses statistiques, l'analyse de variance et l'étude des centiles, auront pour but respectivement de tester l'importance du type d'observation considéré sur l'évaluation de l'ambiance sonore, et de relier l'évaluation globale de l'agrément sonore à son évaluation à court terme.

La conclusion apportera une réflexion sur les résultats obtenus, et sur les suites possibles à notre travail.

II. ETAT DE L'ART

2.1. Mesure du désagrément sonore

❖ Qu'est-ce que le désagrément sonore ? : Cadre de l'étude

Notre objectif est de trouver un modèle de description du désagrément sonore. Bien que le concept de *désagrément sonore* soit proche de celui de *gêne sonore*, les deux termes n'ont pas exactement la même signification, et une distinction est faite dans la littérature.

La gêne est un concept plus large que le désagrément. La gêne contient les notions de désagrément, mais aussi de perturbation par rapport à une action ; elle reflète également une attitude évaluative par rapport au son [Guski-1997]. De nombreux facteurs individuels (âge, sensibilité au bruit, histoire personnelle...), contextuels (différences bruits choisis/bruits subis...), ou culturels (habitudes sonores des groupes ethniques...), viennent moduler la gêne [Afsse-2004]. Au contraire, le désagrément réfère à une évaluation instantanée du son.

L'objectif de notre travail est de définir un modèle de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain, c'est-à-dire de l'évaluation à court terme de la qualité sonore du son.

❖ Vers une approche qualitative

Jusqu'au milieu des années 80, les ingénieurs acousticiens étaient principalement préoccupés par la réduction des niveaux sonores, alors très élevés. Puis avec l'amélioration des techniques de production, les niveaux acoustiques ont baissé et on s'est peu à peu intéressé aux caractéristiques du son autant qu'à sa puissance. Ceci a mené à la dissociation des concepts de *quantité* de bruit et de *qualité* du bruit, et plus récemment à la notion de *qualité sonore* : « *adéquation d'un son dans le contexte d'une tâche ou d'un but technique spécifique* ». [Jekosh-1997], notion qui met en avant la relation son/individu.

L'un des recours pour accéder à la *qualité* du bruit a été l'approche psychoacoustique, prenant en compte les caractéristiques physiologiques de l'oreille humaine. Les principales grandeurs psychoacoustiques intervenant sont la sonie (intensité telle qu'elle est perçue), le timbre, la rugosité (aspect dissonant du son), l'acuité (caractère mat/brillant d'un son) et la fluctuation de sonie (variations lentes d'amplitudes des sons).

Une autre approche consiste à prendre en compte les procédés cognitifs qui interviennent dans la perception d'un son. Cette approche prend pour point de départ les activités mentales (*pensée, perception, action, volonté, mémorisation, rappel, apprentissage*) intervenant lorsque l'individu «catégorise» un stimulus acoustique. Cette catégorisation est faite sur la base d'un espace cognitif contenant des propriétés telles que : la source, la valeur hédonique, la signification de l'événement acoustique. Ces catégories cognitives sont [Dubois-2005]:

- non directement observables.
- individuelles : dans le sens où chacun a une expérience sensible différente.
- inscrites dans une culture et dans un contexte : dans le sens où la signification subjective d'un son peut varier d'une collectivité à une autre. [Namba-1994]

2.2. Perception du son en milieu urbain

❖ Qualité sonore environnementale

Il est difficile dans un environnement urbain d'isoler l'information acoustique du reste de l'information qui imprègne l'individu. L'environnement est perçu comme une ambiance où les sensations interfèrent ; on parle de *soundscape* (« paysage sonore »), ou d'*ambiance sonore*. De ce fait, la qualité sonore environnementale est intimement liée à l'ambiance sonore urbaine. En outre, la notion d'ambiance sonore n'est pas seulement reliée au son. Les représentations mentales des ambiances sonores urbaines sont dépendantes d'autres éléments comme le temps, les lieux ou les activités [Maffiolo-1999].

De plus, l'interaction entre son et environnement est à prendre en compte dans l'évaluation de la qualité sonore environnementale [Anderson-1983]. En effet, le son a un *effet constant*, indépendant du site (l'exemple pris est celui des chants d'oiseaux qui améliorent la qualité sonore quel que soit le site où ils sont entendus), mais également un *effet dépendant du site* (interaction entre le son et d'autres caractéristiques qui dépend de la convenance du son avec l'environnement).

Ainsi la qualité sonore environnementale est non seulement dépendante du son, mais également du site dans lequel il est entendu.

❖ Catégorisation des bruits en milieu urbain

L'évaluation perceptive de l'ambiance sonore fait apparaître une différence entre les grands axes et les sites moins bruyants : square, marché, aire de jeux... Ces derniers sont davantage caractérisés par les nombres de pics émergents, alors que les niveaux sonores suffisent à décrire les grands axes [Raimbault-2002].

De plus, lorsqu'on demande à des sujets de trier des sons issus d'ambiances sonores urbaines, on remarque que la classification ne s'opère pas par niveau d'intensité, mais par une distinction entre les séquences *événementielles* et les séquences dites *amorphes* (bruit de fond) [Maffiolo-1999]. On distingue à l'intérieur de ces deux grandes classes les sous classes suivantes :

- les séquences événementielles sont classées selon le type de source entendue (voiture, camion, bruit d'avertisseur, bruit de pas...)
- les séquences amorphes sont classées selon des critères d'agrément, ou des paramètres acoustiques (distribution spectrale, structure temporelle). Le bruit de fond est jugé pour lui-même (par exemple on apprécie la qualité humaine d'un bruit de fond).

❖ Modèle de caractérisation du désagrément sonore [Defreville-2005]

En partant de la distinction entre séquences événementielles et séquences amorphes, B. Defreville a proposé deux modèles de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain de type « rue moyennement circulée » : un subjectif et un objectif [Defreville-2005]. Les modèles ont été construits sur la base de tests effectués en laboratoire à partir d'échantillons sonores urbains de 15 secondes.

Les résultats montrent que la sonie moyenne (calculée selon le modèle de Zwicker) est un facteur qui explique à lui seul 90% de la variabilité des réponses des sujets. Néanmoins, l'évaluation du désagrément sonore est améliorée lorsque l'«objet bruit» est intégré dans le modèle, c'est-à-dire lorsque les dimensions perceptives des sources sonores sont prises en compte (les dimensions perceptives retenues sont la prégnance, la présence, et la proximité, selon le modèle de perception de Woloszyn P. et Siret D. [Woloszyn-1998]). Les sources sonores, qui apparaissent dans les modèles de régressions linéaires multiples sous forme de variables, sont celles qui ont retenu l'attention des auditeurs ; elles sont caractéristiques des séquences présentées. Les bus, les mobylettes, et les voix d'enfants sont les sources sonores qui se démarquent, et améliorent de 5% les performances du modèle.

2.3. Nouveau protocole expérimental

D'où l'idée d'approfondir cette recherche en partant d'autres tests, réalisés *in situ*. Ces tests, de *durée plus longue*, doivent mettre en évidence d'autres aspects de l'évaluation de la qualité sonore environnementale, pour affiner le modèle proposé à partir de tests en laboratoire. Ce travail doit aboutir à un modèle de caractérisation du désagrément sonore à court terme (on entend par « *court terme* » une durée d'environ 90 s). L'autre objectif de l'étude est de décrire l'influence que peut avoir le parcours sur le désagrément sonore : assimilation du son à moyen terme (on entend par « *moyen terme* » une durée d'environ 45 min), ordre des ambiances traversées, importance des zones de transition.

❖ Un nouveau point de départ : des tests in situ

La démarche la plus courante lorsque l'on veut évaluer la qualité sonore est d'effectuer des tests en laboratoires. Bien que cette méthode possède ses avantages (reproductibilité du test, conditions identiques pour tous les sujets, comparaison directe de différents sons...), elle a le défaut de placer les sujets dans une situation artificielle. A l'inverse, les tests *in situ* sont une situation représentative d'une scène de la vie quotidienne [Bodden-2000].

En effet, le postulat des tests en laboratoire est que tous les facteurs pouvant biaiser la notation (cognition, action, émotion) sont réduits au minimum, ou du moins peuvent être contrôlés. Or, il est difficile de concevoir que des auditeurs puissent évaluer le côté agréable d'un son en ne prenant en compte aucun critère esthétique (c'est-à-dire des critères qui dépendent de la cognition et de l'émotion) [Jekosh-1997]. En supposant que ce soit le cas, on reste alors tout de même éloigné des conditions naturelles d'écoute d'un son, qui elles font intervenir ces facteurs ; d'où notre choix de partir de tests *in situ*. Ce choix présente tout de même certaines contraintes auxquelles il n'est pas possible de s'abstraire, tels que l'unicité du test ou le risque de modification de l'ambiance testée par l'intervention des sujets.

❖ Influence probable sur les résultats

L'ambiance urbaine sollicite tous les sens, ainsi on ne peut pas considérer l'ambiance sonore urbaine sans prendre en compte les interactions avec les autres sens : les sensations visuelles, olfactives, et thermiques vont influencer sur l'évaluation de la qualité sonore environnementale

[Viollon-2000], [Anderson-1983]. On peut donc s'attendre à des résultats différents en partant d'un test sur site, à l'inverse de tests en laboratoire où seul l'aspect auditif intervient. Notons que l'objectif du test n'est pas de prendre en compte tous les facteurs qui influent sur le jugement. On sait qu'ils sont là et qu'ils auront une incidence sur le résultat, mais on ne cherche pas à les chiffrer ; leur compréhension peut juste servir d'élément pour expliquer certains résultats obtenus.

III. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

3.1. Présentation du test

3.1.1. Répartition des sujets

59 sujets (22 femmes et 37 hommes, moyenne d'âge : 24 ans), ont participé au test. Les sujets ont été recrutés par annonce, et ont été rémunérés pour leur participation. Tous les participants étant des résidents franciliens, leurs références de niveaux sonores maximums sont les mêmes, ainsi que leur environnement sonore ; ainsi les biais de notation entre sujets sont limités.

Le parcours consistait en une promenade dans Paris, au cours de laquelle les sujets ont été amenés à traverser 3 lieux distincts représentant 3 ambiances sonores distinctes :

- un parc,
- une rue moyennement circulée,
- un marché.

Les sujets ont été répartis premièrement en 2 groupes, effectuant le parcours en sens inverse :

- un groupe se déplaçant du marché vers le parc,
- un groupe se déplaçant du parc vers le marché.

Le parcours a été divisé en 16 séquences, d'environ 1min30 chacune. Il a été demandé aux sujets d'être sensibles à l'environnement sonore, et de le juger selon des qualificatifs expliqués ci-après.

Chacun des deux groupes a été divisé en trois groupes homogènes, qui ont effectué le même parcours et ont donc entendu les mêmes scènes sonores :

- un groupe notant chaque séquence (c'est-à-dire toutes les minutes trente)
- un groupe notant chaque ambiance (c'est-à-dire environ toutes les 15 minutes)
- un groupe notant la globalité de la balade (c'est-à-dire à la fin)

La répartition des sujets expliquée ci-dessus aboutit à la formation de 6 groupes :

	Sens de parcours	Type d'observation	Nombre de notation	Fréquence de notation
Groupe 1	marché-rue-parc	Séquences	16	1min30
Groupe 2	marché-rue-parc	Ambiances	3	15min
Groupe 3	marché-rue-parc	Global	1	45min
Groupe 4	parc-rue-marché	Séquences	16	1min30
Groupe 5	parc-rue-marché	Ambiances	3	15min
Groupe 6	parc-rue-marché	Global	1	45min

figure 3 : Répartition par groupe des 59 sujets ayant participé au test

Il a de plus été demandé, à la fin du parcours, aux sujets observant les séquences (groupes 1 et 4) et aux sujets observant les ambiances (groupes 2 et 5), de juger la globalité de la balade (soit l'équivalent des groupes 3 et 6).

3.1.2. Présentation du parcours

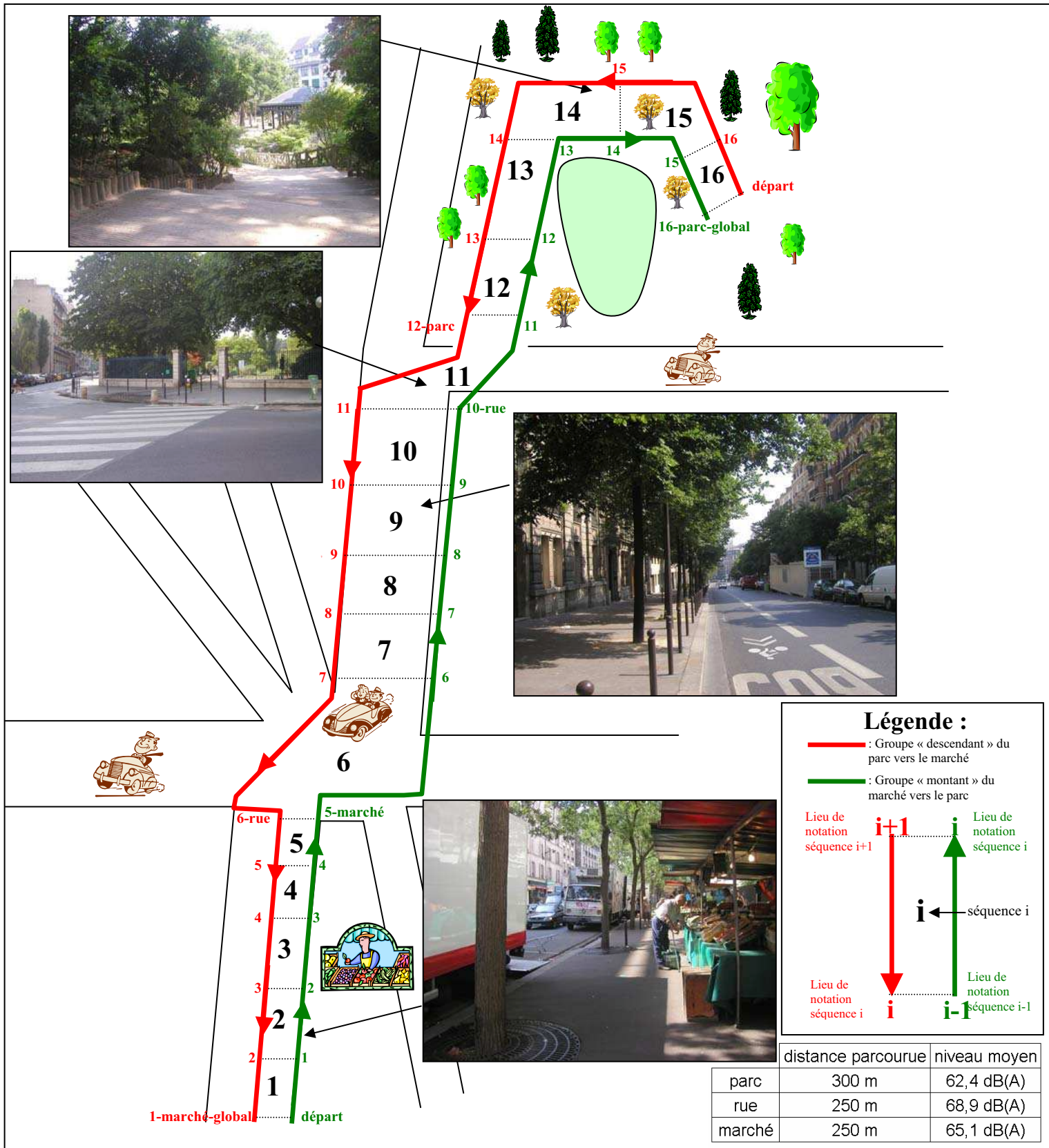


figure 4 : Schéma du parcours

3.1.3. Présentation du questionnaire

Les sujets ont dû noter, à la fin de chaque séquence (respectivement ambiance, ou globalité), la séquence (respectivement ambiance ou globalité) qu'ils venaient d'entendre. La notation a porté sur les 3 qualificatifs suivants concernant les sources sonores entendues, qui ont été présentés ainsi:

- *La prégnance* : c'est l'importance, dans le sens où une source sonore s'est démarquée des autres, non pas à cause de sa durée, mais sur le fait qu'elle a attiré votre attention quand elle est apparue.
- *La présence* : c'est l'occurrence temporelle de la source. Cela revient à se demander si la source apparaît souvent durant la séquence.
- *La proximité* : c'est votre distance par rapport à la source (attention une petite note indique une source éloignée).

Les sources sonores qui ont été évaluées sont les suivantes :

- les voitures
- les scooters et les mobylettes
- les bus et les camions
- les voix
- les motos
- les chants d'oiseaux

La *force sonore* de la séquence, ainsi son *caractère agréable ou désagréable* du point de vue du son entendu, ont également été évalués.

Soit un ensemble de 20 données (6 sources * 3 qualificatifs + force sonore + caractère agréable) récoltées par sujet pour chaque séquence (respectivement ambiance ou global) évaluée.

Les jugements ont été faits sous la forme d'une notation sur une échelle fermée de 0 à 10, les maximums étant comparés avec l'expérience personnelle des sujets, selon le modèle de Borg [Borg-2002]. La note du caractère agréable ou désagréable a elle été jugée sur une échelle de -5 à +5, puis ramenée ensuite entre 0 et 10. Une échelle graduée était présente sur la feuille de notation pour faciliter la notation, divisée en 5 catégories sémantiques : très peu, légèrement, moyennement, fortement, et extrêmement (prégnant, présent, loin ou intense). Les catégories sémantiques pour le caractère agréable étaient : très désagréable, désagréable, neutre, agréable, très agréable. Le questionnaire complet est présenté en **annexe 1**.

Quatre séquences d'entraînement ont permis aux sujets de se familiariser avec la notation et avec le sens des adjectifs proposés.

3.1.4. Recueil des données physiques

Un enregistrement audio a été réalisé, à l'aide d'un système d'acquisition composé d'une carte son *Symphonie 01 dB*, reliée à un ordinateur portable. Les données physiques ont été ensuite calculées, grâce au logiciel dBFa32 : la sonie (calculée selon le modèle de Zwicker, [Zwicker-1990]), la sonie_{10%}, l'acuité, la rugosité, la fluctuation de sonie. Puis un codage classique des sources a été réalisé à l'aide de l'enregistrement sonore, à partir de la courbe de LAeq,200ms. Le codage, réalisé à l'oreille à partir du logiciel *dB Trait*, a permis d'une part de confirmer la validité de l'écoute des sujets, et d'autre part pour l'étude physique.

3.2. Recueil des données perceptives

3.2.1. Normalisation

Les réponses de chaque sujet sont normalisées par rapport à celles de leur groupe. La normalisation est faite avec la variance de la totalité des réponses du groupe. Ainsi, à l'intérieur d'un groupe, la somme du carré des réponses d'un sujet est constante (ce qui n'est pas le cas pour deux sujets appartenant à des groupes différents : on garde ainsi les différences de notations entre groupes). Toutes les notes d'un sujet sont normalisées de la manière suivante :

$$X_{norm,p} = X_p \sqrt{\frac{\sum_{sujets} R_p^2}{\sum R_p^2}}$$

où :

$X_{norm,p}$: Réponse normalisée du sujet p.

X_p : Réponse initiale du sujet p.

$\sum R_p^2$: Somme du carré des réponses du sujet p, sur toutes les variables et toutes les notations ; par exemple, pour un sujet du groupe 2, ceci représente 18 variables et 4 notations (les 3 ambiances + la notation globale en fin de parcours).

$\overline{\sum_{sujets} R_p^2}$: Moyenne de la somme des réponses de tous les sujets du groupe auquel appartient le sujet p.

3.2.2. Cohérence des réponses : cas général

La cohérence des réponses données par les sujets est examinée en regard de la répartition des réponses et de l'erreur quadratique moyenne des réponses de chaque sujet. Toutes les études statistiques de notre travail ont été réalisées avec le logiciel Statgraphics_{plus}.

❖ Répartition des réponses

La forme des courbes de réponses des sujets attendue est une loi normale. Plusieurs tests sont effectués pour savoir si les courbes de réponses peuvent être adéquatement modélisés par des lois normales :

- test du χ^2 : il divise l'étendue des données de la variable en 10 classes équiprobables et compare le nombre d'observations dans chaque classe du nombre attendu.
- test de Shapiro-Wilfs : il est basé sur la comparaison des quantiles de la loi normale ajustée aux quantiles des données.
- test de l'asymétrie standardisée : il teste le manque de symétrie dans les données.

Il ressort de chacun de ces tests une probabilité p (p-value) quant au rejet de l'hypothèse : « la partition des réponses suit une loi normale ».

La répartition des réponses n'est présentée que pour quelques exemples :

➤ Groupe 1 : côté agréable de la séquence 6

Test du χ^2 : proba. = 0,54

Test de Shapiro-Wilfs : proba. = 0,73

Test de l'asymétrie standardisée : proba. = 0,48

Comme la plus petite des probabilités est supérieure à 0,10, on ne peut pas rejeter l'hypothèse que la répartition des réponses suit une loi normale au niveau de confiance 90%.

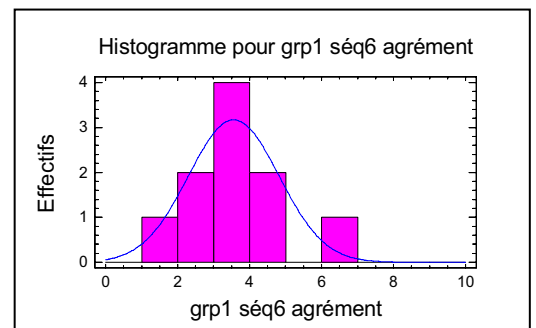


figure 5 : Histogramme des réponses-groupe1-séquence6-agrément

➤ **Groupe 4 : présence des voitures dans la séquence 6**

Test du χ^2 : proba. = 0,96

Test de Shapiro-Wilfs : proba. = 0,97

Test de l'asymétrie standardisée : proba. = 0,86

Comme la plus petite des probabilités est supérieure à 0,10, on ne peut pas rejeter l'hypothèse que la répartition des réponses suit une loi normale au niveau de confiance 90%.

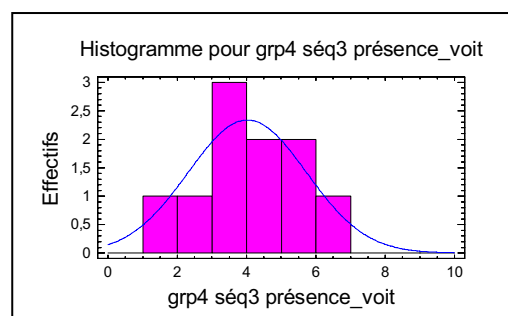


figure 6 : Histogramme des réponses-groupe4-séquence3-présence voitures

➤ **Groupe 2 : présence des oiseaux dans le parc**

Test du χ^2 : proba. = 0,48

Test de Shapiro-Wilfs : proba. = 0,78

Test de l'asymétrie standardisée : proba. = 0,76

Comme la plus petite des probabilités est supérieure à 0,10, on ne peut pas rejeter l'hypothèse que la répartition des réponses suit une loi normale au niveau de confiance 90%.

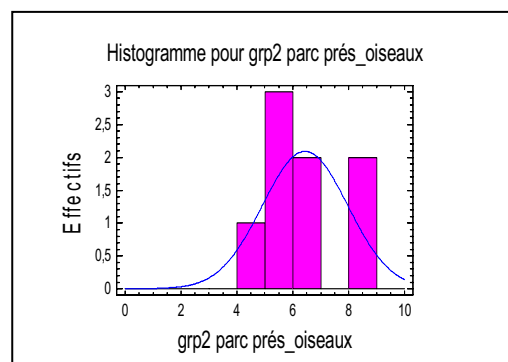


figure 7 : Histogramme des réponses-groupe2-parc-présence oiseaux

➤ **Groupe 1 : présence des motos dans la séquence 8**

Test du χ^2 : proba. <0,01

Test de Shapiro-Wilfs : proba. <0,01

Test de l'asymétrie standardisée : proba. = 0,01

Comme la plus petite des probabilités est inférieure à 0,01, on peut rejeter l'hypothèse que la répartition des réponses suit une loi normale au niveau de confiance 99%.

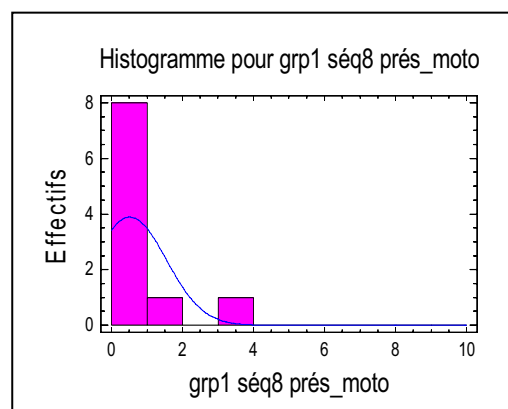


figure 8 : Histogramme des réponses-groupe1-séquence8-présence motos

➤ Interprétation

Dans la grande majorité, les courbes des réponses données par les sujets suivent des lois normales. Ce n'est pas le cas toutefois lorsque la source à évaluer est très peu présente, du fait du grand nombre de zéros. La répartition des données alors n'est pas normale (car non symétrique), mais peut quand même faire l'objet d'étude statistique.

❖ Erreur quadratique moyenne

L'erreur quadratique de chaque sujet est regardée, pour savoir si les réponses de tous les sujets peuvent être gardées pour l'interprétation.

Erreur quadratique moyenne pour un sujet est :

$$EQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_n (X - \bar{X})^2} \quad \text{où } n : \text{ nombre de notes mises par un sujet}$$

L'erreur quadratique moyenne maximale relevée est 2,36, pour un sujet du groupe 3. L'EQM moyen est 1,6 : le choix est fait de garder les réponses de l'intégralité des sujets pour l'étude. Toutefois, un sujet du groupe 5 est écarté concernant la notation globale.

3.2.3. Cohérence des réponses : cas particulier de l'agrément global

Une particularité est remarquée concernant la note d'agrément global de la balade. Ce critère a été évalué par l'intégralité des sujets. La répartition des réponses est présentée ci-dessous, pour l'intégralité des sujets :

Test du χ^2 : proba. = 0,25

Test de Shapiro-Wilfs : proba. = 0,02

Test de l'asymétrie standardisée : proba. = 0,38

Comme la plus petite des probabilités est inférieure à 0,05, on peut rejeter l'hypothèse que la répartition des réponses suit une loi normale au niveau de confiance 95%.

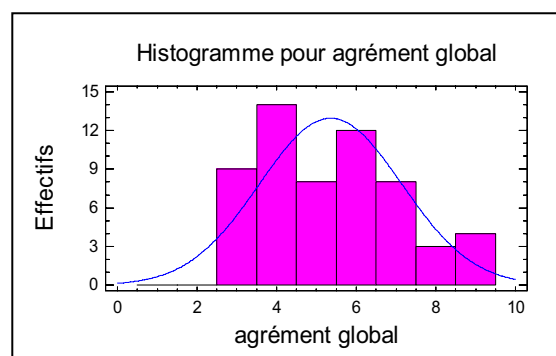


figure 9 : Histogramme des réponses-tous les groupes-agrément global

➤ Interprétation

L'occurrence de la réponse 5 devrait être la plus grande, puisque la moyenne des réponses est 5,3. Or, ce n'est pas le cas. La répartition des réponses sur l'agrément global témoigne d'une stratégie de réponse. On observe deux « paquets » de réponses, l'un regroupant les réponses « optimistes », centré sur la réponse 6, et l'autre regroupant les réponses « pessimistes », centré sur la réponse 4. La répartition des réponses a été confrontée à la répartition des notes globales d'autres variables de moyenne identique, et à la répartition des notes d'agrément par séquence de moyenne identique. Ceux-ci présentent une répartition des réponses normale (voir *annexe 2*). Ce comportement de réponse est donc propre à la variable « note globale d'agrément ».

Il n'y a pas de consensus des réponses pour l'appréciation de l'agrément global de la balade. La stratégie de réponse peut être interprétée comme une volonté des sujets de donner leur avis, alors que la note 5 a été présentée comme une note « neutre ». Il est normal de ne pas observer ce phénomène pour l'appréciation de l'agrément par séquence, puisqu'il a été évalué en comparaison avec les séquences précédentes, et n'a donc pas été perçu comme un jugement de valeur.

De plus, on note une différence de stratégie de réponse selon le sens de parcours (les histogrammes des réponses relatives à l'agrément global des groupes 1-2&3, puis des groupes 4-5&6 sont présentés en *annexe 2*). En effet, les groupes finissant par le parc restent sur une impression moyenne (occurrence identique des notes 4 à 6), tandis que les groupes finissant par le marché semblent rester sur une impression marquée, positive ou négative selon les sujets (faible occurrence de la note 5).

Il conviendra donc d'être très prudent lors du traitement des données et des interprétations se rapportant au caractère agréable de la balade dans sa globalité.

3.2.4. Compilation des réponses

Les résultats normalisés sont moyennés par groupe, de manière à obtenir un profil type de réponses. Les résultats groupe par groupe sont consignés en *annexe 3*

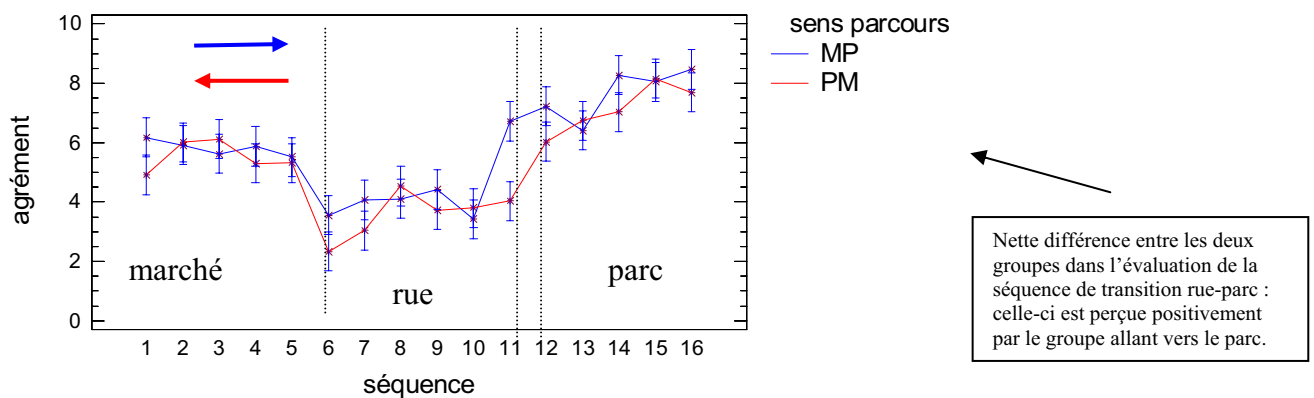


figure 10 : Caractère agréable des séquences entendues-groupes 1 & 4

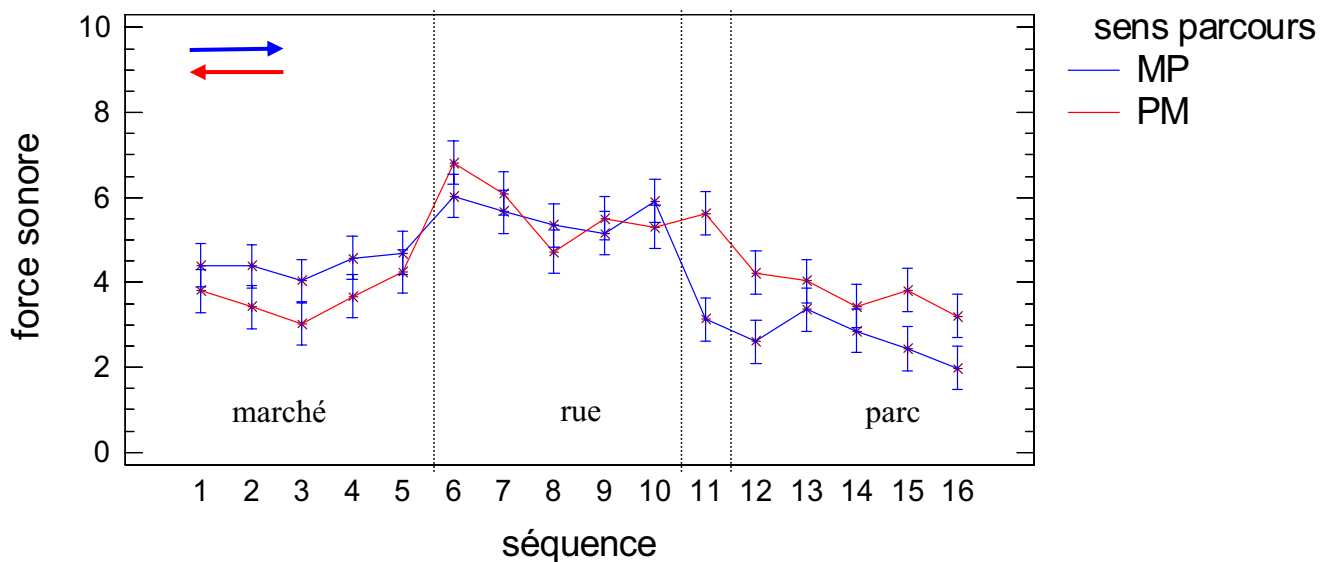


figure 11 : Force sonore des séquences entendues-groupes 1 & 4

➤ Interprétation

La première remarque au vu de l'évolution du caractère agréable des séquences est que les séquences de transition semblent perçues différemment selon le sens de parcours. En effet, la séquence 6, marquant l'entrée dans la rue, et la séquence 11, à cheval sur la rue et le parc, sont perçues de manière plus positive par le groupe se déplaçant du marché vers le parc. Bien que les séquences jugées soient les mêmes, les lieux de notation diffèrent selon le sens de parcours (voir figure 4). On peut émettre l'hypothèse que les sujets sont influencés par le lieu de notation lors de l'appréciation du caractère agréable des séquences (ce qui est plus marqué au niveau des transitions). Une prochaine étude de variance pourra confirmer ou infirmer la validité statistique de cette remarque.

3.3. Synthèse

Le test in situ a consisté en un parcours urbain de 45min à travers 3 ambiances (parc, rue et marché), au cours duquel 59 sujets ont eu à évaluer leur environnement sonore selon des variables relatives à la perception des sources sonores (prégnance, présence et proximité) et des variables relatives à l'ambiance sonore (force sonore et caractère agréable du son). Les sujets ont été répartis en 6 groupes selon leur sens de parcours et selon leur fréquence d'observation (1min30, 15min ou 45min). Un enregistrement audio a également été réalisé.

L'analyse fine des réponses données par les sujets confirme leur aptitude à être utilisées pour des analyses statistiques. Il conviendra toutefois d'être prudent lors de l'interprétation se rapportant au caractère agréable de la balade dans sa globalité.

IV. CARACTERISATION PERCEPTIVE DE L'AGREMENT SONORE SEQUENCE PAR SEQUENCE

L'objectif de notre travail est de proposer une caractérisation fine du désagrément sonore en milieu urbain. Cette partie traite de la perception à court terme, donc de l'observation des données fournies par les groupes 1 et 4. Le type de caractérisation choisi est la proposition de modèles perceptifs reliant le désagrément sonore, et les variables supposées y être corrélées. Les modèles établis devront montrer l'amélioration de la caractérisation lorsque les dimensions perceptives des sources sonores sont prises en compte. La caractérisation comprend également une étude des paramètres pouvant influencer l'évaluation des auditeurs.

4.1. Première étude : analyse de variance

L'analyse de variance permet de déterminer les facteurs qui ont un effet statistiquement significatif sur les notes données par les sujets. L'analyse groupe les individus par facteur, et calcule en fonction des moyennes et des erreurs types obtenues la probabilité pour que les facteurs regardés aient un effet significatif sur la variable considérée. La procédure teste également s'il y a des interactions entre les facteurs.

On s'intéresse à l'influence du sens de parcours sur l'appréciation du caractère agréable de l'ensemble des 16 séquences du parcours. On retient pour cette étude les notes mises par les 20 sujets (groupes 1 et 4), pour les 16 séquences : soit 320 notes.

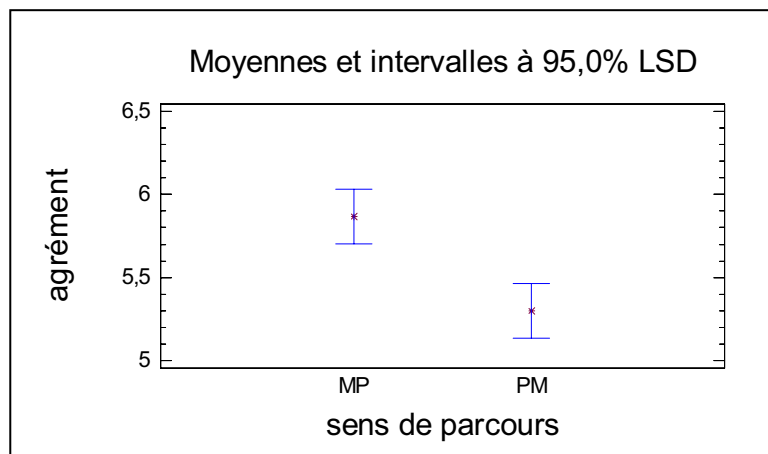


figure 12 : *Représentation de l'effet du sens de parcours sur le caractère agréable des séquences (p=0,0008)*

L'analyse de variance montre que le sens de parcours a une influence statistiquement significative sur l'évaluation de la force sonore, et du caractère agréable des séquences au niveau de confiance de 95%, avec respectivement $p=0.0360$ et $p=0.0008$.

Cette influence peut être visualisée également sur la figure 13, où l'on remarque que les notes mises par le groupe partant du parc sont inférieures à celles du groupe partant du marché. Cette influence peut être interprétée par le fait que les groupes ont jugé les premières séquences sans référence, et ont noté la suite du parcours en comparaison avec les premières séquences ; d'où des notes plus faibles pour le groupe ayant pour référence le parc (ambiance très agréable), que pour le groupe ayant pour référence le marché.

L'influence du sens de parcours est ensuite regardée individuellement pour chaque séquence (soit 20 notes par séquences). L'analyse de variance montre que le sens de parcours a une influence statistiquement significative seulement pour les séquences 6 et 11, avec respectivement $p = 0.0441$ et $p = 0.0019$.

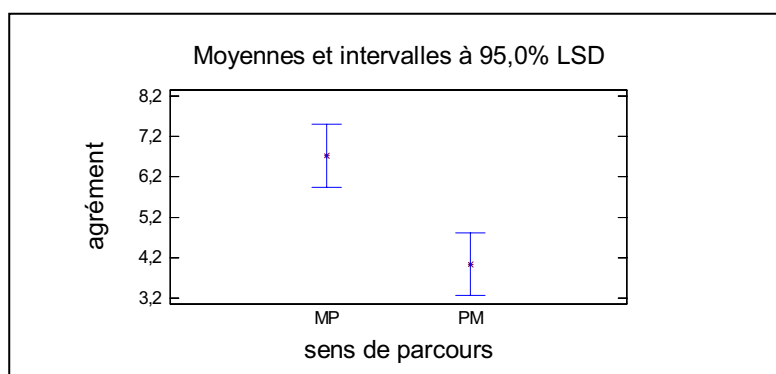


figure 13 : *Représentation de l'effet du sens de parcours sur le caractère agréable de la séquence 11 (p=0,0019)*

Ces deux séquences correspondent aux séquences de transition (voir plan). :

- la séquence 6 correspond au carrefour entre la rue et le marché

- la séquence 11 est la séquence de transition entre la rue et le parc, à cheval sur les deux ambiances

L'influence du sens de parcours est moins marquée pour la séquence 6 que pour la séquence 11.

La séquence 6 a été jugée plus agréable par le groupe venant du marché (groupe 1). Ceci est peut être dû au fait que la séquence entendue était effectivement moins bruyante : correspondant au carrefour, la séquence 6 n'est pas la plus bruyante des séquences, pour le groupe venant du marché ($\text{loudness}_{\text{seq6}}=27$ sones alors que $\text{loudness}_{\text{seq10}}=35,5$ sones). Par contre, pour le groupe venant du parc (groupe 4), le carrefour est la dernière séquence de rue écoutée, et se trouve être la plus bruyante, d'où une appréciation désagréable. Il semble qu'un effet d'accumulation se produise. En effet, des études ont montré que le fait d'induire une humeur négative chez des sujets les rendait plus sensibles au caractère désagréable d'un son [Västfjäll-2002]. Si on assimile l'accumulation des 5 séquences « rue » à un conditionnement négatif, cette accumulation peut expliquer la note faible mise pour la séquence 6 par le groupe 4.

Le contexte est différent pour l'appréciation de la séquence 11. En effet, les deux groupes ont effectué la notation de cette séquence l'un dans la rue (pour le groupe venant du parc), et l'autre dans le parc (pour le groupe venant de la rue). Ceci explique pourquoi la séquence a été perçue plus agréable par le groupe 1, pour lequel la séquence 11 signifiait l'entrée dans le parc. A ce facteur psychologique peut être ajouté le fait qu'il est difficile pour les sujets de faire abstraction du lieu dans lequel ils se trouvent au moment où s'effectue la notation de la séquence.

➤ *Analyse de variance sans la séquence 11*

Puisqu'elle semble avoir été perçue différemment par les groupes 1 et 4 ($p=0,0019$), la séquence 11 est écartée du nouveau test de variance. L'influence du sens de parcours sur l'appréciation du caractère agréable des 15 séquences restantes est regardée (soit 300 notes).

L'influence du sens de parcours n'est plus significative ($p=0,0895$), si on se place au niveau de confiance de 95%. Elle reste significative au niveau de confiance de 90%.

Cette deuxième étude met en avant l'importance de la séquence 11, qui est le siège d'une véritable différence d'appréciation, et qui à elle seule justifie au niveau de confiance de 95% l'influence du sens de parcours sur l'appréciation du caractère agréable des séquences.

➤ Analyse de variance sans les séquences 6, 11 & 14

Pour que l'influence du sens de parcours soit non significative au niveau de confiance de 90%, il faut écarter de l'analyse les séquences 6, 11 et 14 : on a alors $p = 0,1036$.

Note : La séquence 14 est elle aussi particulière. Elle marque une transition à l'intérieur du parc, entre le parcours en bordure du parc (séquences 11-12-13), et la fin du parcours, vraiment immergé dans le parc (séquences 14-15-16). Elle a été perçue de manière plus agréable par le groupe 1, qui s'immergeait dans le parc ($p = 0,1227$).

➤ Interprétation

L'analyse de variance met en évidence l'influence du sens de parcours sur l'évaluation du caractère agréable des séquences. Cette influence est marquée au niveau des séquences de transition, ce qui leur confère une place toute particulière dans l'évaluation perceptive de l'environnement sonore par les auditeurs. L'influence du sens de parcours sur l'évaluation des séquences de transition peut s'expliquer d'une part par le fait que le lieu de notation n'est pas le même, et peut s'effectuer dans une ambiance différente (cas par exemple de la séquence 11) ; d'autre part car un facteur psychologique intervient dans la transition d'un lieu à un autre, qui influe sur l'appréciation du caractère agréable des séquences de transition.

Concernant les autres séquences, il semble qu'elles puissent être étudiées indifféremment du sens de parcours.

4.2. Deuxième étude : étude des corrélations entre les adjectifs

Les corrélations entre les trois adjectifs sont regardées pour chaque source sonore, dans les notes mises par séquences. Pour partir d'un plus grand échantillon, les données des groupes 1 et 4 sont regroupées, après avoir écarté les séquences 6, 11 et 14 (on a vu dans la partie précédente que le sens de parcours n'était pas influent dans l'évaluation par séquence une fois ces trois séquences écartées) : on part donc avec un échantillon de $(16-3)*2 = 26$ séquences.

		prégnance	présence	proximité
voitures	prégnance	1,00 ***		
	présence	0,93 ***	1,00 ***	
	proximité	0,93	0,91	1,00

		prégnance	présence	proximité
bus & camions	prégnance	1,00 ***		
	présence	0,91 ***	1,00 ***	
	proximité	0,98	0,91	1,00

		prégnance	présence	proximité
motos	prégnance	1,00 ***		
	présence	0,96 ***	1,00 ***	
	proximité	0,97	0,91	1,00

		prégnance	présence	proximité
mobylettes & scooters	prégnance	1,00		
	présence	0,97 ***	1,00	
	proximité	0,99 ***	0,97 ***	1,00

		prégnance	présence	proximité
voix	prégnance	1,00		
	présence	0,89 ***	1,00	
	proximité	0,93 ***	0,82 ***	1,00

		prégnance	présence	proximité
oiseaux	prégnance	1,00		
	présence	0,97 ***	1,00	
	proximité	0,98 ***	0,97 ***	1,00

*** P<0,01

figure 14 : *Corrélations entre les adjectifs pour les 6 sources sonores*

La première remarque est que les adjectifs sont très fortement corrélés entre eux. Ceci est en partie dû au grand nombre de séquences où la source n'intervient pas, donc à la forte occurrence de la note 0, qui « tire » les corrélations vers 1.

La deuxième remarque est que les adjectifs les plus corrélés entre eux sont la prégnance et la proximité, quelle que soit la source. Il semble que la distinction soit difficilement faite entre prégnance et proximité. Ce résultat rejoint celui obtenu lors des premiers tests effectués en laboratoire [Defreville-2005]. Ceci est tout de même inattendu, puisque les sujets étaient influencés cette fois-ci par l'aspect visuel dans l'évaluation de la proximité.

Ces fortes corrélations peuvent également être interprétées comme le signe d'une confusion entre les adjectifs. Pour s'assurer du contraire, on se focalise sur des ambiances où les sources sont très présentes :

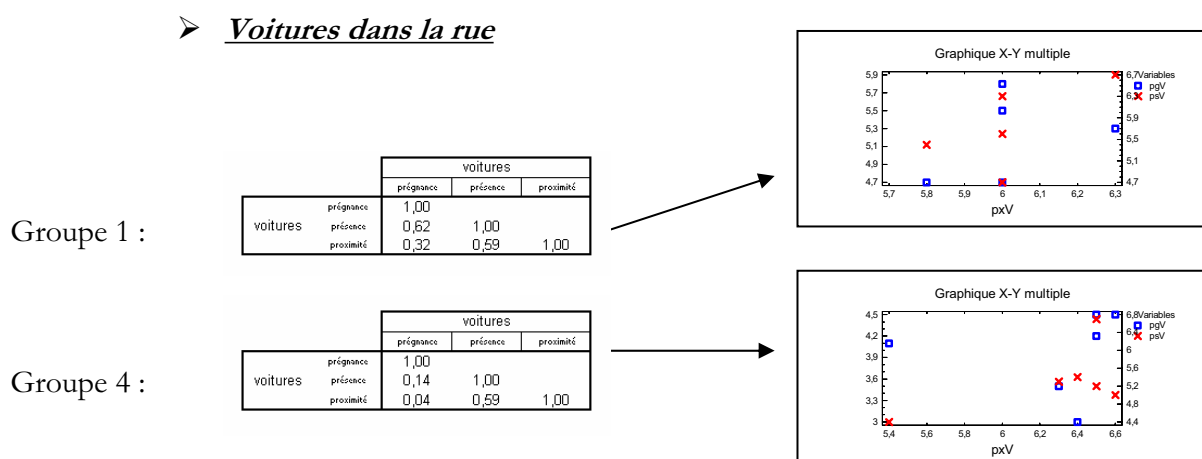


figure 15 : *Corrélations entre les adjectifs pour les voitures, calculées sur les séquences de la rue*

Sont représentées ci-dessus les corrélations entre prégnance, présence et proximité des voitures, pour les séquences de la rue du groupe 1 et du groupe 4. On s'aperçoit que les adjectifs sont alors

faiblement corrélés (ce qui n'est pas le cas si on fait le même calcul pour les autres sources sonores). Cette faible corrélation montre que les adjectifs ont bien été compris : les sujets ont jugé les voitures à une proximité donnée, indépendamment de leur prégnance ou de leur présence.

➤ ***Voix dans le marché***

Groupe 1 :

		VOIX		
		prégnance	présence	proximité
VOIX	prégnance	1,00		
	présence	0,20	1,00	
	proximité	0,96	0,02	1,00

Groupe 4 :

		VOIX		
		prégnance	présence	proximité
voix	prégnance	1,00		
	présence	-0,46	1,00	
	proximité	-0,05	0,32	1,00

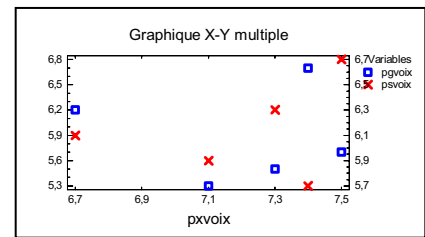
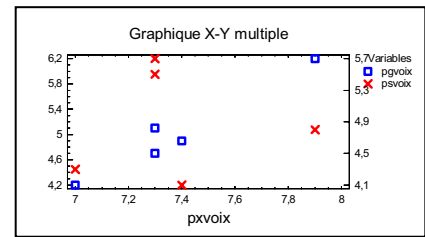


figure 16 : ***Corrélations entre les adjectifs pour les voix, calculées sur les séquences du marché***

Sont représentées ci-dessus les corrélations entre prégnance, présence et proximité des voix, pour les séquences du marché du groupe 1 et du groupe 4. De la même manière que pour les voitures dans la rue, les adjectifs référant aux voix dans le marché sont faiblement corrélés.

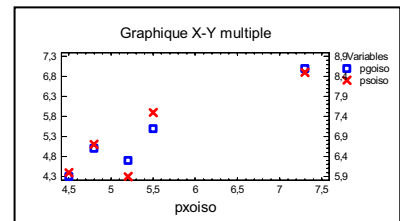
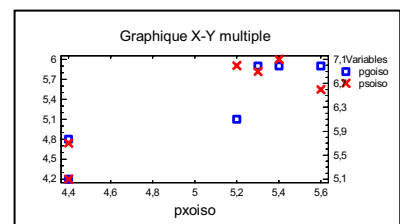
➤ ***Oiseaux dans le parc***

Groupe 1 :

		oiseaux		
		prégnance	présence	proximité
oiseaux	prégnance	1,00		
	présence	0,86**	1,00	
	proximité	0,91**	0,87**	1,00

Groupe 4 :

		oiseaux		
		prégnance	présence	proximité
oiseaux	prégnance	1,00		
	présence	0,95**	1,00	
	proximité	0,97***	0,88**	1,00



*** P<0,01 ** P<0,05

figure 17 : ***Corrélations entre les adjectifs pour les oiseaux, calculées sur les séquences du parc***

Une conclusion différente s'impose pour le cas des oiseaux dans le parc. Il semble que la confusion entre les adjectifs persiste, même en focalisant le calcul des corrélations sur les séquences du parc. En effet, à l'inverse des voix dans le marché ou des voitures dans le parc, où la proximité a été jugée à peu près constante et indépendante des autres adjectifs, la distinction entre les adjectifs est confuse pour les oiseaux dans le parc. Ceci est peut être le signe d'une perception différente, où la source sonore enveloppe davantage le sujet : de nombreux oiseaux, tous à des distances différentes, participent à l'ambiance sonore. De plus, l'aide de la vue ne peut pas aider les sujets à faire une distinction entre les trois adjectifs, à cause du grand nombre de sources sonores.

➤ Interprétation

Malgré la grande corrélation entre les adjectifs, le sens des adjectifs semble avoir été bien compris par les sujets. Par contre, la distinction entre les adjectifs n'est pas nette lorsque la source est peu présente : c'est le cas des motos, des mobylettes ou des bus pour le panel de séquences de l'étude (le nombre de séquences où ces sources interviennent n'est pas suffisant pour obtenir des corrélations significatives, cependant il semblerait que *prégnance* et *présence* soient mieux dissociées que *prégnance* et *proximité*). La distinction entre les adjectifs n'est pas nette non plus lorsque la source sonore est « enveloppante », comme les oiseaux dans le parc, et que la vision ne peut pas aider à juger la proximité.

Il ne semble possible pour les sujets d'apprécier une source sonore sur plusieurs des dimensions perceptives proposées, que si celle-ci est facilement localisable, et d'occurrence assez grande : c'est le cas des voitures dans la rue, et des voix dans le marché.

4.3. Construction des modèles subjectifs

L'établissement de modèles subjectifs linéaires reliant le caractère agréable des séquences entendues aux variables jugées par les sujets va nous permettre de voir quelles variables caractérisent de manière significative le caractère agréable des séquences, et selon quelles circonstances (lieu, lien entre les variables...). Les modèles ont été ajustés sur les panels de séquences suivants :

<u>lieu</u>	<u>groupes</u>	<u>Nombre de séquences</u>
parc	groupe 1 + groupe 4	11
rue	groupe 1 + groupe 4	11
marché	groupe 1 + groupe 4	10
parc + rue + marché	groupe 1 + groupe 4	32
parc + rue + marché	groupe 1	16
parc + rue + marché	groupe 4	16

figure 18 : Panels des séquences ayant servi à l'élaboration des modèles subjectifs

4.3.1. Procédure

Les modèles sont construits avec le logiciel « Statgraphics ». Les performances des modèles sont comparées selon le R^2_{aj} . (Le R^2 ajusté est mieux approprié que le R^2 pour comparer des modèles au nombre de variables différent, car il ajuste le coefficient selon le nombre de variables présentes dans le modèle). Les modèles sont sélectionnés à partir d'une procédure testant les performances de tous les modèles. Les modèles issus d'une procédure pas à pas (stepwise) ascendante et descendante sont également présentés :

- Procédure pas à pas ascendante : la procédure introduit dans le modèle les variables une à une, chaque variable introduite étant celle des variables restantes au plus fort pouvoir explicatif.
- Procédure pas à pas descendante : la procédure enlève du modèle les variables une à une, chaque variable enlevée étant celle des variables restantes au plus faible pouvoir explicatif.

De plus, une étude préalable a été faite, dans le but de sélectionner les variables les plus pertinentes, selon le type de modèle construit, contenant une étude des corrélations entre variables et caractère agréable, et un test aux étendues multiples.

4.3.2. Corrélations entre les variables et le caractère agréable des séquences

Ne sont gardées dans les modèles proposés que les variables bien corrélées au caractère agréable des séquences. De cette manière, les variables présentes dans les modèles avancés ont un pouvoir explicatif (sinon il arrive parfois qu'une variable augmente les performances d'un modèle indépendamment de sa corrélation avec la variable à expliquer).

De plus, dans les modèles présentés ci-après, chaque variable est significative à un niveau de confiance de 90%.

Ne sont présentées dans les tableaux ci-après que les variables telles que $R > 0,75$ (Les tableaux contenant toutes les corrélations entre variables et caractère agréable sont consultables en *annexe 4*). Les variables sont présentées par R décroissant.

4.3.3. Test des « étendues multiples »

La procédure de test aux étendues multiples compare les individus deux à deux, et distingue, en fonction des moyennes et des écarts types, les moyennes statistiquement différentes ; elle opère ainsi des groupements d'individus statistiquement proches.

La procédure peut ainsi par exemple regrouper les séquences telles que les notes obtenues pour la variable « prégnance des oiseaux » soient similaires (si les notes de « prégnance des oiseaux » de deux séquences sont statistiquement différentes, elles seront nécessairement dans deux groupes différents). Il est intéressant dans cet exemple de remarquer que la procédure identifie 7 groupes, et que les séquences du parc sont nettement séparées des autres séquences. On peut en déduire que la « prégnance des oiseaux » est une grandeur caractéristique du parc (voir l'exemple en *annexe 5*). On extrait du test des « étendues multiples » les variables suivantes, qui sont les seules variables pour lesquelles la procédure a séparé distinctement les séquences d'une ambiance des autres séquences :

- Pour le parc : présence des oiseaux, prégnance des oiseaux, proximité des voitures
- Pour la rue : présence des bus
- Pour le marché : proximité des voix

Ainsi ces variables sont-elles vraisemblablement caractéristiques des trois ambiances sonores du parcours.

4.4. Modèles subjectifs proposés

4.4.1. Modèles ajustés sur les ambiances

➤ Parc

Variables les mieux corrélées au caractère agréable des séquences ($R > 0,75$) : présence des voitures, présence des voitures, présence des oiseaux.

nombre variables	variables du modèle			R ² adj
1	force sonore			34,4%
	présence voitures			60,2%
	présence oiseaux			53,7%
2	présence oiseaux	force sonore		88,4%
	présence voitures	présence oiseaux		83,3%
3	présence voitures	présence oiseaux	force sonore	95,5%
procédure stepwise ascendante :				
	prégnance voitures	prégnance oiseaux	force sonore	94,4%
procédure stepwise descendante :				
	présence voitures	présence oiseaux	force sonore	95,5%

figure 19 : Modèles construits à partir du panel « parc-G1&G4 »

La force sonore ne suffit pas à déterminer le caractère agréable des séquences du parc ($R_{aj}^2 = 34,4\%$). Une bonne corrélation est obtenue en joignant la présence des oiseaux au modèle ($R_{aj}^2 = 88,4\%$). Les procédures pas à pas introduisent en supplément les voitures (prégnance ou présence), pour un coefficient de détermination final $R_{aj}^2 = 95,5\%$:

$$\text{Caractère agréable} = 6,14 - 0,33 * \text{prés.voitures} + 0,54 * \text{prés.oiseaux} - 0,49 * \text{force sonore}$$

note : le modèle ci-dessus estime la variable « caractère agréable ». On rappelle que le caractère agréable des séquences a été évalué entre 0 (très désagréable) et 10 (très agréable).

On remarque que la présence d'oiseaux a un effet positif sur l'évaluation de l'ambiance sonore des séquences du parc, à l'inverse des voitures, qui sont perçues de manière négative.

➤ Rue

Variables les mieux corrélées au caractère agréable des séquences ($R > 0,75$) : force sonore.

nombre variables	variables du modèle			R ² adj
1	force sonore			85,2%
	prégnance bus			50,5%
	proximité voitures			38,3%
2	force sonore	présence bus		89,1%
	force sonore	prégnance bus		86,0%
	présence bus	proximité voitures		51,7%
procédure stepwise ascendante :				
	force sonore	présence bus		89,1%
procédure stepwise descendante :				
	force sonore	présence bus		89,1%

figure 20 : Modèles construits à partir du panel « rue-G1&G4 »

La force sonore suffit à décrire le caractère agréable des séquences de la rue ($R^2_{aj} = 85,2\%$). Ce résultat a déjà été montré par le passé, à partir d'échantillons sonores représentatifs d'une « rue moyennement circulée » [Defreville-2005].

La prise en compte de la présence des bus augmente toutefois la corrélation ($R^2_{aj} = 89,1\%$) :

$$\text{Caractère agréable} = 9,32 - 0,93 * \text{force sonore} - 0,08 * \text{prés.bus}$$

➤ Marché

Variables les mieux corrélées au caractère agréable des séquences ($R > 0,75$) : présence des voitures.

nb variables	variables du modèle			R ² adj
1	force sonore			0,0%
	présence voitures			47,4%
	proximité voix			25,5%
2	présence voitures	proximité voix		74,7%
3	présence voitures	proximité voix	présence voix	76,7%
	présence voitures	proximité voix	prégnance voix	80,0%
procédure stepwise ascendante :				
	présence voitures	proximité voix		74,7%
procédure stepwise descendante :				
	présence voitures	proximité voix		74,7%

figure 21 : Modèles construits à partir du panel « marché-G1&G4 »

La force sonore n'est pas du tout corrélée au caractère agréable des séquences du marché ($R^2_{aj} = 0,0\%$). Elle semble pouvoir être remplacée dans la construction de modèles par la présence des voitures : le modèle retenu par les procédures pas à pas ascendante et descendante comporte la présence des voitures, joint à la proximité des voix ($R^2_{aj} = 74,7\%$).

Notons que l'introduction dans le modèle de la prégnance des voix augmente de manière significative la corrélation ($R^2_{aj} = 80,0\%$), mais n'a pas pour autant été retenue par les procédures pas à pas (il est possible d'envisager un modèle comprenant la prégnance et la proximité des voix dans le marché, puisque ces deux grandeurs sont faiblement corrélées – voir partie 3.2) :

$$\text{Caractère agréable} = 2,97 - 0,42 * \text{prés.voitures} + 0,77 * \text{prox.voix} - 0,14 * \text{prég.voix}$$

La proximité des voix a une influence positive sur l'évaluation du caractère agréable des séquences (une forte note en proximité étant le signe d'une source proche). Cette influence peut être due au vecteur communicatif véhiculé par les voix, qui a une répercussion positive sur la qualité de l'ambiance sonore dans le marché. A l'inverse, la prégnance des voix est perçue de manière négative : à distance égale, l'influence des voix est davantage positive si celles-ci n'ont pas un niveau trop élevé.

➤ Interprétation

La force sonore suffit à déterminer le caractère agréable des séquences de la rue peu circulée, mais ne permet pas de déterminer le caractère agréable des séquences du parc et du marché. La grandeur peut alors être « remplacée » ou complétée par la présence des voitures ; il est nécessaire alors de joindre au modèle d'autres grandeurs caractéristiques du lieu : la proximité (voire la prégnance) des voix pour le marché, et la présence (ou la prégnance) des oiseaux pour le parc.

4.4.2. Modèles ajustés sur l'ensemble des séquences

❖ Modèles ajustés sur les séquences d'un seul groupe

➤ Modèles ajustés sur les séquences du groupe 1

Variables les mieux corrélées au caractère agréable des séquences ($R > 0,75$) : force sonore, prégnance des voitures, présence des voitures, présence des oiseaux, proximité des voitures, proximité des oiseaux, présence des oiseaux.

nombre variables	variables du modèle					R ² adj
1	force sonore					92,5%
	prégnance voitures					78,6%
	présence oiseaux					74,2%
2	force sonore	présence voix				93,7%
	présence bus	prégnance voitures				93,8%
	force sonore	présence oiseaux				92,3%
3	force sonore	prégnance voitures	présence bus			95,3%
	présence bus	prégnance voitures	prégnance mob			94,8%
	prégnance bus	prégnance voitures	proximité oiseaux	prégnance mob		96,5%
4	force sonore	proximité oiseaux	prégnance mob	prégnance motos		96,4%
procédure stepwise ascendante	force sonore					92,5%
procédure stepwise descendante	prégnance voitures	proximité oiseaux	prégnance mob	prégnance motos		96,4%

figure 22 : Modèles construits à partir du panel « ensemble des séquences-G1 »

➤ Modèles ajustés sur les séquences du groupe 4

Variables les mieux corrélées au caractère agréable des séquences ($R > 0,75$) : force sonore, proximité des voitures, prégnance des bus, présence des voitures, présence des oiseaux, présence des bus, proximité des bus, prégnance des oiseaux, proximité des oiseaux.

nombre variables	variables du modèle				R ² adj
1	force sonore				73,1%
	prégnance bus				71,8%
	proximité voitures				71,5%
2	force sonore	proximité voitures			95,5%
	présence bus	prégnance oiseaux			94,8%
	présence bus	présence voitures			93,4%
3	force sonore	proximité voitures	prégnance oiseaux		96,1%
procédure stepwise ascendante	force sonore	proximité voitures			95,5%
procédure stepwise descendante	force sonore	proximité voitures			95,5%

figure 23 : Modèles construits à partir du panel « ensemble des séquences-G4 »

➤ Interprétation

Les modèles diffèrent selon qu'ils ont été construits sur les données du groupe 1 ou du groupe 4. Alors que les mobylettes et les motos sont présentes dans les modèles issus des séquences du groupe 1, elles n'apparaissent pas dans les modèles construits à partir des séquences du groupe 4. Ceci est dû au fait que l'occurrence des motos et des mobylettes est supérieure dans les séquences du groupe 1 que dans celles du groupe 4 (Les notes de prégnance des motos et des mobylettes atteignent la note 5/10 pour respectivement 2 séquences et 1 séquence sur l'ensemble des séquences du groupe 1, contre 0 séquences sur l'ensemble des séquences du groupe 4). Les modèles proposés sont donc intimement liés aux échantillons sur lesquels ils ont été élaborés.

❖ Modèles ajustés sur les séquences des groupes 1 & 4

C'est le modèle le plus général que l'on puisse construire, construit sur la totalité des séquences du groupe 1 et du groupe 4.

Variabes les mieux corrélées au caractère agréable des séquences ($R > 0,75$) : force sonore, proximité des voitures, présence des oiseaux, présence des voitures, prégnance des voitures, prégnance des oiseaux.

nombre variables	variables du modèle					R ² adj
1	force sonore					83,1%
	présence voitures					74,0%
	présence oiseaux					72,8%
2	force sonore	présence oiseaux				92,6%
	force sonore	proximité voitures				91,1%
	présence voitures	présence bus				90,7%
3	force sonore	présence oiseaux	proximité voix			93,3%
	force sonore	présence oiseaux	prégnance bus			93,1%
	force sonore	présence voitures	présence oiseaux	présence bus		94,0%
4	force sonore	présence voitures	présence oiseaux	proximité voix		93,8%
	force sonore	présence voitures	prégnance oiseaux	prégnance bus	proximité voix	94,6%
	force sonore	présence voitures	prégnance oiseaux	présence bus	proximité voix	94,8%
procédure stepwise ascendante	force sonore	présence oiseaux	présence oiseaux	présence voitures		92,6%
procédure stepwise descendante	force sonore	présence bus	présence oiseaux	présence voitures		94,0%

figure 24 : Modèles construits à partir du panel « ensemble des séquences-G1&G4 »

➤ Interprétation

La première remarque que l'on peut faire est que la force sonore est un bon descripteur du caractère agréable des séquences dans l'ensemble ($R^2_{aj} = 83,1\%$). Ce résultat va dans le sens des résultats trouvés en laboratoire [Defreville-2005.b].

La détermination du caractère agréable des séquences s'améliore à mesure qu'on affine le modèle en ajoutant d'autres variables. Les variables intervenant alors sont celles issues du test aux étendues multiples, caractéristiques des ambiances : présence (ou présence) des oiseaux, présence des bus et proximité des voix.

Par exemple, le modèle « force sonore & présence des oiseaux » donne $R^2_{aj} = 92,6\%$ et est retenu par la procédure pas à pas ascendante. De même, le modèle « force sonore & présence des bus & présence des oiseaux & présence des voitures » donne $R^2_{aj} = 94,0\%$ et est retenu par la procédure pas à pas descendante :

$$\text{Caractère agréable} = 8,801 - 0,51 * \text{force sonore} - 0,15 * \text{prés.bus} + 0,17 * \text{prés.oiseaux} - 0,29 * \text{prés.voitures}$$

On peut comparer ce modèle à celui issu des tests en laboratoire [Defreville-2005]. Celui-ci était composé de la force sonore, de la présence des bus, de la présence des mobylettes, et de la présence des voix. La force sonore et la présence des bus sont présentes également dans les nouveaux modèles. En revanche, les mobylettes sont absentes du nouveau modèle : on peut expliquer cela par le fait que l'occurrence des mobylettes a été faible lors des tests in situ. À l'inverse, la présence des oiseaux apparaît dans les nouveaux modèles ; son fort pouvoir explicatif étant dû à la contribution du parc dans le parcours.

4.5. Synthèse

Suffisante pour caractériser « sommairement » l'agrément à court terme, la force sonore se révèle insuffisante pour rendre compte du caractère agréable dans une ambiance « parc » ou « marché ». Ce résultat va dans le sens d'une étude montrant l'insuffisance de la sonie pour rendre compte de l'aspect positif des endroits calmes [Berglund-2004].

Il est alors possible d'affiner la caractérisation en prenant en compte les sources sonores significatives des ambiances considérées. On peut alors, en fonction du degré de précision

recherché, soit construire un modèle perceptif focalisé sur chaque ambiance sonore, soit construire un modèle perceptif caractérisant toutes les ambiances.

Les séquences de transition entre les ambiances sont perçues par les auditeurs différemment des autres séquences, puisque le sens de parcours y est un élément capital. Notons enfin que les modèles exposés sont très liés au contexte sonore de l'expérience.

Au-delà de l'étude perceptive, la prochaine étape de notre travail est de s'intéresser maintenant à une caractérisation objective de l'agrément sonore à court terme. Cette caractérisation objective a pour but de pouvoir s'affranchir à l'avenir de tests, et de pouvoir prévoir le caractère agréable d'une séquence sonore à partir de grandeurs physiques calculées.

V. CARACTERISATION OBJECTIVE DE L'AGREMENT SONORE SEQUENCE PAR SEQUENCE

Il est possible, de la même manière que pour l'étude perceptive, d'établir un modèle objectif reliant le caractère agréable des séquences aux données physiques du son entendu. Le modèle objectif présenté est construit à partir des données physiques du groupe 1, se dirigeant du marché vers le parc (l'équivalent pour le groupe 4 n'a pas pu être réalisé pour cause d'absence de données physiques) ; ceci représente un échantillon de 16 séquences. Une étude préalable vise à déterminer les grandeurs physiques pertinentes, selon leurs corrélations avec les variables subjectives.

5.1. Sélection des grandeurs physiques pertinentes

Les données physiques suivantes ont été calculées à partir de l'enregistrement audio : la sonie (calculée selon le modèle de Zwicker, [Zwicker-1990]), la sonie 10%, l'acuité, la rugosité, et la fluctuation de sonie. De plus, le codage des sources, réalisé à partir de l'enregistrement sonore, a abouti à la détermination, pour chaque source sonore et pour chaque séquence, des grandeurs suivantes :

- Leq particulier (dB) : c'est le Leq calculé sur le temps d'apparition de la source.
- Leq partiel (dB) : c'est le Leq de la source calculé sur l'ensemble de la séquence.

- Leq partiel (%): c'est le rapport d'énergie (en %) entre le Leq partiel de la source et le Leq global.
- Lmin (dB): c'est le niveau minimum de la source.
- Lmax (dB): c'est le niveau maximum de la source.
- L10 (dB): c'est le niveau dépassé 10% du temps par la source.
- L5 (dB): c'est le niveau dépassé 5% du temps par la source.
- Durée (s): c'est la durée d'apparition de la source.
- Durée (%): c'est le pourcentage d'apparition de la source.

Pour déterminer lesquelles de ces grandeurs il est judicieux d'utiliser pour la conception de modèles physiques, on regarde les corrélations, source par source, entre les attributs subjectifs et les grandeurs physiques, pour les données du groupe 1. On écarte pour cela les séquences où la source considérée n'apparaît pas (sinon, les 0 augmentent la corrélation de manière injustifiée).

❖ Choix des grandeurs physiques générales *** P<0,01

	force sonore	loudness	loudness 10%	dB lin	dB (A)	L 10	L 5	L 50
désagrément	-0,964 ***	-0,849	-0,937 ***	-0,9	-0,849	-0,915	-0,91	-0,872

figure 25 : Corrélations entre le désagrément et les grandeurs physiques générales - groupe 1

Le désagrément est davantage corrélé à la sonie 10% qu'à la sonie. Ceci est en désaccord avec les résultats obtenus lors des tests en laboratoire [Defreville-2005], où le désagrément était davantage corrélé à la sonie. On peut expliquer cela par la différence de durée des échantillons (15s. lors des tests en laboratoire contre 90s. lors des nouveaux tests in situ), la prise en compte par les auditeurs des événements marquants n'intervenant que sur des séquences de durée assez longue.

❖ Données par sources

➤ Voiture

*** P<0,01 ; Corrélations calculées sur les séquences de la rue

VOITURE	prégnance	présence	proximité	Leq particulier (dB)	Leq partiel (dB)	Leq partiel (%)	Lmin (dB)	Lmax (dB)	L10 (dB)	L5 (dB)	durée (s)	durée (%)
prégnance	1,000 ***			0,209	0,821	0,770 ***	-0,767	0,266	0,045	0,190	0,852 ***	0,936
présence	0,615 ***	1,000		0,114	0,505	0,458 ***	-0,444	0,443	-0,222	-0,091	0,881 ***	0,532
proximité	0,318	0,595 ***	1,000	-0,055	0,268	0,068	0,087	-0,110	-0,279	-0,198	0,611 ***	0,253

figure 26 : Corrélations entre les attributs subjectifs et les grandeurs physiques ; voitures - groupe 1

Puisque les variables subjectives sont peu corrélées pour les séquences de la rue, on peut comptabiliser l'influence des voitures sur plusieurs dimensions perceptives. Par contre, la grandeur physique la mieux corrélée aux variables subjectives étant la durée (%), on considèrera de préférence cette variable pour la caractérisation objective.

➤ Bus et Camions

*** P<0,01 ** P<0,05 ; Corrélatons calculées sur les séquences où la source apparaît

BUS	prégnance	présence	proximité	BUS	Leq particulier (dB)	Leq partiel (dB)	Leq partiel (%)	Lmin (dB)	Lmax(dB)	L10 dB	L5 dB	durée(s)	durée(%)
prégnance	1,000			prégnance	0,679	0,857***	0,842	0,309	0,741	0,697	0,672	0,786	0,857***
présence	0,832***	1,000		présence	0,385	0,611**	0,633	0,085	0,412	0,363	0,329	0,861	0,889**
proximité	0,967***	0,843***	1,000	proximité	0,720	0,855***	0,788	0,424	0,731	0,726	0,688	0,759	0,840***

figure 27 : Corrélatons entre les attributs subjectifs et les grandeurs physique; bus et camions-groupe 1

La présence des bus semble devoir être décrite par la durée (%). La prégnance et la proximité des bus sont corrélées au Leq partiel (dB) aussi bien qu'à la durée (%).

➤ Motos

*** P<0,01 ** P<0,05 * P<0,1 ; Corrélatons calculées sur les séquences où la source apparaît

MOTO	prégnance	présence	proximité	MOTO	Leq particulier (dB)	Leq partiel (dB)	Leq partiel (%)	Lmin (dB)	Lmax(dB)	L10 dB	L5 dB	durée(s)	durée(%)
prégnance	1,000			prégnance	-0,132	0,922	0,955**	-0,478	0,917	-0,256	0,070	0,887	0,982**
présence	0,980**	1,000		présence	-0,025	0,966	0,993***	-0,489	0,966	-0,112	0,244	0,961	0,999***
proximité	0,995	0,954**	1,000	proximité	-0,192	0,887	0,922*	-0,473	0,875	-0,332	-0,025	0,834	0,959**

figure 28 : Corrélatons entre les attributs subjectifs et les grandeurs physique ; motos-groupe 1

Puisque les variables subjectives sont très corrélées, une seule grandeur physique suffit à décrire la perception des motos. La grandeur physique que l'on semble devoir conserver est la durée (%), ou le Leq partiel (%), grandeurs très corrélées aux variables subjectives.

➤ Mobylettes et Scooters

*** P<0,01 ** P<0,05 * P<0,1 ; Corrélatons calculées sur les séquences où la source apparaît

MOB	prégnance	présence	proximité	MOB	Leq particulier (dB)	Leq partiel (dB)	Leq partiel (%)	Lmin (dB)	Lmax(dB)	L10 dB	L5 dB	durée(s)	durée(%)
prégnance	1,000			prégnance	0,578	0,835	0,965***	0,098	0,755	0,623	0,677	0,724	0,884**
présence	0,998***	1,000		présence	0,599	0,831	0,979***	0,121	0,771	0,644	0,699	0,681	0,855*
proximité	0,989***	0,989***	1,000	proximité	0,618	0,851	0,975***	0,148	0,786	0,662	0,713	0,697	0,867*

figure 29 : Corrélatons entre les attributs subjectifs et les grandeurs physiques ; mobylettes et scooters - groupe 1

Puisque les variables subjectives sont très corrélées, une seule grandeur physique suffit à décrire la perception des motos. La grandeur physique que l'on semble devoir conserver est le Leq partiel (%), grandeur très corrélée aux variables subjectives.

➤ Voix

*** P<0,01 ** p<0,05 ; Corrélations calculées sur les séquences où la source apparaît

VOIX	<i>prégnance</i>	<i>présence</i>	<i>proximité</i>
<i>prégnance</i>	1,000		
<i>présence</i>	0,913 ***	1,000	
<i>proximité</i>	0,806 ***	0,759 ***	1,000

VOIX	<i>Leq partielles (dE)</i>	<i>Leq partiel (%)</i>	<i>Lmin (dE)</i>	<i>Lmax (dE)</i>	<i>L10 dE</i>	<i>L5 dE</i>	<i>durée (s)</i>	<i>durée (%)</i>
<i>prégnance</i>	0,044	0,638 ***	-0,184	0,338	-0,023	0,081	0,586	0,689 ***
<i>présence</i>	0,005	0,715 ***	-0,193	0,253	-0,067	0,014	0,667	0,790 ***
<i>proximité</i>	0,475	0,409 **	0,210	0,527	0,411	0,464	0,372	0,509 **

figure 30 : Corrélations entre les attributs subjectifs et les grandeurs physiques ; voix - groupe 1

La proximité des voix semble dissociée des deux autres grandeurs (l'étude des corrélations focalisée sur le marché a montré que les variables étaient décorrélées). De ce fait, on peut envisager deux dimensions physiques pour expliquer la perception des voix : la durée (%), et une autre grandeur (Leq partiel (%) ou Lmax).

➤ Oiseaux

*** P<0.0 ; Corrélations calculées sur les séquences où la source

OISEAUX	<i>prégnance</i>	<i>présence</i>	<i>proximité</i>	OISEAUX	<i>Leq partiel (dB)</i>	<i>Leq partiel (dB)</i>	<i>Leq partiel (%)</i>	<i>Lmin (dB)</i>	<i>Lmax (dB)</i>	<i>L10 dB</i>	<i>L5 dB</i>	<i>durée (s)</i>	<i>durée (%)</i>
<i>prégnance</i>	1,000			<i>prégnance</i>	0,648	0,698	0,819***	0,633	0,746	0,642	0,645	0,654	0,886***
<i>présence</i>	0,966 ***	1,000		<i>présence</i>	0,635	0,696	0,858***	0,619	0,738	0,628	0,632	0,661	0,890***
<i>proximité</i>	0,964 ***	0,954 ***	1,000	<i>proximité</i>	0,696	0,741	0,807***	0,675	0,786	0,692	0,695	0,620	0,851***

figure 31 : Corrélations entre les attributs subjectifs et les grandeurs physiques ; oiseaux - groupe 1

Puisque les variables subjectives sont très corrélées, une seule grandeur physique suffit à décrire la perception des oiseaux. La grandeur physique que l'on semble devoir conserver est la durée (%).

❖ Interprétation

Les corrélations obtenues entre les variables subjectives et les critères physiques sont très dépendantes du codage réalisé. En effet, les niveaux calculés tiennent compte des autres sources présentes au même moment. Ainsi, si ces niveaux sont significatifs pour des sources « bruyantes » (comme les 2 roues ou les bus), ils perdent leur signification pour des sources telles que les oiseaux, pour lesquelles il sera préférable de travailler avec les temps de présence. De même, pour ces sources peu énergétiques, les données physiques ne permettent pas de faire la distinction entre les sources présentes continuellement mais « légèrement », et celles présentes continuellement mais

« fortement » ; ceci explique pourquoi les corrélations sont plus faibles entre données objectives et données subjectives pour les voix, les voitures, et les oiseaux.

Lors des premiers tests effectués en laboratoire, la proximité et la prégnance des sources étaient corrélées aux niveaux maximums, à l'exception de la prégnance des voitures, corrélée au temps d'apparition ; la présence des sources était corrélée au nombre d'apparitions des sources [Defreville-2005]. Notons que ces tests avaient été réalisés sur des séquences plus courtes (15s), et que les échantillons contenaient plus de passages de véhicules. Les marqueurs d'intensité choisis étaient les centiles d'intensité, et les Leq partiels n'étaient pas calculés. L'approche in situ est différente, puisque les véhicules se démarquent davantage par leur durée d'apparition que par leur nombre d'apparition (prenons l'exemple d'un bus qui, pour une occurrence de 1 passage, peut être peu présent –simple passage- ou très présents –arrêt de bus-).

La perception des sources semble ici encore différente pour les sources « prégnantes », telles que les deux roues (et dans une moindre mesure les bus) que pour les voitures : la perception des voitures semble reliée à leur durée d'apparition (%), alors que les autres source semblent être perçues en fonction de leur énergie (Leq partiel %) aussi bien qu'en fonction de leur durée d'apparition (%). Ceci confirme la différence de perception entre les sources « prégnantes », telles que les deux roues ou les bus, et les voitures, davantage assimilées à « l'objet route ».

5.2. Modèles objectifs proposés

On peut procéder de deux méthodes pour déterminer un modèle physique de caractérisation du désagrément :

- soit partir du modèle perceptif
- soit procéder directement à partir des grandeurs physiques

❖ Modèles construits en partant du modèle perceptif

Modèles perceptifs :

nb variables	variables du modèle					R ^{adj}
1	force sonore					92,5%
	prégnance voitures					79,8%
	présence oiseaux					74,2%
2	force sonore	présence voix				93,7%
	présence bus	prégnance voitures				93,9%
3	force sonore	présence bus	prégnance voitures			95,3%
	présence bus	prégnance bus	prégnance mob			94,8%
4	prégnance bus	prégnance voitures	proximité oiseaux	prégnance mob		96,5%
	force sonore	proximité oiseaux	prégnance mob	prégnance motos		96,4%

procédure stepwise ascendante	force sonore					92,5%
procédure stepwise descendante	prégnance voitures	proximité oiseaux	prégnance mob	prégnance motos		96,4%

Modèles physiques correspondants :

nb variables	variables du modèle					R ^{adj}
1	loudness 10%					86,8%
	durée% voitures					27,2%
	durée% oiseaux					65,3%
2	loudness 10%	durée% voix				86,2%
	durée% bus	durée% voitures				82,5%
3	loudness 10%	durée% bus	durée% voitures			92,4%
	durée% bus	durée% voitures	Leq % mob			88,4%
4	Leq% bus	durée% voitures	durée% oiseaux	Leq% mob		80,7%
	loudness 10%	durée% oiseaux	Leq % mob	Leq% moto		87,9%

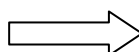


figure 32 : Modèles objectifs construits à partir des modèles perceptifs - groupe1

On part des modèles perceptifs construits dans la partie 3.4, à partir desquels on construit les modèles physiques correspondants, en remplaçant chaque grandeur perceptive par la grandeur physique qui lui est la mieux corrélée. Cette procédure met en avant de bons modèles, tel que : $sonie_{10\%} \& durée(\%) bus \& durée(\%) voitures, R^2_{aj} = 92,4\%$.

❖ Modèles construits en partant des grandeurs physiques

Cette méthode est différente, car elle part directement des grandeurs physiques et ne mettra pas nécessairement en avant les modèles issus des modèles perceptifs présentés. La procédure employée est la même que pour l'élaboration de modèles perceptifs, c'est-à-dire l'utilisation de l'outil statistique Statgraphics.

nb variables	variables du modèle					R ² adj
1	loudness 10%					86,8%
	durée% bus					42,8%
	durée% oiseaux					65,3%
2	loudness 10%	durée% oiseaux				89,2%
	loudness 10%	durée% bus				89,2%
3	loudness 10%	durée% bus	durée% voitures			92,4%
	loudness 10%	durée% oiseaux	durée% bus			91,7%
4	durée% voitures	durée% bus	Leq% motos	Leq% mob		95,3%
	loudness 10%	durée% bus	Leq% motos	durée% voitures		95,0%
	loudness 10%	durée% bus	durée% voitures	durée% oiseaux		92,9%
5	loudness 10%	durée% voitures	durée% bus	Leq% motos	Leq% mob	96,3
procédure stepwise ascendante	loudness 10%	durée% oiseaux	durée% bus			91,7%
procédure stepwise descendante	loudness 10%	durée% voitures	durée% bus	Leq% motos	Leq% mob	96,3%

figure 33 : Modèles objectifs construits en partant directement des grandeurs physiques - groupe1

On retiendra essentiellement deux modèles intéressants, résultats respectivement des procédures pas à pas ascendante et descendante :

$$\text{Caractère agréable} = 8,694 - 0,116 * sonie_{10\%} + 0,011 * durée(\%) oiseaux - 0,022 * durée(\%) bus : R^2_{aj} = 91,7\%$$

$$\text{Caractère agréable} = 9,109 - 0,052 * sonie_{10\%} - 0,031 * durée(\%) voitures - 0,060 * durée(\%) bus - 0,023 * Leq(\%) motos - 0,035 * Leq(\%) mobs : R^2_{aj} = 96,3\%$$

❖ Interprétation

La sonie 10% caractérise de manière efficace le désagrément sonore des séquences de 1min30. Notons que l'étude perceptive a montré que si la caractérisation du désagrément sonore basée sur la force sonore seule était efficace sur l'ensemble des séquences, elle montrait ses limites lorsqu'on se focalisait sur l'ambiance marché ou l'ambiance parc. On ne dispose pas d'assez de données pour

mener la même étude pour le modèle objectif (on dispose de 5 séquences pour le marché et de 6 séquences pour le parc), mais on peut s'attendre au même type de résultat.

Bien que le codage des sources ne puisse pas être très précis pour les sources telles que les voix et les oiseaux, on voit apparaître dans les modèles la durée (%) des oiseaux. En revanche, les voix n'apparaissent pas dans les meilleurs modèles physiques : ceci notamment car la proximité des voix n'est bien corrélée à aucune des grandeurs physiques relatives aux voix.

On peut comparer ces modèles à celui issu des tests en laboratoire [Defreville-2005]. Celui-ci était composé de la sonie, du nombre de bus, du nombre de mobylettes, et du temps d'apparition des voix. Au-delà la différence entre les indicateurs utilisés, on peut comparer le contenu des modèles obtenus. Si les bus apparaissent dans tous les modèles, ce n'est pas le cas pour les motos et les mobylettes, non pas qu'elles n'ont pas d'influence sur l'évaluation du caractère agréable des séquences, mais parce qu'étant plus rares dans nos séquences, elles apparaissent plus difficilement dans les modèles. De la même manière, les oiseaux, absents du premier modèle, apparaissent dans les modèles construits à partir du test in situ, dont 6 des 16 séquences ont été enregistrées dans un parc. Ainsi, d'une manière générale, les modèles présentés sont très dépendants des échantillons sonores de départs.

5.3. Synthèse

La caractérisation objective du désagrément sonore à court terme nécessite la sélection de grandeurs physiques pertinentes. Le marqueur d'intensité retenu est la sonie 10%. Concernant les sources sonore, les deux roues semblent devoir être représentées par leur niveau partiel d'énergie ($Leq_{\text{partiel}}(\%)$) ou bien par leur durée d'apparition (%); les autres sources sonores semblent devoir être représentées par leur durée (%), plus éventuellement le niveau maximum pour les voix.

Les modèles construits montrent le bon comportement de la sonie 10%. On ne dispose pas d'assez de données toutefois pour tester, de même que pour les modèles perceptifs (partie 3.4.1), ses limites sur l'ambiance « parc » et l'ambiance « marché ».

Enfin, la prise en compte des sources sonores améliore de manière significative la caractérisation du désagrément sonore, la durée des bus (%) et la durée des oiseaux (%) étant les deux grandeurs les plus influentes pour nos échantillons.

VI. EVALUATION A MOYEN TERME DE L'AMBIANCE SONORE

Au-delà l'évaluation de l'ambiance sonore par séquence, l'expérience réalisée in situ peut nous apporter des renseignements sur la manière dont l'information sonore est agrégée par les sujets sur une période plus longue. Deux analyses séparées et complémentaires peuvent nous renseigner sur la perception du sons à moyen terme :

- l'analyse de variance
- l'étude des centiles

6.1. Première étude : analyse de variance

Il a été demandé aux sujets des 6 groupes d'évaluer les 18 variables (prégnance, présence et proximité des 6 sources, force sonore et côté agréable) sur la globalité de la balade, en fin de parcours.

Les facteurs susceptibles d'influer cette notation sont :

- le sens de parcours : dans la mesure où l'ordre des séquences est inversé, et que le contenu sonore de la balade diffère.
- la fréquence de notation : dans la mesure où l'écoute des sujets n'est pas focalisée sur la même durée.

Ces deux facteurs ont potentiellement un effet sur l'appréciation de chacune des 18 variables. L'effet sur le caractère agréable de la balade est regardé plus en détails :

		F	Proba.
Effet principal	Sens	0,16	0,69
	Fréquence	0,46	0,63
Interaction	Sens*fréquence	0,22	0,81

figure 34 : Effet du sens de parcours et de la fréquence de notation sur le caractère agréable de la balade

Comme aucune valeur des probabilités n'est inférieure à 0,05, aucun des facteurs et aucune des interactions n'a d'effet statistiquement significatif sur le caractère agréable de la balade au niveau de confiance de 95%.

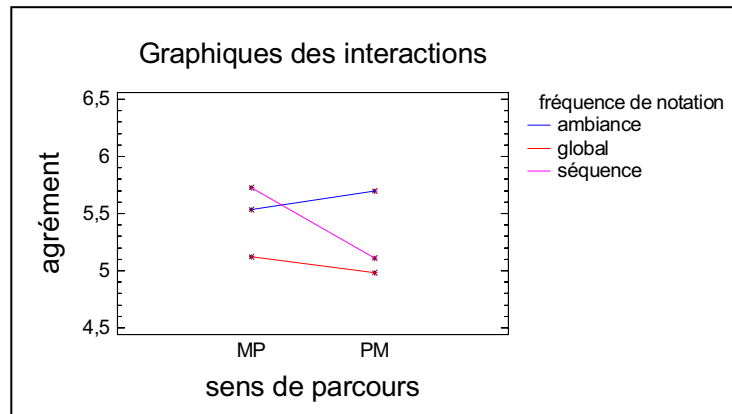


figure 35 : Représentation de l'effet du sens de parcours et de la fréquence de notation sur le caractère agréable de la balade

Bien qu'il ait été montré que l'interaction n'a pas d'influence significative sur la notation, on peut remarquer la note faible mise pour le caractère agréable global par le groupe notant les séquences et finissant par le marché (groupe 4) : l'influence du sens de parcours est plus importante pour les sujets ayant une écoute focalisée sur une durée courte. On ne peut toutefois parler que de tendance, puisque l'effet du sens de parcours sur la notation du caractère agréable global pour les groupes notant par séquence (groupes 1&4) n'est pas montrée (p -value = 0,36). Cette tendance peut s'expliquer par le fait que l'écoute par séquence a accentué l'importance de la fin du parcours, plus agréable pour le groupe 1 (finissant par le parc), que pour le groupe 4 (finissant par le marché), ce qui se fait ressentir au moment de la notation globale.

6.2. Deuxième étude : étude des centiles

On cherche pour cela à relier l'évaluation globale de chaque variable (c'est-à-dire pour la note globale, soit 45min) en fonction de celle à court terme (c'est-à-dire par séquence, soit 1min30). L'évaluation globale ayant été réalisée par les sujets des six groupes, il est possible de comparer l'évaluation globale des sujets selon le type d'écoute : écoute par séquence (groupes 1 & 4), écoute par ambiance (groupes 2 & 5), ou écoute globale (groupes 3 & 6). Cette comparaison est faite par le biais d'une étude des centiles des notes mises par séquence.

Sont représentées ci-dessous les notes globales mises pour chaque variable par les 6 groupes en fonction de l'inverse des centiles des notes récoltées pour les 16 séquences du groupe 1 et du groupe 6 (le détail de l'étude des centiles est donnée en *annexe 5*).

Par exemple, la note globale moyenne mise par le groupe 4 concernant le prégnance des voitures est égale à la note dépassée 6% du temps lors les 16 séquences du groupe 4.

	valeur globale supérieure à la valeur dépassée 10% du temps
	valeur globale supérieure à la valeur dépassée 20% du temps
	valeur globale supérieure à la valeur dépassée 30% du temps
	valeur globale supérieure à la valeur médiane
	valeur globale inférieure à la médiane

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voix			oiseaux			force sonore	agrément ou désagrément
	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	ressentie	sonore
GLOBAL G1	6%	3%	60%	2%	2%	7%	6%	> Max	6%	> Max	2%	5%	13%	16%	33%	20%	25%	34%	32%	57%
GLOBAL G2	13%	9%	60%	4%	16%	6%	10%	11%	8%	12%	13%	11%	55%	21%	33%	60%	52%	56%	46%	66%
GLOBAL G3	22%	> Max	2%	4%	10%	4%	7%	9%	2%	7%	8%	5%	16%	49%	31%	38%	48%	45%	22%	69%

évaluation globale des critères en fonction des centiles des évaluations des 16 séquences : sens de parcours : matché-rue-parc

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voix			oiseaux			force sonore	agrément ou désagrément
	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	prégnance	prévalence	prévalence	ressentie	sonore
GLOBAL G4	6%	1%	43%	22%	29%	23%	> Max	> Max	> Max	> Max	5%	1%	49%	55%	38%	6%	30%	28%	33%	57%
GLOBAL G5	> Max	2%	42%	23%	27%	23%	> Max	> Max	> Max	> Max	> Max	> Max	46%	53%	48%	11%	30%	28%	28%	43%
GLOBAL G6	> Max	> Max	40%	27%	35%	31%	4%	8%	3%	39%	33%	30%	57%	54%	40%	14%	23%	11%	12%	58%

évaluation globale des critères en fonction des centiles des évaluations des 16 séquences : sens de parcours : parc-rue-marché

figure 36 : *Évaluation globale des critères en fonction des centiles des évaluations des séquences*

❖ Interprétation

L'agrégation de l'information sonore contenue dans les séquences semble différer d'une part selon la variable considérée, et d'autre part selon le type d'écoute.

Selon la variable considérée :

Les auditeurs semblent de manière générale faire leurs estimations globales en fonction des événements marquants du parcours : les valeurs données pour les évaluations globales se rapprochent des valeurs maximum rencontrées par séquence. Ceci va dans le sens d'une étude menée sur la sonie à partir d'échantillons sonore de 20min [Kuwano-2003].

Toutefois, en regardant les centiles plus dans le détail, on remarque que la perception globale semble différer selon la source sonore considérée :

- pour les véhicules, l'évaluation globale des variables semble s'orienter vers les notes maximales, autour de la note dépassée 10% du temps. On note cependant que ce n'est pas le cas pour l'évaluation de la proximité des voitures, qui s'oriente davantage vers une note proche de la médiane.

- Pour les sources sonores naturelles (voix et oiseaux), l'évaluation globale des variables semble s'orienter vers une note plus médiane, autour de la note dépassée 30% du temps.
- Pour la force sonore, l'évaluation globale semble s'orienter vers une note dépassée 30% du temps. Ce résultat est différent de ceux d'études faites sur la sonie de séquences sonore issues d'ambiances urbaines [Zwicker-1990], qui proposaient d'utiliser une évaluation globale de la sonie proche de la valeur N10%.
- L'évaluation du caractère agréable de la globalité de la balade semble s'orienter vers une valeur supérieure à la médiane (environ vers la note dépassée 60% du temps), soit une note un peu plus désagréable que la médiane. En outre, on s'aperçoit que la note d'agrément global diffère peu de la moyenne des notes d'agrément sur les séquences (voir *annexe 6*). Attention toutefois, on a vu dans la partie 2.2.3 que la moyenne des notes d'agrément global doit être étudiée avec précaution ; il faut donc relativiser les résultats obtenus.

Selon le type d'écoute :

On note une légère tendance, pour les auditeurs focalisés sur une écoute par séquence, à retenir davantage les événements marquants, que pour les auditeurs focalisés sur une écoute globale, qui intègrent davantage les événements entendus.

6.3. Synthèse

Si les événements marquants semblent déterminer l'évaluation globale des variables relatives aux sources sonores artificielles testées, ce n'est pas le cas pour les sources naturelles ou pour la force sonore.

En ce qui concerne l'évaluation du caractère agréable de la balade, les notes semblent s'orienter vers la médiane ou la moyenne des séquences entendues. Attention toutefois, cette interprétation doit être nuancée par le fait qu'on obtenait deux paquets de réponses pour l'évaluation du caractère agréable de la balade. Enfin, l'influence du sens de parcours pour l'évaluation de l'ambiance sonore globale n'est pas statistiquement significative. Ainsi, d'un point de vue pratique, la caractérisation de l'agrément sonore à moyen terme semble possible à partir de sa caractérisation à court terme.

VII. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Notre travail a porté sur la caractérisation du désagrément sonore en environnement urbain, basé sur l'indentification des sources. Le point de départ de ce travail a été un test in situ. Le test a consisté en une balade de 45 minutes en environnement urbain comprenant un parc, une rue moyennement circulée et un marché. Au cours de la balade, les sujets ont été attentifs à l'environnement sonore, et l'ont évalué en fonction de dimensions perceptives (présence, prégnance et proximité) relatives à chaque source sonore entendue (véhicules, voix et oiseaux) ; la force sonore et le caractère agréable ont également été évalués. Les sujets ont été pour cela répartis en six groupes d'observation, selon le sens de parcours et le type d'écoute demandé (c'est-à-dire la durée sur laquelle est focalisée l'écoute des sujets). Une étude statistique a ensuite été faite, et a aboutit aux résultats suivants.

La caractérisation de l'agrément sonore d'un parcours en milieu urbain ne peut pas s'appuyer sur la mesure seule d'un indicateur physique d'intensité, tel que la sonie (N ou N10%). Si les résultats des indicateurs d'intensité sont bons pour un boulevard, voire pour une rue peu circulée, ce travail montre qu'ils sont insuffisants pour caractériser le caractère agréable d'une ambiance sonore de type « parc » ou « marché », résultat qui est en accord avec des études précédentes [Raimbault-2002] ; [Berglund-2004].

De plus, d'une manière générale, la prise en compte dans les modèles des sources sonores améliore la caractérisation du désagrément sonore, résultat qui confirme les études précédentes menées dans ce sens [Defreville-2005]. Les sources sonores qui apparaissent dans les modèles étant très dépendantes des échantillons de départ, celles qui sont présentées ci-après sont sélectionnées en fonction de l'étude présente, et de l'étude en laboratoire menée précédemment [Defreville-2005].

Ainsi, on propose l'utilisation de la mesure de sonie ($N_{10\%}$) dans une ambiance de type « rue » ; on conseille par contre l'utilisation du pourcentage de temps d'apparition des voitures à la place de la mesure de sonie dans les ambiances de type « parc » ou « marché ».

De plus, la caractérisation du désagrément sonore nécessite la représentation des sources sonores influentes sur l'ambiance.

❖ Bus, motos et mobylettes

- Les grandeurs perceptives retenues dans les modèles subjectifs sont la présence pour les bus, et la prégnance ou la présence pour les deux roues

(notons que ces deux grandeurs sont très corrélées) ; ces sources sonores sont toujours synonymes d'une augmentation du désagrément sonore.

- Leur durée d'apparition (ou nombre d'apparition) était la représentation physique mise en évidence lors des premiers tests en laboratoire. Notre travail confirme que la durée d'apparition est une représentation adéquate de l'influence de ces sources sonores sur le caractère agréable à court terme (durée des séquences : 90s.)

❖ Voix

- La proximité semble être la dimension perceptive la plus influente. Au vu des tests in situ, elle a une influence positive sur le caractère agréable.
- La prégnance est elle aussi influente, mais perçue de manière négative. Notons que la prégnance apparaissait également dans les premiers tests en laboratoire. La représentation physique pourra s'appuyer sur le pourcentage de temps d'apparition.

❖ Oiseaux

- La dimension perceptive qui apparaît dans les modèles construits est la présence, d'influence toujours positive sur le caractère agréable des séquences.
- L'influence des oiseaux semble devoir être représentée physiquement par leur pourcentage de temps d'apparition ; toutefois, cette représentation n'améliore la caractérisation de l'agrément sonore que si leur niveau sonore est suffisant (dans le parc par exemple).

D'un point de vue pratique, l'utilisation de modèles de type régression linéaire multiple semble être un moyen approprié pour prédire le désagrément sonore à court terme ; en effet, de fortes corrélations ont été obtenues dans l'élaboration des modèles objectifs d'estimation du désagrément sonore. Il convient d'être précautionneux avec l'évaluation des séquences de transition entre les ambiances, qui semble dépendre du sens de parcours. Notons que l'utilisation d'une telle caractérisation passe par un moyen efficace de reconnaissance automatisée des sources sonores, sujet à l'étude au sein du projet dans lequel s'inscrit notre travail.

Enfin, l'évaluation du caractère agréable de l'ambiance sonore à moyen terme (45min), semble pouvoir être déduite de la caractérisation à court terme, dans la mesure où ni le sens de parcours, ni le type d'écoute n'influent de manière statistiquement significative sur l'évaluation. Cette évaluation semble être proche de la médiane ou de la moyenne des séquences observées. Ce point devra toutefois être validé par d'autres études.

Pour conclure, certains des modèles présentés dans cette étude ont pour objectif d'être intégrés dans une représentation cartographique de l'agrément sonore d'un site. Leur choix devra être fait en fonction de contraintes physiques (relatives à l'indentification, aux temps de calcul et de transfert nécessaires), et en fonction du choix de représentation visuel fait. La caractérisation de l'agrément sonore ne s'appuiera pas sur la seule représentation des modèles, mais devra certainement être accompagnée de cartographies par type de sources superposées. On pourra par exemple proposer une carte globale synthétisant les cartes spécialisées par type de source ; cette carte globale étant construite à l'aide des régressions élaborées. Cette synthèse devra idéalement être présentée accompagnée des cartes de chaque source sonore.

**RECHERCHE DE DESCRIPTEURS PHYSIQUES DES
SONS DE L'ENVIRONNEMENT POUR LA
RECONNAISSANCE AUTOMATIQUE DES SOURCES**

I. INTRODUCTION

Dans l'étude du chapitre précédent, à travers une série de tests psychoacoustiques réalisés in-situ, deux éléments ont été mis en évidence :

- La perception hédonique d'un environnement sonore urbain de quartier peut être évaluée selon deux aspects complémentaires.
- Ces deux principaux aspects permettent d'utiliser de façon optimale un modèle de type régression linéaire multiple pour expliquer la qualité de cet environnement sonore.

Le **premier aspect** est lié à la force sonore.

Le **second aspect** traduit l'influence des sources sonores occurrentes et émergentes.

L'étude in situ a également montré que ces deux aspects n'ont pas le même poids selon l'ambiance sonore. Pour illustration, la figure 37 indique les pourcentages de variance des jugements de désagrément expliqués par les différentes variables selon les trois lieux étudiés dans ce travail : parc, rue et marché.

		Variables subjectives		
		Force sonore	Sources sonores	Force sonore + sources sonores
Ambiance	Rue	85 à 90%	86%	89.1% à 98.7%
	Parc	34.4%	83.3%	95.5%
	Marché	0.0%	80.0%	80.0%

figure 37 : Pourcentages de variance des jugements de désagrément expliqués par les différentes variables selon les trois lieux étudiés dans ce travail : parc, rue et marché.

L'évaluation chiffrée du désagrément à partir d'un environnement sonore existant nécessite de transcrire ces variables objectives à partir de mesures physiques.

La transcription objective de la force sonore est réalisée de manière satisfaisante par la mesure physique de la sonie (N) selon le modèle de Zwicker, ou plus exactement de la sonie moyenne. De

surcroît, il existe des logiciels qui réalisent ce calcul (par exemple dBFa32 de 01dB Acoustics&Vibration que nous avons utilisé).

Concernant les variables ayant trait aux sources sonores ; nous avons vu que nous pouvons les transcrire par l'extraction de données temporelles relatives aux sources. Ces données sont disponibles à partir d'un codage sur la courbe d'évolution du niveau de pression L_{Aeq} . Ce codage est cependant fastidieux pour l'expérimentateur car il nécessite la réécoute des stimuli et le codage par source.

Si l'on veut pouvoir utiliser les modèles extraits de façon automatique, il est nécessaire de permettre le codage des sources sans intervention manuelle et de façon rapide.

Ainsi, ce troisième et dernier chapitre expose deux pistes pour identifier automatiquement les principales sources sonores de l'environnement urbain.

Nous précisons que, même si ce n'est pas indiqué de façon systématique par la suite, le travail d'identification entrepris porte sur l'identification des *passages* de véhicules. Nous excluons l'identification des véhicules à l'arrêt ou au démarrage par exemple. Nous ne faisons évidemment pas ces distinctions pour les voix et les oiseaux. De même, nous désignons par cyclomoteur la catégorie de véhicules à deux roues motorisés ayant une cylindrée inférieure à 125 cm^3 : par exemple les scooters et les cyclomoteurs. La notation abrégée de la catégorie cyclomoteur est Mob. Les motos sont quant à elles caractérisées par une cylindrée supérieure à 125 cm^3 .

L'étude est basée selon une démarche *heuristique* dans le sens où nous procédons par évaluations successives (bases de données sonores) et hypothèses provisoires (assignation arbitraire d'un nom de classe aux sources sonores). Cette recherche, ainsi fondée sur une approche progressive du problème donné, est le résultat de l'utilisation d'un outil informatique, EDS (Extractor Discovery System) [ZILS-04]. Celui-ci permet de caractériser un type d'événement sonore par un modèle faisant appel à des assemblages d'opérateurs de traitement du signal. Ce système fonctionne selon une recherche supervisée, c'est-à-dire que lui sont indiqués à l'avance (par étiquetage) les noms des classes correspondant aux événements sonores. La méthodologie employée est de partir d'une classification préétablie (cyclomoteurs, bus...) et d'interpréter les résultats d'EDS en vue d'établir une nouvelle typologie. Des regroupements et des séparations de classes vont donc être effectués tout au long de ce travail, au gré de la pertinence des résultats obtenus par le système.

II. INTRODUCTION SUR L'IDENTIFICATION DES SOURCES OU EVENEMENTS SONORES

2.1. Théorie

La fonction primaire du système auditif est de nous renseigner sur notre environnement pour pouvoir agir en conséquence.

Une fois l'information sonore disponible, l'identification est donc l'une des premières tâches que nous accomplissons. Dans le cadre des études menées actuellement sur le sujet qui ont pour bases théoriques le traitement de l'information, nous allons voir quelles sont les différentes étapes de traitement qui permettent au système auditif d'identifier la nature d'un objet émetteur de son.

2.1.1. Les étapes de l'identification

La théorie cognitive décompose le traitement de l'information auditive en étapes et en explique les liens. Stephen McAdams [MCADAMS-94] dans un chapitre de l'ouvrage « Penser les Sons », expose une bonne partie des recherches ayant trait à cette théorie de l'information en la décomposant en « étapes hypothétiques ». Nous tentons ici d'en reprendre les grandes lignes.

On peut grouper les étapes d'une identification en deux groupes principaux. Chacun de ces groupes étant lui-même décomposé en processus élémentaires [figure 38].

Tout d'abord, le groupe des processus dits ascendants, car essentiellement fondés sur une analyse des données entrantes. Celui-ci comprend une phase de transduction sensorielle où l'information auditive est transmise au cerveau. Elle passe par le système auditif périphérique (oreille externe, moyenne et interne) et est transmise au cerveau par les fibres nerveuses qui constituent le nerf auditif. Le processus de groupement [BREGMAN-90] permet, dans le même temps, de traiter l'information auditive en réalisant automatiquement un groupement ou une séparation des flux auditifs. Ces processus sont présumés automatiques. A ce stade il n'y a pas encore d'identification, uniquement un prétraitement ou un pré-conditionnement de l'information. Concrètement, l'information sonore nous parvenant de deux véhicules passant simultanément sera divisée en deux flux distincts. Ceci de manière présumée automatique dans la mesure où l'expérience personnelle a une influence minimale sur ce conditionnement.

Vient ensuite le groupe des processus descendants. Une fois l'information traitée et les flux auditifs séparés, il faut distinguer deux analyses qui vont permettre à une personne d'identifier une source sonore.

L'analyse des *propriétés microtemporelles* consiste à extraire des propriétés de l'événement sur une fenêtre temporelle de durée assez courte et de les comparer à des *invariants* qui seraient stockés en mémoire. Notre expérience nous a ainsi rendus sensibles aux *invariants structuraux* qui nous fournissent des informations sur la structure physique de la source sonore. Par exemple, des voitures sont identifiées comme telles, quel que soit leur régime moteur ou leur largeur de pneus, uniquement parce qu'elles émettent un bruit de moteur et/ou un bruit de contact pneumatique-chaussée. Par ailleurs, un bruit de moteur est reconnaissable quel que soit le nombre de cylindres disponibles. Cela fait appel à la détection d'un *invariant transformationnel* dans le signal sonore permettant l'identification de l'événement mécanique. L'auditeur peut par exemple utiliser cet invariant pour lui permettre d'établir un diagnostic sur le fonctionnement du moteur.

La seconde analyse qui permet à un auditeur l'identification d'une source considère une fenêtre temporelle plus large. En conséquence elle permet de s'attacher « au rythme et à la texture de l'événement sonore » [MCADAMS-94]. C'est l'analyse des *propriétés macrotemporelles* qui permettent d'indiquer une modification de la source. Dans le cas des sources mécaniques, la modification du niveau sonore d'un véhicule (conjuguée à l'effet Doppler, conséquence de son mouvement), est un indice qui peut s'avérer utile pour différencier, par exemple, le bruit d'un cyclomoteur de celle d'une tronçonneuse.

Après avoir structuré le signal sonore et extrait des propriétés pertinentes [figure 38], l'étape suivante est l'*ajustement au lexique auditif*. A ce stade, le sujet va « comparer » les informations reçues et retenir la configuration la plus probable permettant ainsi la reconnaissance de l'événement sonore. Plusieurs thèses existent à ce point sur le déroulement de cette étape¹.

Enfin, le dernier traitement est celui qui nous fait passer du stade de la reconnaissance à celui de l'identification lorsque nous pouvons nommer la source ou l'événement sonore. L'activation lexicale entraîne dès lors l'activation d'autres effets qui ne sont plus purement auditifs.

¹ Il peut y avoir soit une comparaison avec des représentations stockées en mémoire avec retenue de la configuration la plus probable, soit l'activation directe de représentations mnésiques avec identification par dépassement d'un seuil d'activation.

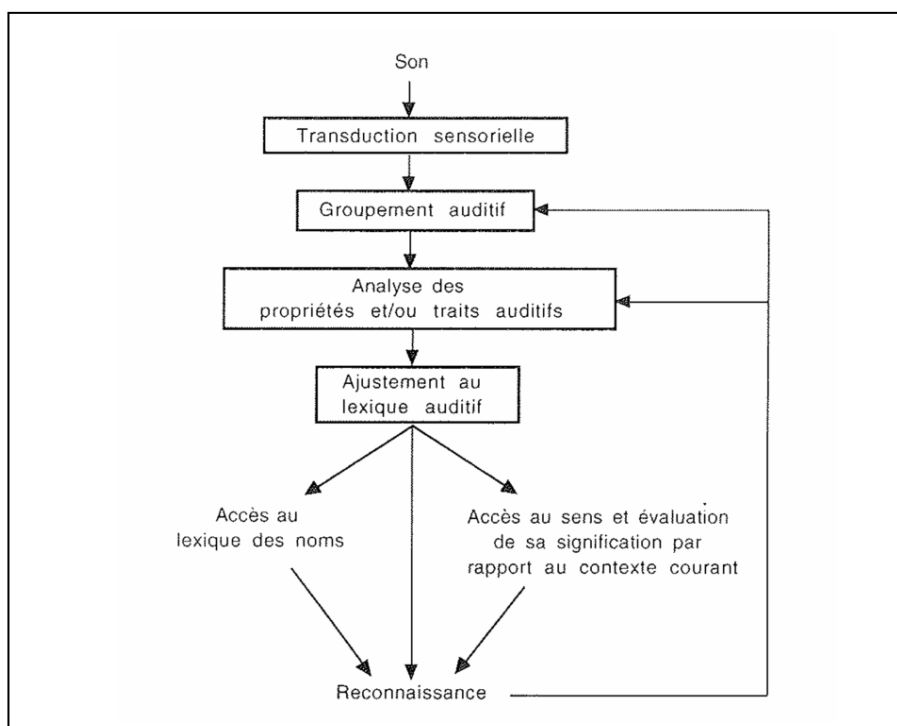


figure 38 : Schéma des étapes hypothétiques du traitement qui interviennent dans l'identification ou la reconnaissance. La représentation sous forme d'organigramme n'implique pas forcément que le traitement de chaque type soit séquentiel. [MCADAMS-94].

2.1.2. Les facteurs cognitifs

En plus des facteurs acoustiques spectraux et temporels, des facteurs cognitifs ou « schémas mentaux » tiennent également une grande importance dans la tâche d'identification des sources. Ces facteurs ont été définis en faisant l'hypothèse que les schémas de la reconnaissance des sons de l'environnement sont comparables aux schémas de traitements de la reconnaissance vocale [HANDEL-89] (la reconnaissance d'un événement sonore dans son environnement se construit de la même façon que la reconnaissance d'un mot dans une phrase). Au cours des recherches effectuées dans les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix, plusieurs concepts ont été mis en évidence.

L'*ambiguïté causale* (« causal ambiguity ») [BALLAS-93], correspond à une incertitude basée sur le nombre de différentes causes génératrices d'un même son (le miaulement d'un chat et le cri d'un bébé par exemple). C'est en quelque sorte le nombre d'homonymes sonores. Sur un corpus de sons assez courts (environ 600 ms), Ballas et ses collègues ont même trouvé que le temps nécessaire à l'identification des sons de l'environnement était en relation logarithmique avec le nombre d'alternatives causales de cette source [BALLAS-86].

Deux indices nous servent pour l'identification d'un son ayant une ambiguïté causale :

La *fréquence écologique* (« ecological frequency ») [BALLAS-87] est définie par la fréquence d'occurrence des sons. C'est un indice temporel qui nous permet, selon la période (journalière ou annuelle par exemple) d'apparition d'un événement sonore, de l'identifier.

L'*information contextuelle* [BALLAS-91] est un facteur qui nous permet, par exemple, d'identifier une séquence comme correspondant à l'explosion d'un pétard si elle est composée des sons d'une allumette qu'on gratte, de la mèche du pétard qui brûle et enfin de l'explosion ; de la même manière que l'identification correcte d'un mot dans une phrase peut dépendre des mots suivants et précédents.

Nous pouvons également ajouter à ces deux indices utiles la notion de *typicalité* et de *familiarité* du son (par exemple, il a été montré que les sons les mieux identifiés sont ceux de la catégorie « sons humains », suivis par les sons d'instruments, les sons d'objets et enfin les vocalisations animales [LASS-82]).

Brian Gygi [GYGI-01] a testé l'habilité du système auditif à identifier les sons environnementaux en réduisant leurs informations spectrales et temporelles (par filtrages et modulations qui conservent l'enveloppe temporelle d'un son mais en conservant un spectre quasi uniforme). Il apparaît que les capacités d'identification de ces sons sont très robustes à tous les changements précités. L'information spectrale utile se situe, pour la plupart des soixante-dix sons employés, dans les régions des moyennes et hautes fréquences (de 600 à 4800 Hz). Les sons traités les mieux reconnus sont ceux qui ont de fortes caractéristiques temporelles (hélicoptère, montre, galop) alors que ceux caractérisés par leur hauteur (oiseau, flûte) et les sons stationnaires (la scie électrique par exemple) sont plus difficiles à identifier. De plus, il ressort que les auditeurs utilisent les informations temporelles d'un son, en l'absence d'information spectrale. Il est ainsi difficile de tirer des lois générales quant aux informations spectrales et temporelles qui nous servent à l'identification. Une combinaison de variables descriptives des propriétés spectrales et temporelles des sons (nombres de pics, moyennes spectrales, énergie...) permet d'expliquer (seulement) jusqu'à 60 % de la dimension principale résultant d'un test de comparaisons entre les sons présentés, et l'auteur de conclure que des facteurs cognitifs de « haut-niveau » ainsi que les interactions sensibles (signification des sons) ont également une très grande importance dans une tâche d'identification.

Ballas [BALLAS-93], quant à lui, a montré que les propriétés spectrales et temporelles associées à la mesure de la *fréquence écologique* permettaient d'expliquer 75% de la variance du temps d'identification d'un panel de sons environnementaux.

2.1.3. La classification des sons

Un système de reconnaissance parfait serait celui qui reproduirait à l'identique l'habileté du système auditif humain à identifier les sons. Cette modélisation nécessiterait une connaissance approfondie des caractéristiques utiles des signaux que nous extrayons et des processus cognitifs de décision, ainsi qu'une puissance de calcul sans doute très importante.

Une façon naturelle d'identifier les sources est de s'appuyer d'abord sur une catégorisation arbitraire des sons. Cette catégorisation découle de notre perception visuelle. Intuitivement, nous allons en effet classer les sources en fonction de leur appartenance visuelle, c'est-à-dire par l'objet producteur de son. Par exemple, concernant les bruits urbains, la première classification qui s'impose est de différencier les voitures, les motos, les cyclomoteurs, les bus, les camions, les oiseaux, les voix... Mais cette différenciation est délicate pour des sources identiques visuellement mais différentes d'un point de vue sonore. Nous verrons par la suite que c'est le cas pour les motos. De même, simplement pour une voiture, le son émis sera très différent si elle est à l'arrêt, au démarrage ou en passage.

Notre travail s'appuie sur une caractérisation acoustique des sources. Si les classes qui découlent de cette caractérisation sont trop nombreuses, un regroupement des sous-classes permet de retrouver la classification des sources telles que nous les voyons.

Ainsi, la dénomination des sons ne peut se restreindre à une seule méthode. Traditionnellement, on dénomme les sons par leur origine : le bruit de la porte, la parole du sage etc, mais les sources d'inspirations peuvent être multiples et variées : apparentées aux ressemblances animales, actions, mécanismes, formes...

Les auteurs peuvent avoir ainsi différentes approches, selon la finalité de l'étude sur laquelle se base cette classification :

❖ L'approche musicale

Pour établir une classification des objets sonores, Schaeffer [SCHAEFFER-66] a tenté d'établir tout d'abord une typologie basée sur la morphologie des sons. Celle-ci est définie sur sept critères de valeurs :

- 1) la masse : organisation du son dans la dimension spectrale ;
- 2) la dynamique : description de l'intensité des différentes composantes du son ;
- 3) le timbre harmonique : qualités particulières et « couleur » du son ;
- 4) le profil mélodique : évolution temporelle du spectre global du son ;
- 5) le profil de masse : évolution temporelle des composantes spectrales internes du son ;

- 6) le grain : analyse des irrégularités de surface du son ;
- 7) l'allure : analyse des vibratos (de hauteur et de dynamique) du son.

❖ L'approche « écologique »

Ainsi dénommée car elle tient compte de l'information que produisent les sons. En effet, de son côté, Gaver [GAVER-89] a choisi d'établir une taxinomie des sons de l'environnement selon le type d'interaction dont ils proviennent. Il classe ces événements sonores selon une hiérarchie (catégorielle) et relie ensuite ces interactions avec des descriptions acoustiques des ondes sonores. [figure 39]

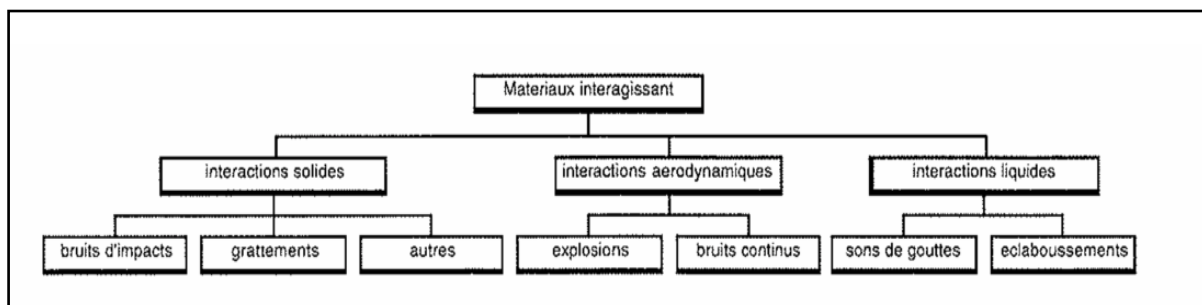


figure 39 : Description hiérarchique des événements sonores selon Gaver.

Enfin, Léobon [LEOBON-95] a répertorié l'ensemble des sources acoustiques de l'environnement sonore urbain dans un nombre limité de catégories de sources ayant une importance perceptive « identique ». Six types de sources sont ainsi dégagés [MAFIOLLO-99] :

- Bruit de fond : quantifie indirectement les notions de calme et de faux silence.
- Activités mécaniques : révèle les bruits de moteurs, de circulation automobile, les bruits de transports et les bruits de chantiers de construction.
- Activités humaines : signe des bruits liés aux activités quotidiennes des individus, aux actes qui ne révèlent pas de simple fonction de passage, aux loisirs, etc.
- Bruits d'animaux et de la nature : se réfèrent généralement aux espaces paysagers (également au bruit du tonnerre ou de la pluie).
- Présence humaine : relative aux indices de passage humain (voix, pas, etc.).
- Langage et communication : rendent compte des messages sonores très interpellant (signalétiques, animations musicales, conversations intelligibles, etc.).

Les trois classifications décrites ci-dessus sont des classifications perceptives car elles découlent de différents types d'écoutes. Ces écoutes sont orientées selon les besoins de l'auditeur et de ce fait suivant les informations qui lui sont utiles.

La première approche présentée s'appuie sur une description précise des caractéristiques spectrales et temporelles des sons pour décrire les objets sonores. Bien que cette dernière ait été établie en vue d'une représentation structurelle des sons de l'environnement, l'objet est séparé de son contexte naturel de production et est placé dans un contexte d'écoute musicale. L'écoute diffère de notre propos, le mode de perception également ; la nature même des sources sonores ou leur identité découlant d'une telle classification risque d'être occultée.

La seconde approche est intéressante dans le sens où elle organise les sons de manière hiérarchique. De plus elle s'appuie sur des informations acoustiques présentes dans les sons, informations qualifiées de « bas-niveau » que nous pourrions extraire. Ainsi, nous pourrions imaginer d'orienter les recherches de sources en partant des interactions détectées. Cependant, dans l'environnement sonore urbain, de nombreux sons peuvent faire intervenir plusieurs de ces interactions (nous avons déjà cité le son d'une voiture).

La dernière classification ne s'appuie pas assez sur des considérations physiques des sons. Or ce sont les seuls paramètres que nous sommes en mesure d'évaluer ici.

Ainsi il n'y a pas, à notre connaissance, de classification déjà établie dont les caractéristiques pourraient nous servir de base de départ à l'étude d'identification.

Notre but ici est bien d'identifier les sources que nous percevons en milieu urbain et qui entrent en compte dans nos modèles. Ce sont donc celles-ci qui forment le point de départ de notre taxinomie. Cette taxinomie s'appuie sur les similitudes spectro-temporelle des sources sonores.

2.2. Applications aux sons de l'environnement urbain

2.2.1. Des méthodes aux applications

Les recherches sur la reconnaissance des sources sonores telles que la voix d'un locuteur ou des instruments de musique sont relativement abouties. Bien que les systèmes de reconnaissance ne modélisent pas encore les effets cognitifs précités, il est désormais possible d'identifier ces sources en raison d'une connaissance approfondie des traits pertinents de leur signature sonore. Les systèmes d'identification les plus performants se réfèrent aux caractéristiques des structures micro et macro temporelles des sons. Ces systèmes utilisent ces caractéristiques en entrée de modèles ou

classificateurs (réseaux de neurones, chaînes de Markov...). Ils fonctionnent par apprentissage sur de larges bases de données (généralement plusieurs milliers de séquences sonores). Les conditions requises pour une bonne identification sont d'une part une caractérisation robuste des signaux et d'autre part la mise à disposition d'une base de données assez grande. Rappelons que tous les systèmes n'apprennent uniquement que ce qu'on leur donne à apprendre (bases de données) et ce qu'on leur demande de chercher (caractéristiques physiques).

Ce niveau d'expertise a été rendu possible grâce aux nombreuses applications commerciales : multimédias, robotique, téléphonie...

Peu de recherches ont été entreprises concernant les sons de l'environnement et encore moins sur des ambiances dans lesquelles les sons sont inévitablement mixés avec d'autres bruits. De plus, la tâche est rendue d'autant plus difficile qu'il existe une grande variété de signaux possibles pour une même catégorie d'événements sonores.

Techniquement, la quasi-totalité des modèles exposés dans la littérature [COWLING-03], [TOYODA-04], [ZHANG-98], [GOLDHOR-93], [ZILS-04], [DUFAUX-00] et ayant pour but l'identification des sons de l'environnement (qui sont des sons pris isolément) se font sur un schéma identique, déjà éprouvé pour la reconnaissance vocale et d'instruments de musique.

Ils s'appuient sur l'utilisation de classificateurs automatiques. Les *classificateurs supervisés* sont ceux couramment employés. Ces systèmes sont pré-orientés dans le sens où on leur indique au préalable les noms des sources recherchées, contrairement au *classificateur non –supervisé* dans lequel les systèmes assignent eux-mêmes au son sa classe d'appartenance.

Dans la littérature, les systèmes utilisés pour l'identification des sons de l'environnement s'appuient sur une classification supervisée.

2.2.2. La classification supervisée

Elle se déroule en deux étapes principales. Il y a tout d'abord une recherche de traits pertinents des signaux classés grâce à l'analyse des propriétés spectrales et temporelles (soit par décomposition en séries de Fourier, soit par décomposition en ondelettes) suivie d'une phase de classification automatique utilisant les techniques d'intelligence artificielle.

Pour être fiables, les traits doivent désigner exclusivement la source recherchée. Dans ce sens, on utilise des opérateurs de traitement du signal qui manipulent les sons et permettent d'en dégager des caractéristiques propres. La phase de classification quant à elle, est utilisée pour reconnaître le

son en cataloguant les traits des sons existants d'une certaine manière (entraînement ou apprentissage) pour ensuite confronter des sons tests à cette base de données de tests.

Il semble, selon les auteurs cités au paragraphe précédent, que les résultats obtenus pour l'identification des sons de l'environnement sont satisfaisants. Toutefois, ces conclusions sont issues de tests effectués sur des bases de sons isolés. Or nous savons que de tels sons ne se produisent que très rarement de façon individuelle. Si ces systèmes fonctionnent de manière satisfaisante sur de tels sons, leur utilité dans le cadre de nos recherches est donc limitée car les séquences que nous utilisons contiennent du *bruit*. L'absence de bibliographie sur ce sujet, ajoutée à l'inexistence de systèmes ou logiciels commercialisés, semble indiquer que les algorithmes pour l'instant employés pour la reconnaissance de source en environnement urbain ne sont pas satisfaisants.

Nous exposons ici les résultats obtenus par l'utilisation d'opérateurs de traitement du signal réalisant une analyse fine des variations spectrales et temporelles des sources.

III. IDENTIFICATION AUTOMATIQUE DES SOURCES PAR UTILISATION D'OPERATEURS DE TRAITEMENT DU SIGNAL

Ce travail a été effectué en collaboration avec une branche de la société SONY dédiée aux recherches sur les sciences informatiques : Sony Computer Science Laboratory (SONY CSL Paris). Nous avons utilisé le logiciel EDS (Extractor Discovery System). Les résultats obtenus (formalisés par la mise en évidence d'opérateurs de traitement du signal) sont importants car ils exposent des descriptions intrinsèques des sources ou événements sonores étudiés.

EDS est un système en cours de développement qui n'a pas pour but d'être commercialisé. Il représente un dispositif puissant car il est capable d'effectuer une grosse quantité de calcul sans nécessité de nombreuses manipulations et qu'un grand nombre d'opérateurs de traitement du signal y est implémenté. Il représente un outil permettant de simplifier certaines tâches (visualisation des données, modèles de classification déjà implémentés, génération automatique d'un exécutable...).

3.1. Description d'EDS

Le logiciel EDS (Extractor Discovery System) permet de rechercher des descripteurs caractéristiques de la constitution d'une base de données sonores. A partir d'un ensemble de signaux étiquetés suivant une propriété donnée (intensité, tempo, type d'instrument, voix d'une chanteuse...), il permet de générer un modèle général de cette propriété, en construisant des fonctions de traitement du signal pertinentes. Toutefois, ce modèle général ne s'appuie uniquement que sur une description du problème qui lui a été posé à travers la base de données sonore disponible. Même si la base de données sur laquelle le modèle s'est construit peut sembler assez large (en termes de nombre et de variété de signaux) pour couvrir un vaste ensemble de cas, la robustesse du modèle ne sera pas forcément établie. En effet, il est toujours possible de trouver un modèle descriptif du problème posé, ne serait-ce qu'en employant une fonction de traitement adaptée à chaque unité de la base de données, mais il est évident que le modèle ne sera pas efficace sur de nouveaux sons. Ainsi, la robustesse d'un modèle se détermine avant tout par un nombre limité d'opérations qu'il doit effectuer et donc par l'utilisation d'opérateurs de traitement du signal pertinents. Ce modèle constitue en définitif le reflet d'un minimum de traits communs imputables aux signaux de la base de données. La base de données constitue donc l'élément central dans la recherche de descripteurs pertinents par une utilisation d'EDS.

3.2. Mode opératoire

3.2.1. Constitution d'une base de données

La base de données de *recherche* doit comporter des séquences sonores étiquetées de durées identiques. Cette durée est choisie en fonction de ce que l'on cherche à détecter. Une détection de sons brefs demandera des séquences de durée brève ; une détection de sons « longs » demandera des séquences de durée longue. Par ailleurs, l'étiquetage de chaque séquence est une valeur permettant de l'identifier au sein d'un groupe ou bien de l'identifier sur une échelle de valeurs. Seule une classification booléenne sera étudiée ici suivant le paradigme oui/non, les séquences prendront alors les valeurs « 0 » ou « 1 ».

Chaque séquence de la base de *recherche* possède ainsi une étiquette correspondant à l'ensemble auquel elle appartient. Par exemple, si l'on veut détecter un cyclomoteur, les séquences cyclomoteurs prendront la valeur « 1 », les autres séquences prendront la valeur « 0 ».

3.2.2 Recherche des fonctions

Le principe d'EDS est de découvrir des traits. Un trait est une fonction qui décrit un événement, une caractéristique ou une spécificité. Dans notre cas, les caractéristiques sont des types de sources sonores. Chaque fonction est une composition d'opérateurs de traitement du signal adaptés à la description de l'événement sonore. L'association de traits dans un modèle de classification forme un descripteur physique propre à l'événement sonore.

Beaucoup d'opérateurs connus dans la littérature sont implémentés dans EDS (une liste est fournie en *Annexe 6* et leurs descriptions en *Annexe 7*). De plus, la recherche par combinaison de ces opérateurs est automatisée.

Ainsi, l'avantage principal de l'utilisation du logiciel est un gain de temps dans la recherche des traits. De plus cette recherche est très complète.

Le principe d'EDS est de chercher des fonctions permettant de caractériser le mieux possible les sons des séquences de la base de données de *recherche*. Une fonction (combinaison d'opérateurs du signal) sera qualifiée d'excellente si elle est capable de discriminer correctement les séquences étiquetées « 1 » des séquences étiquetées « 0 ». Pour cela, EDS crée tout d'abord une première population de fonctions (quarante par exemple) et les teste sur la base de données. Il garde ensuite les meilleures fonctions discriminantes et en recombine les opérateurs suivant des règles logiques.

Soit EDS génère une première population peuplée d'opérateurs pris au hasard : c'est la recherche simple.

Soit on peut avoir une idée du type d'opérateur qui peut être pertinent pour caractériser une source (on peut par exemple s'aider d'un sonagramme). Dans ce cas EDS crée une population de fonctions de départ qui contient cet opérateur : c'est la recherche orientée.

La recherche s'arrête lorsque qu'un certain nombre de recombinaisons n'a pas amélioré la pertinence des fonctions.

3.2.3. Assemblage des opérateurs

Si l'on considère X comme étant une séquence sonore, une fonction, qui est un assemblage d'opérateurs de traitement du signal, peut avoir une expression de la forme :

f(X)=Power[Log10[Abs[Max[SpectralCentroid[Split[Sqrt[Bartlett[Normalize(X)],7421.0]]]],-1]

Les fonctions trouvées ont comme opérateur central ce que nous allons appeler des *opérateurs de bases*. Dans la fonction exposée ci-dessus, nous avons *Spectral Centroid* qui représente la fréquence barycentrique du spectre. Un opérateur de base est une description d'une caractéristique de l'agencement des composantes spectrales d'un son (ils sont définis dans l'Annexe 7). L'un d'eux est très souvent présent dans une fonction. Les opérateurs qui s'organisent autour (fenêtrage, filtrages, intensités...) servent à définir sa fenêtre de calcul pour y suivre son évolution.

On peut visualiser une représentation graphique des répartitions des valeurs booléennes attribuées à chaque séquence sonore en fonction des résultats de la fonction. Le graphe de la fonction est proposé ci-dessous [figure 40] et indique le résultat de chaque séquence ainsi que la classification de chaque séquence (une séquence est un carré bleu). L'abscisse correspond à l'échelle des résultats de la fonction discriminante appliquée à chaque séquence et l'ordonnée représente la classification des séquences dans la catégorie « 1 » (cyclomoteur) ou « 0 » (non cyclomoteur).

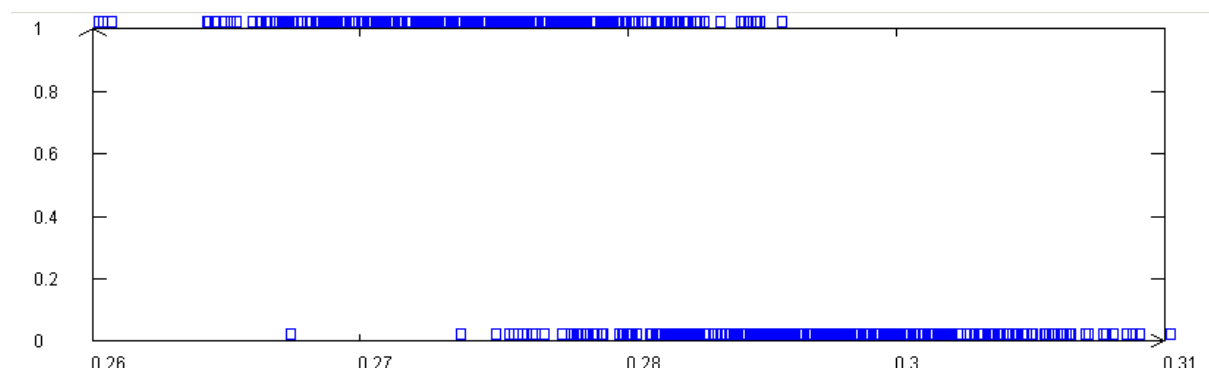


figure 40 : Graphe de la fonction

$f(X) = \text{Power}[\text{Log10}[\text{Abs}[\text{Max}[\text{SpectralCentroid}[\text{Split}[\text{Sqrt}[\text{Bartlett}[\text{Normalize}(X)]], 7421.0]]]], -1]$ Les carrés bleus sont les séquences sonores de la base de données. Les séquences étiquetées « 1 » sont des cyclomoteurs, les séquences étiquetées « 0 » sont des sons de véhicules autres que les cyclomoteurs. En abscisse nous avons les valeurs des séquences par application de la fonction $f(x)$

Ainsi, les points sur la ligne horizontale correspondant à la valeur « 1 » sont les valeurs que prennent les sons *cyclomoteurs* (de la base de données) étiquetés « 1 », par application de la fonction $f(X)$.

Par exemple,

$$f(\text{son_mob001}) = 0.27$$

Idem pour les points correspondant à la valeur « 0 » qui sont les valeurs que prennent les sons différents des cyclomoteurs (comme les *automobiles* par exemple) étiquetés « 0 », par application de la fonction $f(X)$.

Par exemple,

$$f(\text{son_automobile001}) = 0.3$$

On comprend aisément que plus les groupes de valeur « 0 » et « 1 » sont éloignés, et plus la discrimination est réussie.

3.2.4. Pertinence d'une fonction

Dans le cas d'une discrimination booléenne entre deux classes A et B (A pour bus et B pour autres véhicules par exemple), la pertinence (ou fitness) d'une fonction s'évalue par la formule :

$$\text{Pertinence}(\text{fitness}) = \frac{2 \times (\mu_A - \mu_B)^2}{(\sigma_A^2 + \sigma_B^2)}$$

où, pour la classe i , μ = Moyenne des valeurs de la fonction sur les séquences,

et σ = Variance des valeurs de la fonction sur les séquences.

La pertinence de la fonction présentée au-dessus est $F = 1.66$. La figure 40 montre que cette fonction permet de discriminer un certain nombre de cyclomoteurs par rapport aux autres sources.

La valeur de pertinence d'une fonction sert à indiquer quelle fonction nous pouvons retenir pour constituer un modèle. Il faut toutefois s'assurer que les fonctions retenues soient faiblement corrélées. En général les fonctions retenues ont un critère de pertinence supérieur ou égal à « 0,6 » et on des *opérateurs de bases* différents.

3.2.5. Création d'un modèle par association de fonctions

La création d'un modèle s'effectue par l'association des meilleures fonctions de chaque population en utilisant différentes lois de construction (ou classificateurs). Nous avons retenu deux modèles : le modèle de type *régression linéaire* et le modèle de type *arbre de décision*.

Le modèle de type *régression linéaire multiple* sera de la forme :

$$F(f_i(\text{séque})) = \sum_i \alpha_i f_i,$$

i : nombre de fonctions du modèle,

α : coefficient du modèle,

f : fonction du modèle

Un seuil discriminatoire du résultat du modèle permettant de classer les sons est alors fixé

Le modèle de type arbre de décision utilise les fonctions de la façon suivante :

$$F(f_i \text{séque}) = \begin{cases} \text{si. } f_1 \leq \text{seuil} \rightarrow f_{2K} \\ \text{si. } f_1 \geq \text{seuil} \rightarrow f_{3K} \end{cases}$$

f : fonction du modèle

Un compromis existe entre le nombre de fonctions dans le modèle et le minimum de fonctions utilisées pour une performance correcte (plus le nombre de fonctions dans le modèle est élevé, moins notre modèle pourra être exécuté en temps réel).

REMARQUE : La performance d'un modèle est calculée à partir de la base d'apprentissage. Il ne donne qu'une indication sur une détection correcte, mais ne donne absolument pas un taux de détection du modèle sur des séquences « tests ». Pour s'assurer du pouvoir discriminant de nos *fonctions*, on étudie la performance du modèle sur une *base de données tests* étiquetée dont les séquences sont différentes de celles utilisées dans la base d'apprentissage. Ceci permet d'obtenir une nouvelle évaluation sur des séquences non connues par le système d'apprentissage.

La méthode générale établie pour trouver des descripteurs est présentée ci-après.

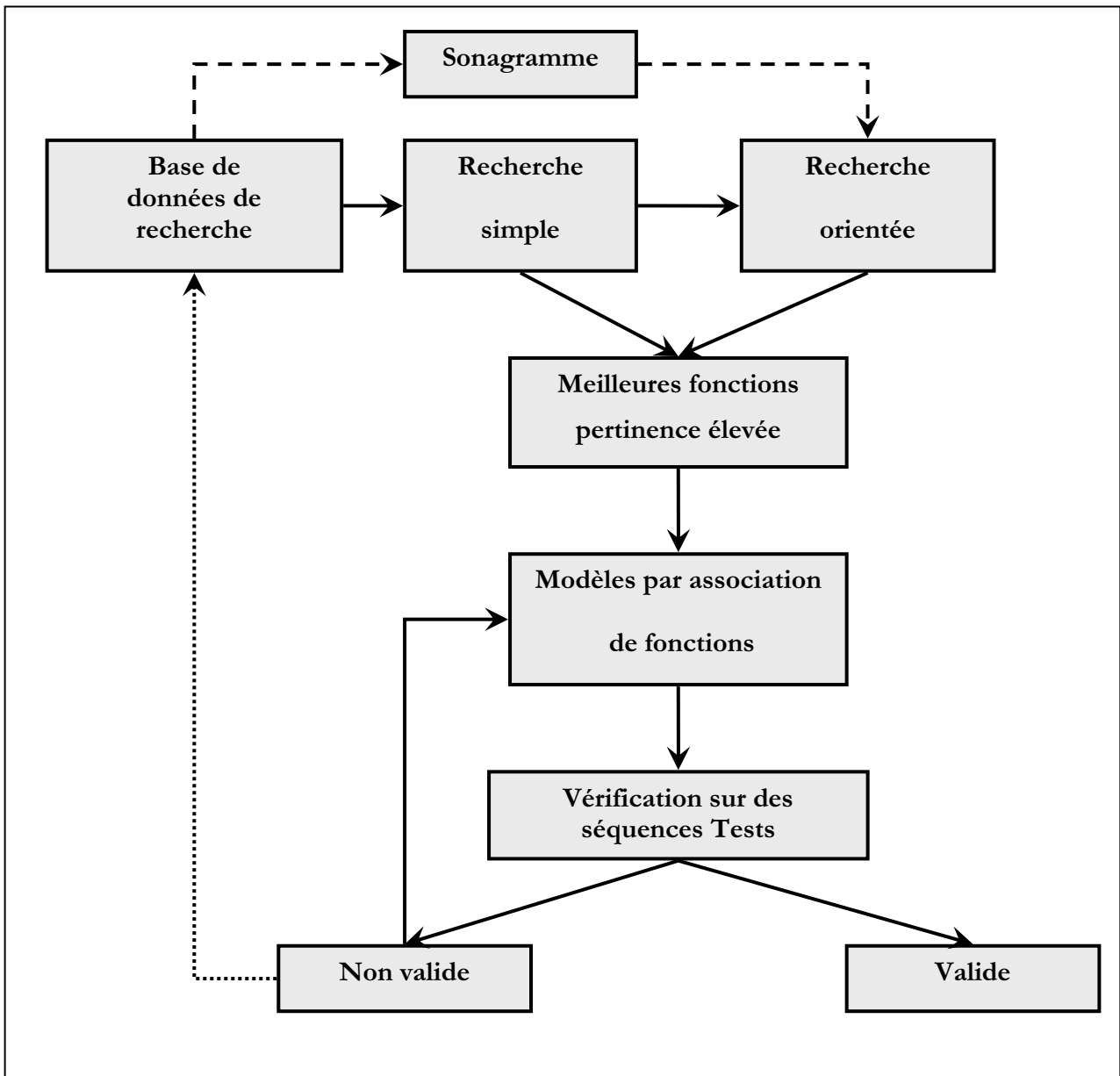


figure 41 : *Méthode générale pour trouver des descripteurs*

3.3. Constitution d'une base de données

3.3.1. Métrologie et mesure du signal, constitutions des bases de données

Des enregistrements ont été réalisés selon la norme 31-010 [NORME-96] dans plusieurs rues parisiennes. Les configurations des rues ont été choisies de manière à être les plus larges possibles : un ou plusieurs sens, rue simple ou boulevard, rue en U ou rue en tissu ouvert. Nous n'avons pas réalisé d'enregistrements sur des rues pavées.

Nous faisons l'acquisition du signal sonore à un taux d'échantillonnage de 51 200 Hz avec un matériel constitué d'un microphone BRUEL & KJAER de classe 1 calibré¹ par le calibre acoustique CAL 01 SL de 01dB et d'un système d'acquisition SYMPHONIE de 01dB. Le logiciel qui a servi à l'acquisition des données numériques est dBTrig de 01dB. Le signal est ensuite rééchantillonné à la fréquence de 44100 Hz.

Les mesures ont été réalisées à Paris, dans une rue à sens unique tout d'abord (les passages sont ainsi qualifiés de nets), puis dans une rue à double sens avec une légère montée afin d'avoir le bruit moteur en évidence (en effet nombre d'automobilistes ralentissaient à la vue du dispositif de mesure), et enfin sur un boulevard avec deux fois deux voies. Les mesures ont été réalisées durant différents moments de la journée, la chaussée étant qualifiée de sèche.

Au total, plus de 4 000 échantillons sonores ont été collectés.

3.3.2. Détermination de la durée des séquences

La durée des séquences de *recherche* est choisie en fonction de la durée de l'émergence d'un son. Par exemple, un cyclomoteur est identifiable en moyenne pendant deux secondes. On peut considérer que la répartition temporelle de l'énergie s'effectue d'une manière gaussienne avec un maximum d'énergie pendant un quart de la durée du passage du cyclomoteur [figure 42]. Cette durée d'énergie maximum sert donc de base pour les durées des séquences de *recherche* de la base de données pour les cyclomoteurs.

¹ Le mot *calibré* est ici employé dans le sens de la définition donnée par la norme NFS 31-010 de décembre 1996 intitulée *Caractérisation et mesurage des sons de l'environnement. Méthodes particulières de mesurage*.

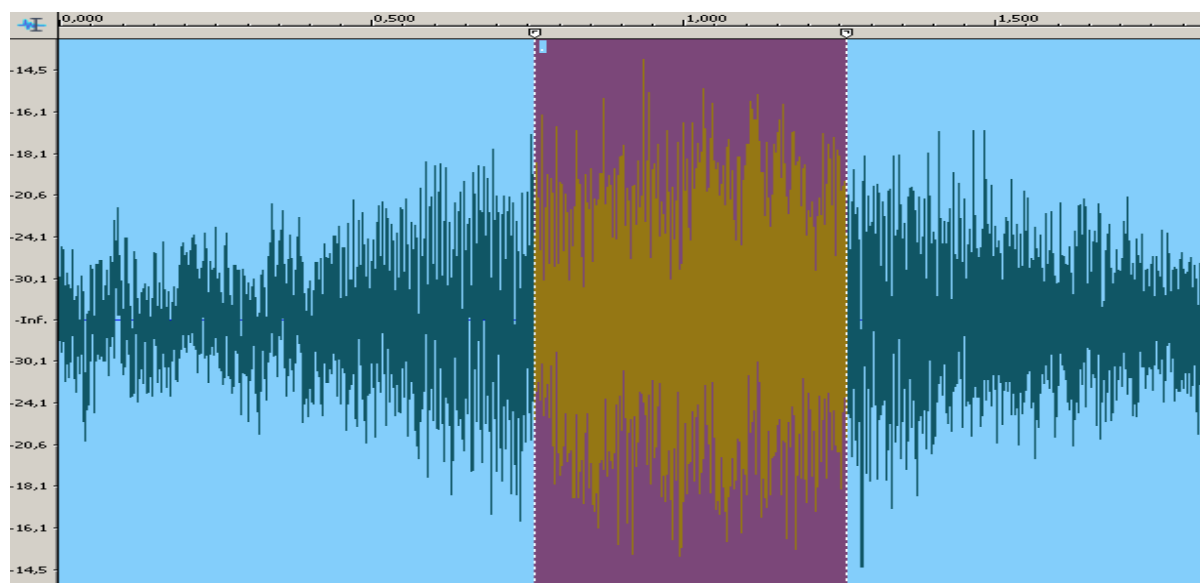


figure 42 : Amplitude d'un passage d'un cyclomoteur en fonction du temps.

Pour notre étude concernant la détection des cyclomoteurs, la durée pendant laquelle l'énergie est maximale est de 0.5 s. L'ensemble des séquences de la base données doit être par conséquent d'une durée maximale de 0.5 s.

Au moment de l'automatisation des mesures d'identification, le calcul pourra s'effectuer par pas de 0.1 s.

3.3.3. Normalisation des séquences

Dans notre méthode de détection, l'objectif est d'obtenir des fonctions s'appuyant sur des similarités fréquentielles de catégories sonores. Il est donc nécessaire de s'affranchir de l'aspect d'intensité des séquences. Les opérateurs utilisés dans les fonctions permettent de réunir des séquences sonores d'une même catégorie suivant un aspect temporel, spectral ou d'intensité, ou encore par des combinaisons entre ces trois points. Ainsi, l'intensité ne doit pas intervenir dans la discrimination. C'est pourquoi chaque séquence est égalisée sur son niveau maximum en dB_L qui est ainsi ramené au niveau numérique maximum avant saturation.

3.4. Classification véhicules/non véhicules

3.4.1. Pourquoi cette distinction ?

Après quelques premiers essais sur des bases de données comprenant un ensemble des sons de l'environnement urbain qui soit le plus exhaustif possible (véhicules, voix, oiseaux, klaxons, sirènes, bruits de pas, crissements de freins...), il est apparu que les meilleures fonctions trouvées ne pouvaient être assez bonnes pour discriminer une source de toutes les autres. La palette de sons était donc trop large et cela posait problème en particulier lorsqu'un événement n'avait pas de caractéristiques acoustiques différentes et assez robustes par rapport à toutes les autres sources sonores. Ainsi il fallait recomposer les bases de *recherche* pour « simplifier » le problème.

La répartition des individus de certaines fonctions trouvées et leur réécoute laissent à penser qu'une première distinction peut être effectuée. En effet, après l'écoute des stimuli ordonnés par certaines fonctions, il est apparu que les véhicules pouvaient être « assez facilement » discriminés des autres sources. De plus, instinctivement, il semble que les véhicules ont au moins un trait distinctif assez robuste par rapport aux autres sources : leur mouvement qui crée l'effet Doppler.

3.4.2. Méthode

Ainsi, en première approche, on peut considérer que la principale distinction entre les véhicules et les autres sons qui composent l'espace sonore urbain s'effectue sur le plan d'une variation spectrale dans le temps. Cette variation provient d'abord de la modification du régime moteur des véhicule pendant leurs passages devant le point de mesure et ensuite de la variation naturelle de la fréquence suivant le principe de l'effet Doppler.

Le choix de la durée des séquences de la base de données doit donc être déterminé par la durée totale d'un passage de véhicule et par un temps suffisant pour obtenir une variation des fréquences.

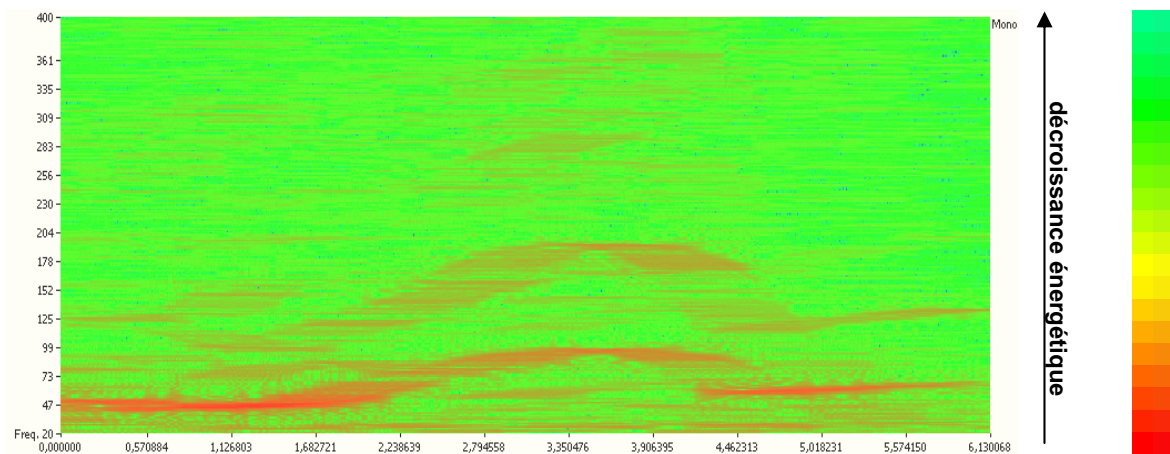


figure 43 : Variations spectrales (de 20 à 400 Hz) d'une accélération du régime moteur dans le temps (s).

3.4.3. Résultats

Une base de données constituée de séquences véhicules et de non-véhicules de 2.5 s est créée. Au total, deux cent quatre-vingt-six séquences composent la base de données de *recherche*. Pour que les fonctions trouvées soient les plus robustes possibles, nous avons inclus dans la catégorie non-véhicules des sons tels que des voix, des bruits de pas, des bruits de poussettes...

Trois fonctions permettent effectivement une bonne séparation de séquences véhicules [figure 44].

N°	Fonctions	Pertinence
1	Square (Log10 (Rms (Variance (Sqrt (Mfcc (Bartlett (Split (Normalize (Testwav), 968.0)), 11.0))))))	3.65284876
2	Square (Log10 (Rms (SpectralDecrease (Split (Normalize (Testwav), 2813.0))))))	2.42002477
3	Rms (Sum (Blackman (Split (Normalize (Testwav), 3215.0))))	0.83843983

figure 44 : Meilleures fonctions descriptives des variations spectrales des véhicules sur le problème véhicule/non-véhicules, ainsi que leur pertinence.

Les fonctions trouvées (f1, f2) font ressortir deux opérateurs de base : *Mfcc* et *Spectral Decrease* qui sont des descriptions de la forme du spectre. La fonction construite autour de *Mfcc* indique une forme globale du spectre commune aux véhicules tandis que celle construite autour de *Spectral Decrease* décrit la variation temporelle de cette forme commune. Ces deux opérateurs semblent manifestement traduire la présence de l'effet Doppler dans le signal. La troisième (f3) ne contient pas d'opérateur de base. L'opérateur *Split* semble décrire une *cassure* de niveau à la fréquence 3215 Hz mais la fonction est difficilement interprétable.

On peut visualiser la répartition de chaque type de sons pour chacune des trois meilleures fonctions [figures 45, 46 et 47]. En abscisse, on lit le résultat de la fonction appliquée à chaque séquence et en ordonnée, le classement des différentes sous-catégories : autos, oiseaux, bus, camions, chien, enfants, cyclomoteurs, motos, pas de piétons, poussettes, rien...

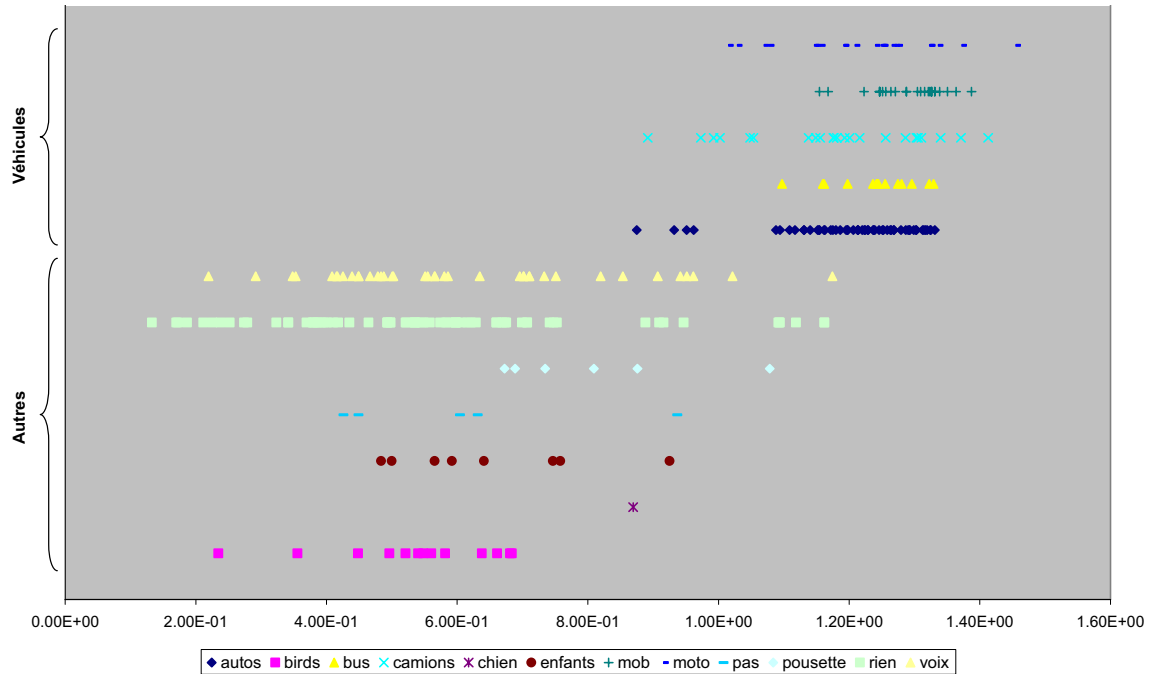


figure 45 : Résultats de la fonction n°1 pour chaque sous-catégorie sonore. En abscisse, on lit le résultat de la fonction appliquée à chaque séquence et en ordonnée, le classement des différentes sous-catégories.

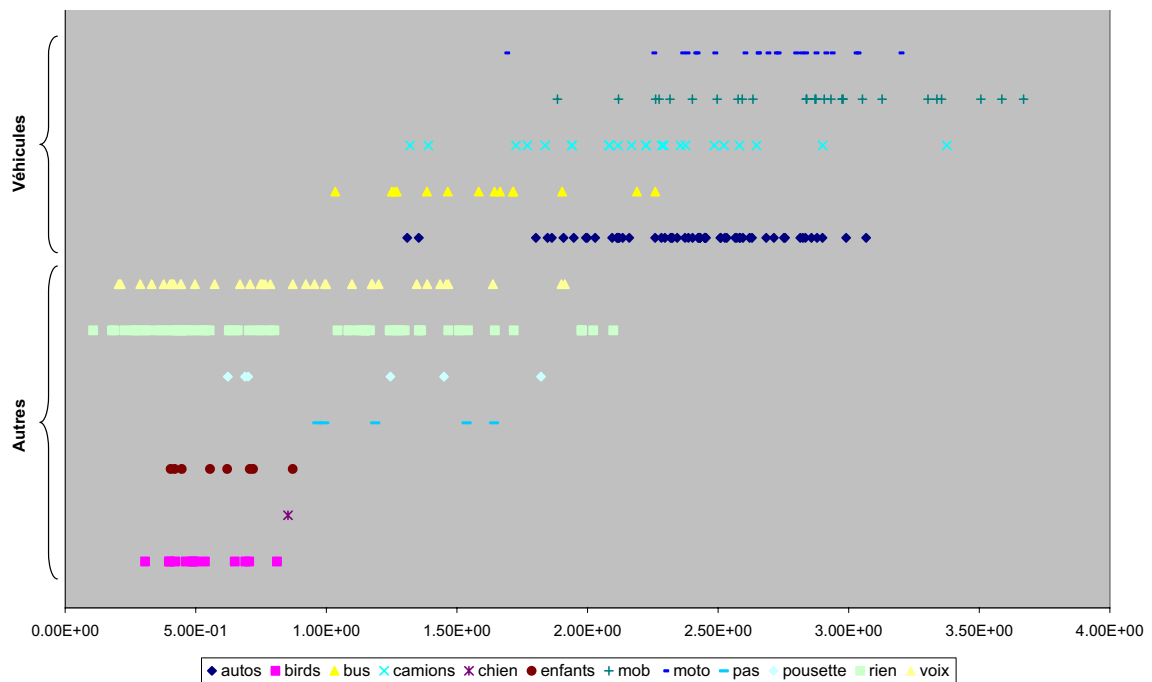


figure 46 : Résultats de la fonction n°2 pour chaque sous-catégorie sonore. En abscisse, on lit le résultat de la fonction appliquée à chaque séquence et en ordonnée, le classement des différentes sous-catégories.

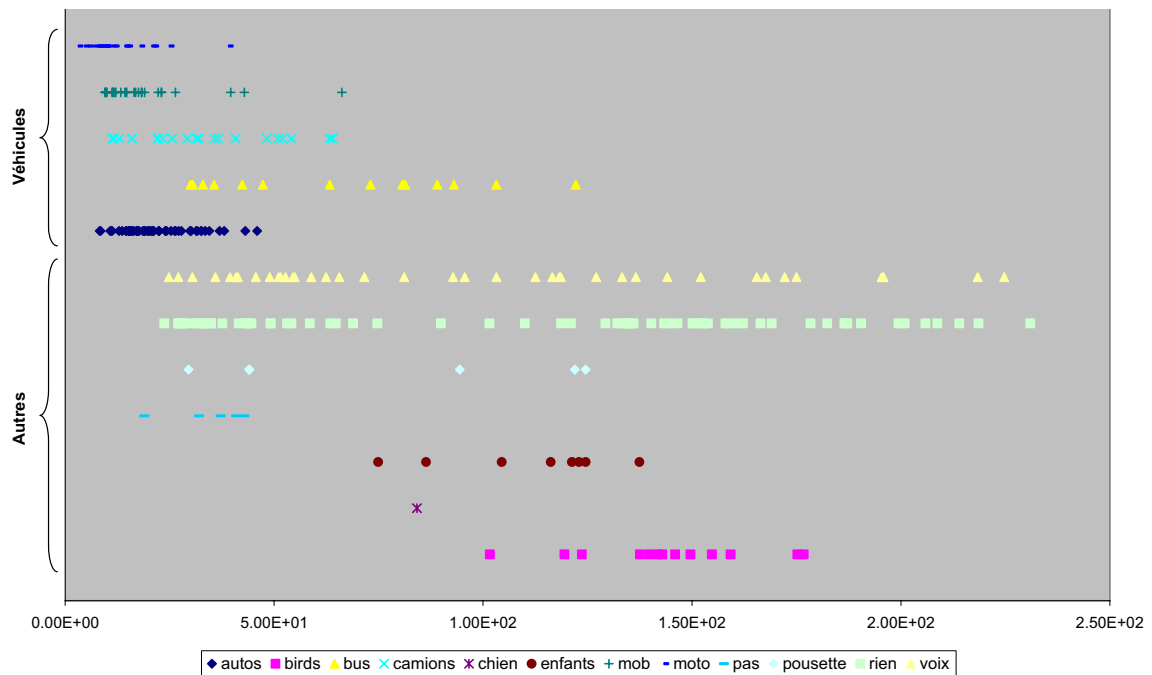


figure 47 : de la fonction n°3 pour chaque sous-catégorie sonore. En abscisse, on lit le résultat de la fonction appliquée à chaque séquence et en ordonnée, le classement des différentes sous-catégories.

On constate que pour ces trois fonctions, les catégories *voix* et *rien* ont une répartition large sur l'échelle des valeurs en abscisse. Cela signifie que les séquences sont hétérogènes au sein d'un même groupe, ce qui montre la difficulté de trouver de bonnes fonctions discriminantes à la fois pour une catégorie et pour l'ensemble des catégories.

A partir de ces trois fonctions, le meilleur modèle que l'on peut construire est un modèle de type *arbre de décision*. Sa performance est élevée (97.55% de bonnes détections). La détection sur la base d'apprentissage a donc une erreur inférieure à 5%.

La figure 48 montre comment est organisé l'*arbre de décision* autour des trois fonctions avec indication des valeurs seuils.

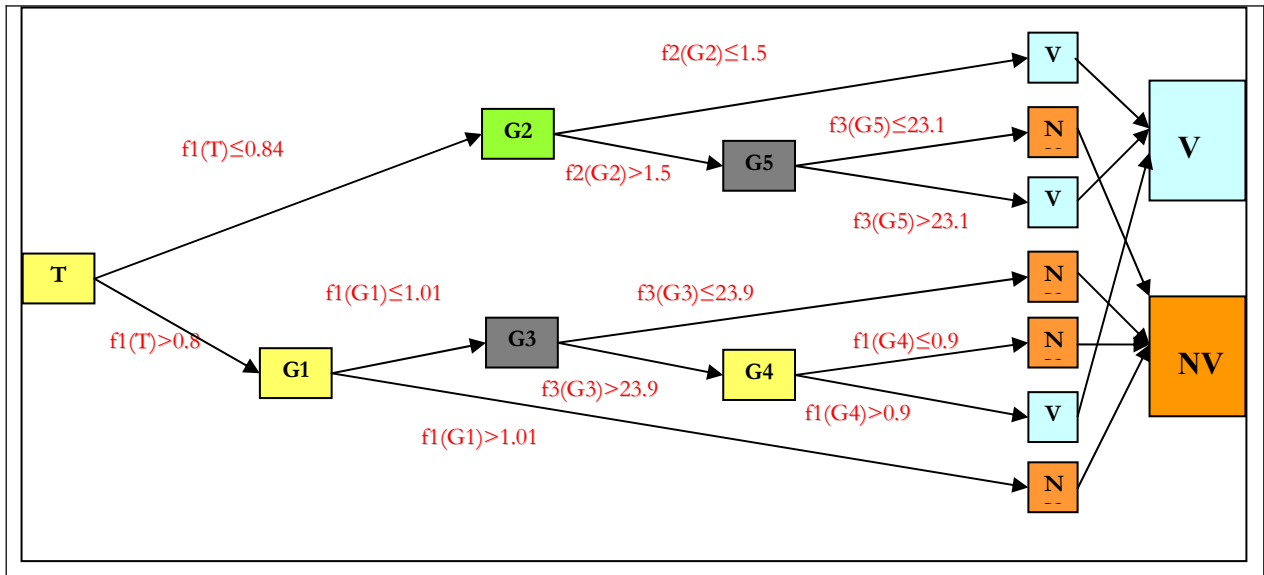


figure 48 : Arbre de décision du modèle de séparation des véhicules/non véhicules. Les trois fonctions utilisées sont numérotées de f1 à f3, les groupes de séquences sont numérotés de G1 à G5 (T étant le nombre total de séquences). Les nombres indiquent la valeur

Ce modèle ou descripteur permet de réaliser la séparation suivante [figure 49]:

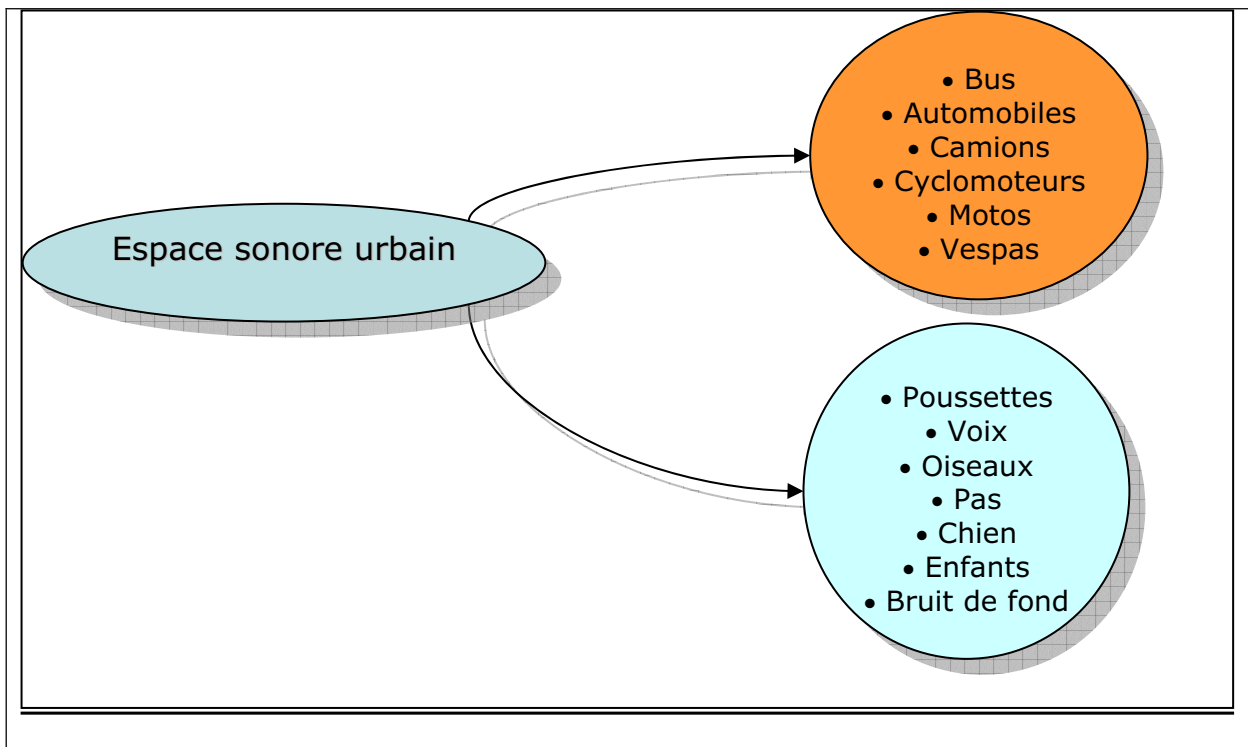


figure 49 : Séparation effectuée par le modèle utilisant trois fonctions.

L'application de ce modèle sur des séquences tests donne des résultats satisfaisants aussi bien pour une détection par pas de 2.5s que pour une détection par pas de 0.5s.

3.4.4. Conséquences pour la suite des recherches

Par la suite, nous allons diriger nos recherches de fonctions en partant de cette première division.

Nous allons par exemple construire un descripteur permettant de discriminer les cyclomoteurs des autres véhicules. Cependant, ce descripteur ne sera pas forcément pertinent pour discriminer les cyclomoteurs des oiseaux.

Finalement, un cyclomoteur sera détecté comme telle s'il est déjà identifié comme véhicule.

3.5. Classification cyclomoteurs – autres véhicules

Avant d'effectuer les recherches en tenant compte de la première séparation véhicule/non véhicule, une recherche a été effectuée en tentant de séparer les cyclomoteurs de tous les autres types d'événement sonores. Les résultats sur plusieurs bases de données préliminaires ont permis de déterminer que certains sons classés dans une même catégorie sont identifiés séparément. Par exemple les vespas sont toutes identifiées comme étant non cyclomoteurs. Une écoute poussée de chaque séquence mal identifiée permet de confirmer les résultats d'EDS, c'est-à-dire que les vespas ne sont ni des motos, ni des cyclomoteurs. D'ailleurs, notre système auditif effectue très facilement la distinction entre les vespas et les autres deux temps.

Ainsi, les catégories *cyclomoteurs, voitures, motos, bus...* créées au départ sont amenées à évoluer. Des regroupements et des séparations de classes vont être effectués tout au long de ce travail, au gré des résultats d'EDS.

3.5.1. Base de données cyclomoteurs/véhicules

Une base de données composée uniquement de véhicules est créée. Cette base de données est constituée à 50% de sons de cyclomoteurs et à 50% d'autres sons. Au total, six cent soixante-dix-neuf séquences composent la base. Les voix, les oiseaux, les avions, les piétons, les klaxons sont supprimés, seuls sont gardés les ensembles bus, motos, autos, camions et Vespas, en plus des séquences de cyclomoteurs : la base de données est donc constituée uniquement de véhicules.

L'étiquetage des séquences est la valeur « 1 » pour les sons cyclomoteurs et la valeur « 0 » pour tous les autres véhicules.

3.5.2. Fonctions

Pour obtenir les meilleures fonctions, nous avons en premier lieu effectué des recherches simples. Celles-ci ont permis de dégager quelques opérateurs pertinents qui sont des opérateurs relatifs aux caractéristiques spectrales des sources : *Spectral Centroid*, *Spectral Flatness* et *Spectral Spread*.

Puis, en second lieu nous avons effectué des recherches orientées à partir des ces opérateurs, c'est-à-dire que le système a cherché les meilleurs combinaisons autour de ces opérateurs de base en y intégrant la possibilité de suivre leur évolution temporelle.

Nous exposons ci-dessous quatre fonctions trouvées parmi les plus pertinentes [figure 50] :

N°	Fonctions	Pertinence
1	Power (Log10 (Abs (Max (SpectralCentroid (Split (Sqrt (Bartlett (Normalize (Testwav))), 7421.0))))), -1.0)	1,6692
2	Power (Log10 (Abs (Max (SpectralCentroid (Split (LpFilter (Sqrt (Normalize (Testwav)), 21946.0), 7938.0))))), -4.0)	1,6133
3	Log10 (Abs (SpectralFlatness (Normalize (Testwav))))	1,5873
4	Abs (Log10 (SpectralSpread (Testwav)))	1,2939

figure 50 : Quelques fonctions pertinentes de la description des variations spectrales des cyclomoteurs sur le problème cyclomoteur/véhicule ainsi que leur pertinence.

Ces quatre fonctions utilisent chacune un opérateur qui agit sur le spectre. Le suivi de leur comportement temporel correspond en effet aux variations de fréquences du bruit de moteur caractéristique des cyclomoteurs. Ces opérateurs semblent s'appuyer sur une caractéristique pertinente du son de cyclomoteur, à savoir son centre de gravité spectral.

Par exemple *Spectral Centroid* correspond au centre de gravité spectral, c'est-à-dire que cette fonction calcule la fréquence barycentre de l'énergie du spectre.

Voici le graphique indiquant la classification booléenne des séquences de la base de données en fonction du résultat obtenu sur chaque séquence par une simple application de la fonction pertinente (figure 51) :

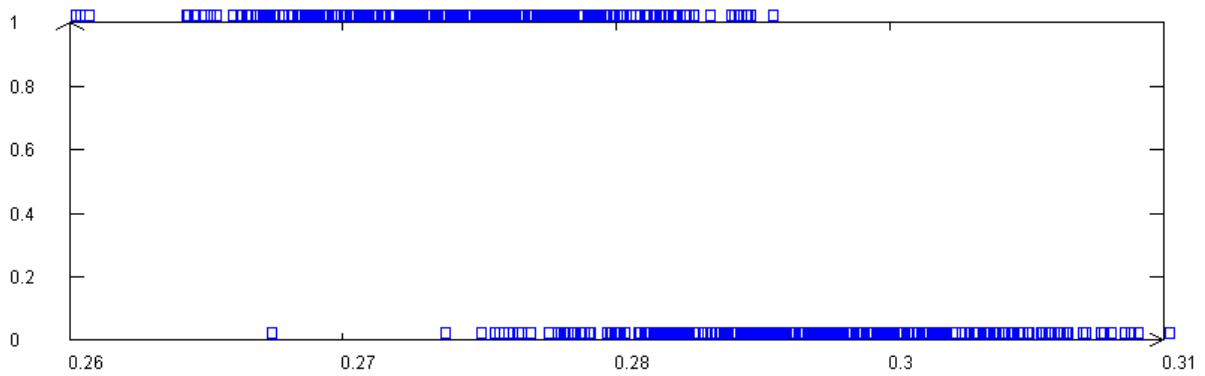


figure 51 : Grphe de la fonction n°1 ; les cyclomoteurs sont étiquetés « 1 », les véhicules non cyclomoteur sont étiquetés « 0 ».

Une autre fonction de traitement du signal ressort plusieurs fois dans les fonctions n°3, 9 et 10 : il s'agit de la fonction *Spectral Flatness*. Elle mesure la proximité du son avec un bruit blanc et donne donc une information sur la *platitude* du spectre. Elle doit renseigner de la présence d'émergences spectrales mentionnées au paragraphe 3.2.2.

Voici le graphe généré par EDS pour la classification à partir de la fonction n°3 [figure 52] :

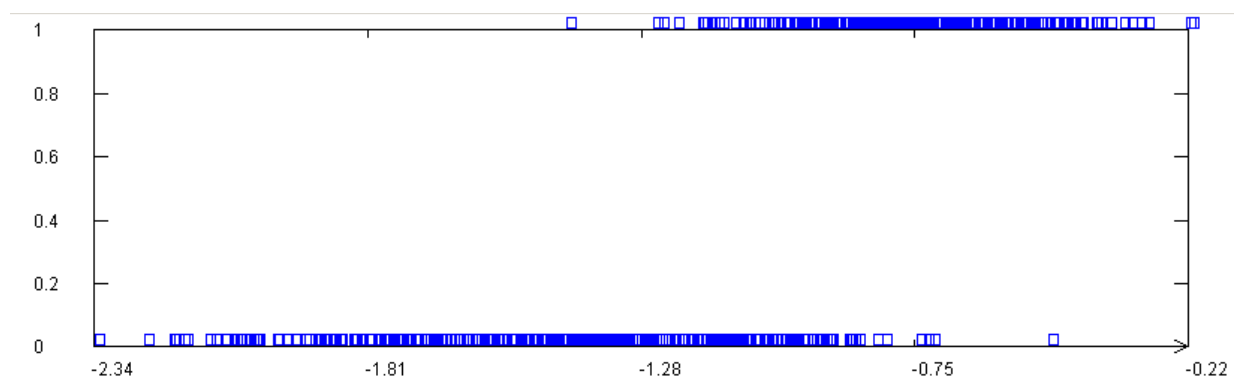


figure 52 : Grphe de la fonction n°1 ; les cyclomoteurs sont étiquetés « 1 », les véhicules non cyclomoteur sont étiquetés « 0 ».

Une troisième fonction de traitement du signal permet de caractériser les sons de cyclomoteurs : *Spectral Spread* ou la mesure de l'étendue de l'énergie spectrale autour du centre de gravité spectral. Elle intervient dans la quatrième fonction générée par EDS pour décrire les sons de cyclomoteurs. Voici le graphe montrant la répartition booléenne en fonction des résultats obtenus par l'application de la fonction sur les séquences de la base [figure 53] :

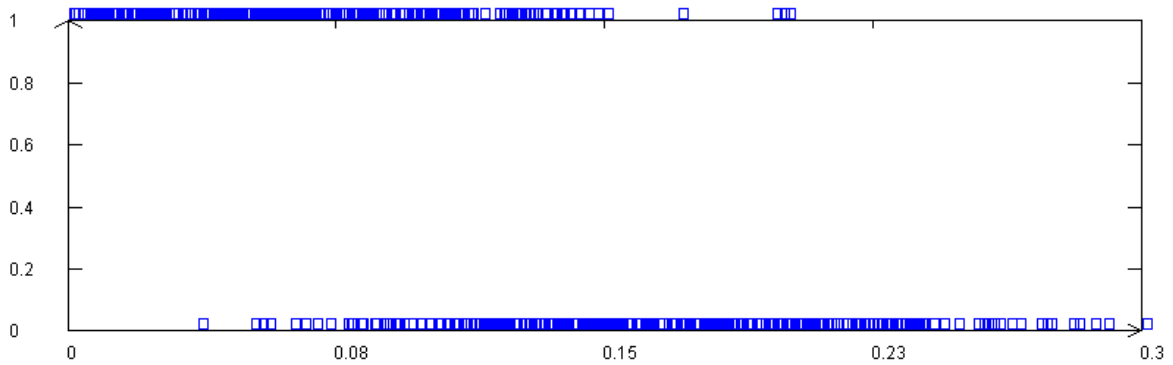


figure 53 : Graphe de la fonction n⁴ ; les cyclomoteurs sont étiquetés « 1 », les véhicules non cyclomoteur sont étiquetés « 0 ».

Deux des trois opérateurs de base employés ici (*Spectrale Spread*, *Spectral Centroid*) traduisent une caractéristique forte du son de cyclomoteur, à savoir l'influence de son centre de gravité spectral.

3.5.3. Modèles

Si l'on fabrique un modèle intégrant l'ensemble des meilleures fonctions trouvées, on peut déterminer sa performance par application de celui-ci sur l'ensemble des *séquences d'apprentissage*. Les modèles dont les résultats sont exposés ici sont de type *arbre de décision*. Pour un calcul sur l'ensemble des échantillons, la performance est de 93.3% de bonnes détections. Voici la répartition des détections pour chaque ensemble de véhicules composant la base [figure 54] :

Véhicules	Cyclomoteurs		Motos		Vespas		Autos		Bus		Camions	
	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD
Nombre	318	17	89	3	16	3	131	2	39	4	55	2
Taux	94,9%	5,1%	96,7%	3,3%	84,2%	15,8%	98,5%	1,5%	90,7%	9,3%	96,5%	3,5%

DC : détection correcte ; **MD** : mauvaise détection.

figure 54 : Résultats des détections avec modèle associant trente-quatre fonctions.

Les résultats obtenus sont satisfaisants, mais le modèle utilise trente-quatre fonctions compliquées, ce qui entraîne un temps de calcul élevé et limite ainsi les possibilités de calcul en temps réel. L'idée est donc de simplifier le modèle afin de trouver un compromis entre la diminution du nombre de fonctions (et donc le temps de calcul) et l'augmentation de la marge d'erreur que cela entraîne dans la détection.

Si l'on crée un modèle composé de la meilleure fonction, c'est-à-dire la fonction tracée sur la figure 51, on obtient des résultats par catégories de véhicules légèrement moins bons par rapport au modèle précédent, mais avec une erreur globale inférieure à 10% [figure 55].

Véhicules	Cyclomoteurs		Motos		Vespas		Autos		Bus		Camions	
	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD
Détection	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD
Nombre	306	29	77	15	16	3	127	6	39	4	51	6
Taux	91,3%	8,7%	83,7%	16,3%	84,2%	15,8%	95,5%	4,5%	90,7%	9,3%	89,5%	10,5%

DC : détection correcte ; MD : mauvaise détection.

figure 55 : Résultats des détections avec modèle utilisant uniquement la meilleure fonction.

Notons que seuls les chiffres concernant les cyclomoteurs sont intéressants, les autres chiffres sont à étudier d'un point de vue global car les fonctions sont sélectionnées pour être capables de séparer uniquement les cyclomoteurs des autres véhicules.

3.5.4. Optimisation d'un modèle

En sélectionnant les fonctions qui sont faiblement corrélées entre elles (par exemple celle qui utilisent des opérateurs centraux différents), nous augmentons nettement la performance du modèle à 94.7% de bonnes détections en utilisant simplement dix fonctions.

Les nouveaux résultats des détections par ce modèle sur l'ensemble des séquences témoignent d'une nette amélioration du taux de détection des véhicules qui composent la base de données [figure 56].

Véhicules	Cyclomoteurs		Motos		Vespas		Autos		Bus		Camions	
	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD
Détection	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD	DC	MD
Nombre	317	18	88	4	16	3	131	2	39	4	55	2
Taux	94,6%	5,4%	95,7%	4,3%	84,2%	15,8%	98,5%	1,5%	90,7%	9,3%	96,5%	3,5%

DC : détection correcte ; MD : mauvaise détection.

figure 56 : Résultats des détections avec modèle utilisant les meilleures fonctions faiblement corrélées.

On remarque que tous les ensembles de véhicules ont une mauvaise détection inférieure à 10%, sauf la catégorie Vespa. Ceci s'explique par le petit nombre de séquences qui composent l'ensemble Vespa. Par contre, les cyclomoteurs ont un taux de bonnes détections de 94.6% et les automobiles de 98.5%.

3.5.5. Vérification du modèle sur des séquences tests

Pour l'instant, les résultats que nous avons obtenus sont les applications directes des modèles de détection sur des séquences qui ont elles-mêmes servi à créer les modèles. Il est donc nécessaire de vérifier l'efficacité de notre meilleur modèle sur des *séquences tests*, d'une durée très supérieure à 0.5 s pour valider notre méthode de détection.

EDS permet de générer un fichier exécutable capable d'appliquer le modèle à un fichier son. Le fichier de résultat comporte des valeurs booléennes établies toutes les 0.5 s.

Les tests sur deux séquences d'une durée de 100 s chacune, permet de visualiser la présence ou non des cyclomoteurs. Une présentation graphique permet de comparer les résultats de détection avec la présence réelle des cyclomoteurs [figure 57 et figure 58].

La partie supérieure est la représentation du signal de la séquence test en fonction du temps, et la partie inférieure indique s'il y a une détection par la couleur orange (en foncé), ou pas de détection par la couleur bleu (en clair). Pour la première séquence, deux cyclomoteurs sont détectés alors qu'un seul cyclomoteur est présent. En revanche, les deux cyclomoteurs de la deuxième séquence sont bien détectés. En outre, la mauvaise détection des cyclomoteurs ne s'effectue que pour deux tranches de 0.5 s consécutives alors que les bonnes détections des cyclomoteurs le sont pour trois ou quatre tranches de 0.5 s consécutives.

Pour palier à des erreurs de ce type, nous pouvons toujours imaginer une amélioration de la détection en imposant qu'une détection soit valide uniquement pour un certain nombre de tranches consécutives, soit par exemple pour trois détections consécutives.

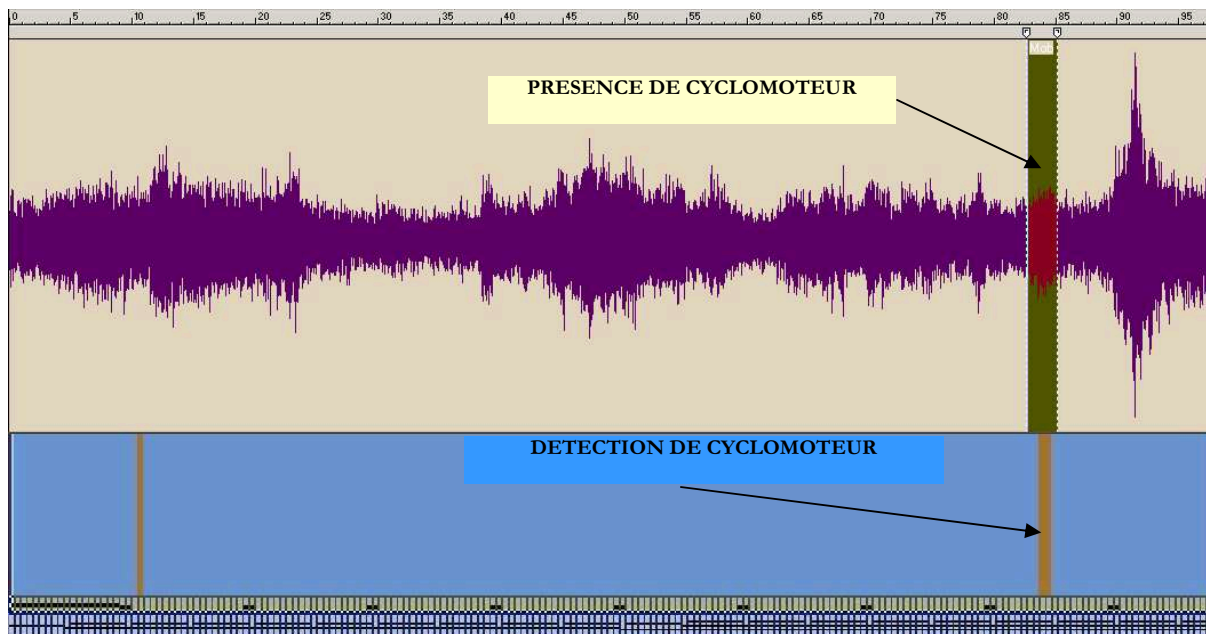


figure 57 : Vérification du modèle cyclomoteur une séquence de 20 sec. En haut nous avons le signal de 100s avec la présence de cyclomoteur détectée par une écoute experte, en bas nous avons la présence détectée par notre modèle.

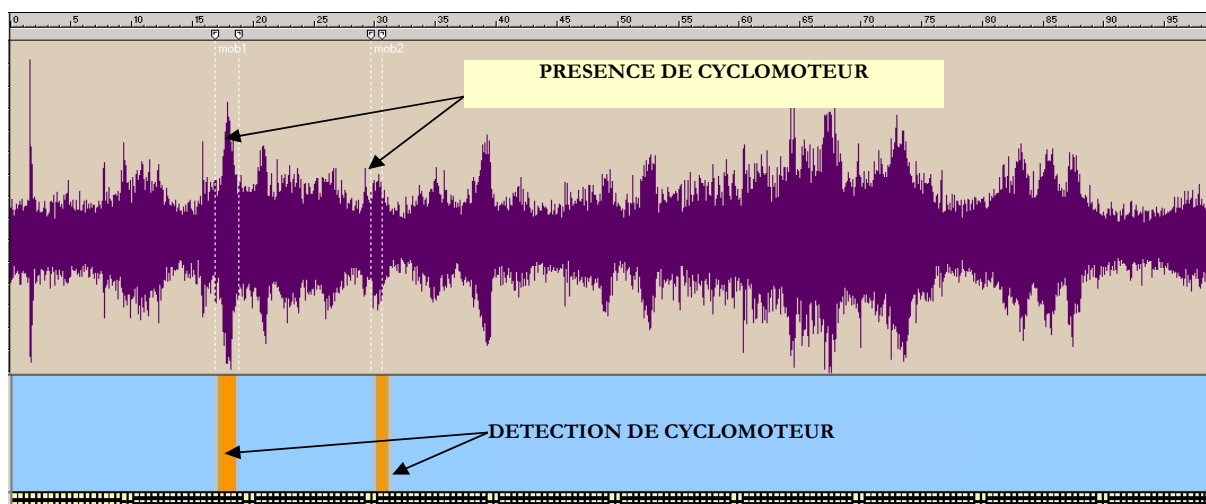


figure 58 : Vérification du modèle cyclomoteur sur une séquence de 20 secs. En haut nous avons le signal de 100s avec la présence de cyclomoteur détectée par une écoute experte, en bas nous avons la présence détectée par notre modèle.

3.6. Bus

Nous allons voir que la grande variété de signaux de bus présent dans l'espace urbain va nous obliger ici à recomposer les bases de données de départ. Nous allons alors trouver des fonctions pour chaque base de données construite. Au final, nous créerons un modèle général qui intégrera les meilleures fonctions trouvées pour les différentes bases de données.

3.6.1. Bases de données

Comme pour les cyclomoteurs, la durée choisie pour les séquences de bus de la base de données est de 0.5 s. Au départ, sept cent soixante-dix-sept séquences composent la base de données, soit 50% de séquences bus et 50% de séquences autres que bus. Ce nombre élevé doit permettre d'obtenir une robustesse de notre modèle malgré des valeurs de pertinence assez faibles pour les fonctions.

3.6.2. Fonctions

a) Base de départ B1

Une première recherche simple doit permettre de dégager certains opérateurs pertinents pour la détection des bus. Cette première approche a pour finalité des recherches orientées autour de fonctions utilisant ces opérateurs.

Cependant, aucune fonction pertinente ne permet d'effectuer des recherches orientées car elles ne sont pas caractéristiques du spectre des sons. La première recherche sur la base de données cyclomoteur a fait ressortir des opérateurs pertinents comme *SpectralKurtosis* ou *SpectralSpread*. Il était alors plus facile d'orienter par la suite les recherches autour de ces opérateurs, ce qui n'est pas le cas pour la détection des bus.

b) Base B2

Une nouvelle base de données est alors créée en sélectionnant des séquences de bus très caractéristiques et en ajoutant de nouveaux sons de bus. Certaines séquences sont supprimées. Au total, cinq cent quatre-vingt-dix-neuf séquences composent la base de données, dont deux cent soixante-dix sont des séquences de bus.

Nous obtenons des fonctions appelées $f(B2)$. Le meilleur modèle de type *régression linéaire* est composé de huit fonctions et obtient une performance de 90.15%.

Cette performance est encourageante puisqu'elle indique une incertitude inférieure à 10%.

Cependant, l'application de ce modèle sur une séquence de test donne des résultats totalement décevants : les bus ne sont pas détectés lorsqu'ils sont présents et les sons différents des bus (mais qui ne sont pas des véhicules) sont souvent détectés comme étant des bus.

La figure 59 montre que lors de l'exécution d'une fonction sur la base de données, certains sons, désignés dans le rond bleu, ne sont pas bien discriminés (il en est de même pour un modèle qui est une composition de fonctions). Ainsi, il y a lieu d'effectuer une nouvelle recherche de fonctions en créant une nouvelle base de données qui garde uniquement les sons mal détectés (base B3).

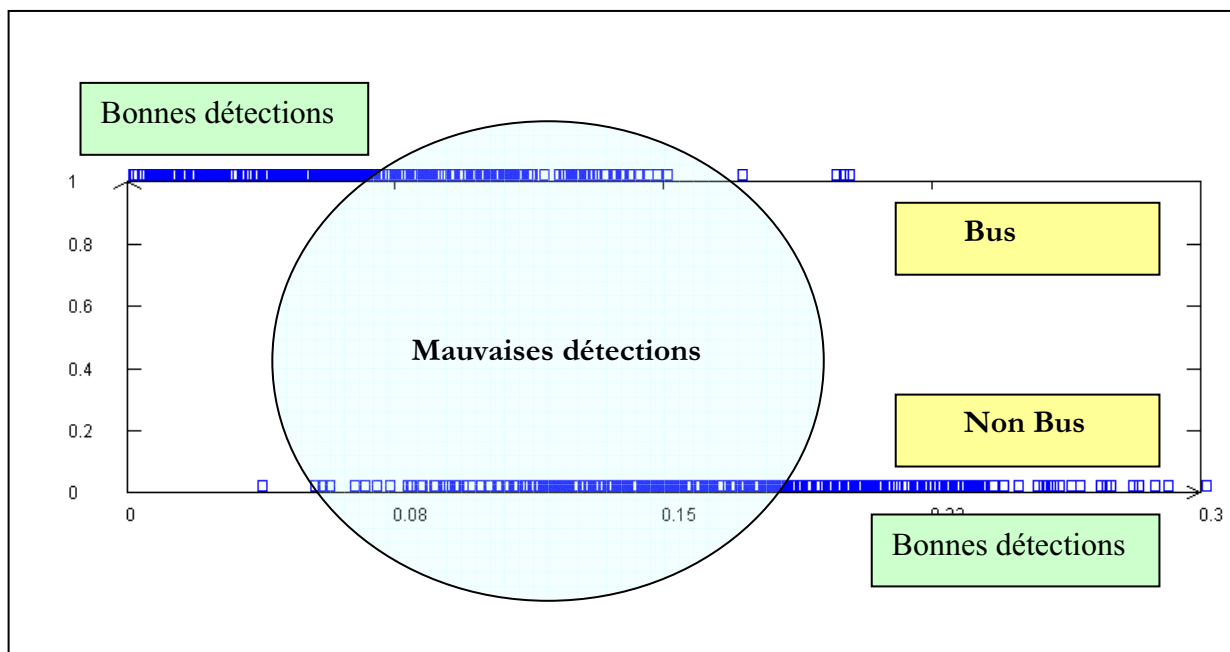


figure 59 : Résultat d'une fonction sur la base de données B2. Au centre nous avons les sons mal détectés. Ces séquences mal ordonnées serviront ainsi à constituer une nouvelle base de données (B3).

En outre, lors des passages des cyclomoteurs, des motos ou des autos, la détection ne se fait pas. C'est un fait intéressant qui montre que l'on a besoin d'augmenter la pertinence des fonctions en leur demandant de discriminer les bus des sons qui ne sont pas des véhicules. Il faut alors envisager la constitution d'une nouvelle base de données plus complète cette fois-ci qui incorporerait l'ensemble des sons présents dans l'espace urbain (base B4).

c) Base B3

La base de données B3 est constituée de l'ensemble des séquences (bus comme non-bus) les moins bien détectées par le modèle fabriqué à l'aide de la base précédente (B2). Il s'agit ici de trouver des fonctions permettant d'établir une séparation des séquences entourées en bleu dans la figure 59. En d'autres termes, des séquences de bus mal détectées une première fois pourront être bien détectées par la suite, et inversement, des séquences autres que bus mais reconnues comme bus pourront être détectées en tant que non bus par la suite.

Nous obtenons ainsi des fonctions appelées $f(B3)$.

d) Base B4

La base de données B4 est constituée de l'ensemble des séquences composant l'espace sonore urbain. Voici la répartition des différentes catégories de la base [figure 60]:

Catégorie	Séquences	Quantité	Répartition
bus		289	50.0%
Véhicules	autos	48	16.6%
	camions	48	
Différent de véhicules	oiseaux	20	16.6%
	enfants	22	
	pluie	3	
	poussettes	8	
	rien	22	
	voix	21	
Deux roues	cyclo	40	16.8%
	motos	40	
	vespas	17	
Total		578	

figure 60 : Composition de la base de données B4

Nous obtenons ainsi des fonctions appelées $f(B4)$.

3.6.3. Modèle

A présent, il faut construire un modèle permettant de détecter le mieux possible les sons de bus à partir des différentes fonctions trouvées par EDS à l'aide des différentes bases de données de calcul.

Le premier modèle [figure 61] construit est *un arbre de décision* qui combine certaines des fonctions $f(B2)$ et $f(B4)$.

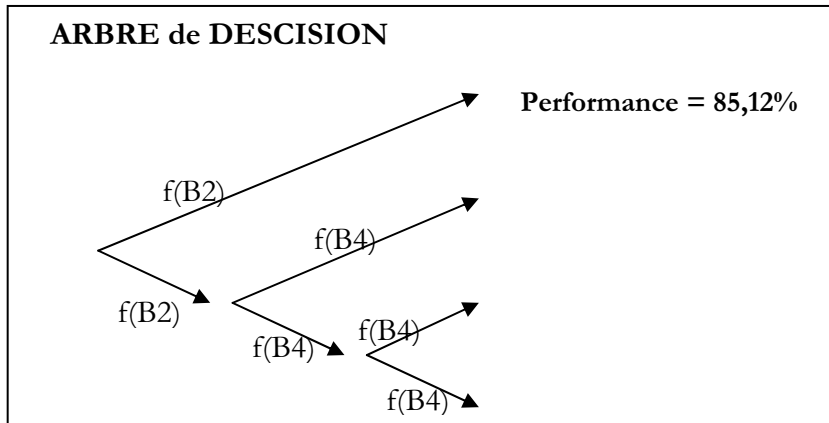


figure 61 : Meilleur arbre de décision obtenu sur la base B4. Ce modèle utilise des fonctions (différentes ou identiques pour chaque branche) extraites parmi $f(B2)$ et $f(B4)$.

Un autre modèle créé automatiquement par EDS, de type *arbre de décision* est créé à partir du calcul de la performance de celui-ci sur la base de donnée B2. Il utilise certaines des fonctions parmi $f(B2)$, $f(B3)$ et $f(B4)$. Ce modèle est schématisé sur la figure 62 ci-dessous :

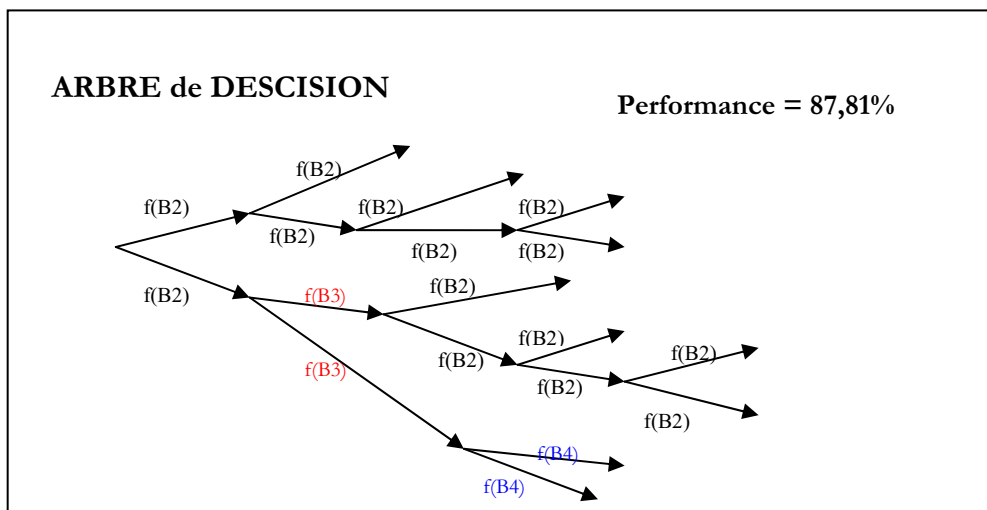


figure 62 : Meilleur arbre de décision obtenu sur la base B2. Ce modèle utilise des fonctions (différentes ou identiques pour chaque branche) extraites parmi $f(B2)$, $f(B3)$ et $f(B4)$.

On constate que les arbres de décisions générés par le logiciel sont difficilement interprétables par rapport à ce que l'on pourrait attendre comme hiérarchie logique. De plus, EDS ne permet pas de paramétrer l'arbre suivant notre logique, mais plutôt suivant une logique de recherche automatique du meilleur modèle en utilisant les fonctions qui lui sont présentées. Ainsi, il est intéressant d'imaginer quel type de modèle pourrait correspondre à nos attentes.

3.6.4. Modèle d'arbre décisionnel logique

D'après les différents résultats obtenus sur les trois bases de données, si l'on considère un modèle de combinaisons de fonctions de type arbre de décision, le choix que doit effectuer le modèle est d'abord une première sélection des séquences non-bus, puis ensuite une sélection des bus dans un panel comprenant des bus et d'autres véhicules et enfin une vérification de chaque sous-sélection pour déterminer si les séquences bus sont bien détectées ou non. C'est ce qui est transcrit dans la figure 63.

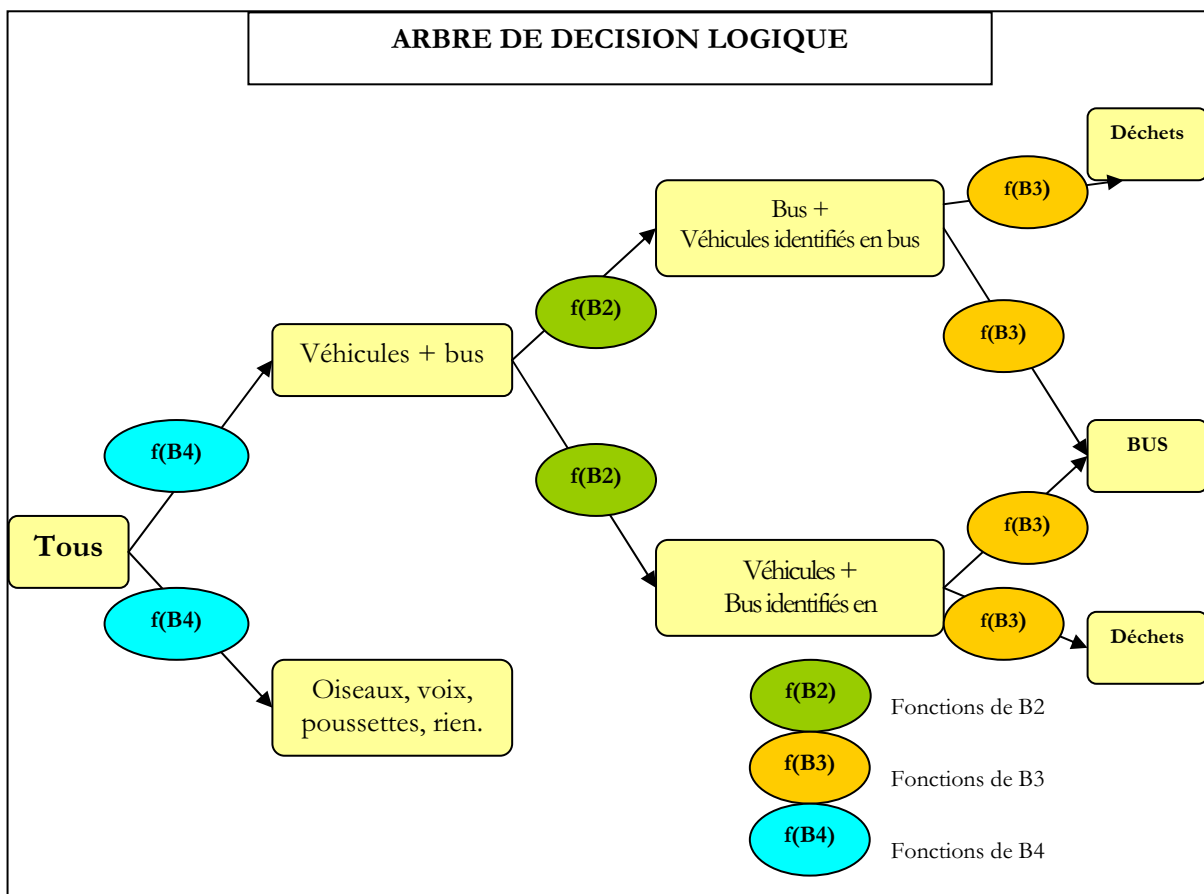


figure 63 : Modèle à envisager permettant une détection optimale des bus dans l'espace sonore urbain.

Ce schéma illustre le fait que la détection doit se faire par étapes, c'est-à-dire qu'une première sélection des véhicules et des non-véhicules doit être opérée pour détecter ensuite plus facilement les sous catégories comme les bus, les autos, les cyclomoteurs et les motos. Il en est de même pour détecter les oiseaux ou les voix où il faut dans un premier temps déterminer une catégorie non-véhicule.

La recherche sur l'identification des autobus a permis de construire un nouveau type de modèle. Classiquement un modèle était construit à partir de fonctions issues de recherches sur une unique base de données. Désormais, pour obtenir des meilleurs résultats, il est parfois nécessaire de créer des modèles intégrant des fonctions issues de recherches sur des bases de données différentes.

3.7. Autres sources

En reprenant la méthode que nous avons établie et indiquée à la figure 41 (page 82) nous obtenons des résultats satisfaisants pour l'identification des voitures et des oiseaux. Des pistes de recherches sont indiquées pour l'identification des voix et des motos qui demandent à être étudiées d'avantage.

3.7.1. Automobiles

La *base d'apprentissage* est constituée uniquement de séquences de véhicules. 50% des séquences sont des sons d'automobiles et les 50% restants sont divers véhicules. Au total, deux cent soixante-seize séquences composent la *base de données d'apprentissage*. La durée des séquences est de 0.5s.

Plusieurs recherches préliminaires sont effectuées et permettent de connaître les opérateurs les plus adéquats pour décrire les véhicules comme *Spectral Flatness*, *Spectral Centroid*, *Spectral Kurtosis* qui sont des descriptions fréquentielles des signaux.

Puis ces opérateurs sont rentrés dans les recherches orientées qui, grâce à des combinaisons avec des opérateurs temporels ou énergétiques, permettent de suivre l'évolution temporelle des caractéristiques spectrales.

Les meilleures fonctions obtenues par opérateur de bases sont les suivantes (figure 64) :

Fonctions	Pertinence
Square (Arcsin (Power (SpectralCentroid (Bartlett (HpFilter (Sqrt (Testwav), 1299.0))), -1.0)))	0,56
Square (Log10 (Abs (SpectralFlatness (Sqrt (Normalize (BpFilter (Normalize (Testwav), 1008.0, 3751.0)))))))	0,82
Log10 (SpectralFlatness (Sqrt (BpFilter (Normalize (Testwav), 928.0, 2841.0))))	0,75
Log10 (Rms (Percentile (FilterBank (Hamming (PeakPos (Blackman (Normalize (Testwav))), 4.0), 60.0)))	0,53
Square (Log10 (Multiplication (Variance (MelBands (Derivation (Normalize (Testwav)), 3.0), 35415.0)))	0,43
Power (Abs (SpectralKurtosis (Testwav)), -0.5)	0,30

figure 64 : Meilleures fonctions obtenues pour les voitures.

La pertinence des fonctions obtenues est moins bonne que celle des fonctions obtenues pour la classification véhicule/non véhicule ou pour les cyclomoteurs. En effet, le meilleur score est ici de 0.82 contre 3.65 et 1.66 précédemment. Cela traduit le fait que, dans les problèmes discriminatoires présentés, les voitures ont des caractéristiques spectrales moins prononcées que les cyclomoteurs ou les véhicules.

Finalement, à partir de ces six fonctions, deux modèles sont fabriqués. Leurs performances sont les résultats obtenus par l'application des modèles sur la *base de données d'apprentissage* [figure 65].

Modèle	Performance
Arbre de décision	84.06%
Régression linéaire	86.59%

figure 65 : Meilleurs modèles composés à partir des meilleures fonctions.

Plusieurs vérifications de ces modèles sur des *séquences tests* indiquent que les fonctions obtenues sont optimum pour créer les meilleurs modèles permettant d'identifier l'ensemble des séquences de la catégorie automobile.

Notons également que tous les véhicules de type *utilitaires* sont détectés comme étant des voitures. Ce regroupement a déjà été effectué dans d'autres études qui traitaient des similarités spectrales entre véhicules (voir [GAULIN-00] pour une bibliographie). Les *utilitaires* ne sont différents des voitures que d'un point de vue visuel.

3.7.2. Motos

Les premiers résultats concernant la détection des motos nous entraîne à diviser la catégorie *motos* en sous catégories comme nous avons déjà pu le faire en séparant les sons de *vespas* et les sons de *cyclomoteurs*. De ce fait, la difficulté pour trouver de bons descripteurs réside dans la constitution de nouvelles bases de données qui doivent avoir un nombre suffisant d'individus.

Néanmoins, une écoute approfondie des séquences de motos incite à séparer naturellement à l'oreille l'ensemble des sons de motos en quatre classes de sons. Ces classes sont les suivantes :

- Motos au ralenti,
- Motos à vitesse normale,
- Explosion continue du pot d'échappement (Type Harley Davidson...),
- Motos de grosse cylindrée,

Ainsi, on peut prédire que l'ensemble des *fonctions* que l'on obtiendra permettra de détecter chaque sous-catégorie de motos. Une somme des détections de chaque sous-ensemble indiquera alors une détection de toutes les motos.

Il apparaît que nos bases de données sonores des quatre catégories de motos ne sont pas assez fournies en nombre pour nous permettre d'obtenir des descripteurs pertinents.

3.7.3. Oiseaux

La base de données est composée de deux cent soixante-dix séquences dont la répartition en pourcentage par source est la suivante [figure 66] :

oiseaux	50.0%
animaux	0.7%
piétons	7.8%
voix	22.2%
avertisseur	13.3%
autres	5.9%

figure 66 : Composition de la base de données « oiseaux »

Pour identifier les oiseaux, nous avons guidé les recherches à partir d'indices trouvés sur la lecture d'un sonagramme. Sur la figure 67, on visualise le signal ainsi que le spectrogramme d'un son d'oiseau. La bande passante de cet oiseau s'étend de 5000 à 9500 Hz. Dès lors, un filtrage passe-haut semble être un bon départ pour caractériser les sons d'oiseaux dans l'espace urbain.

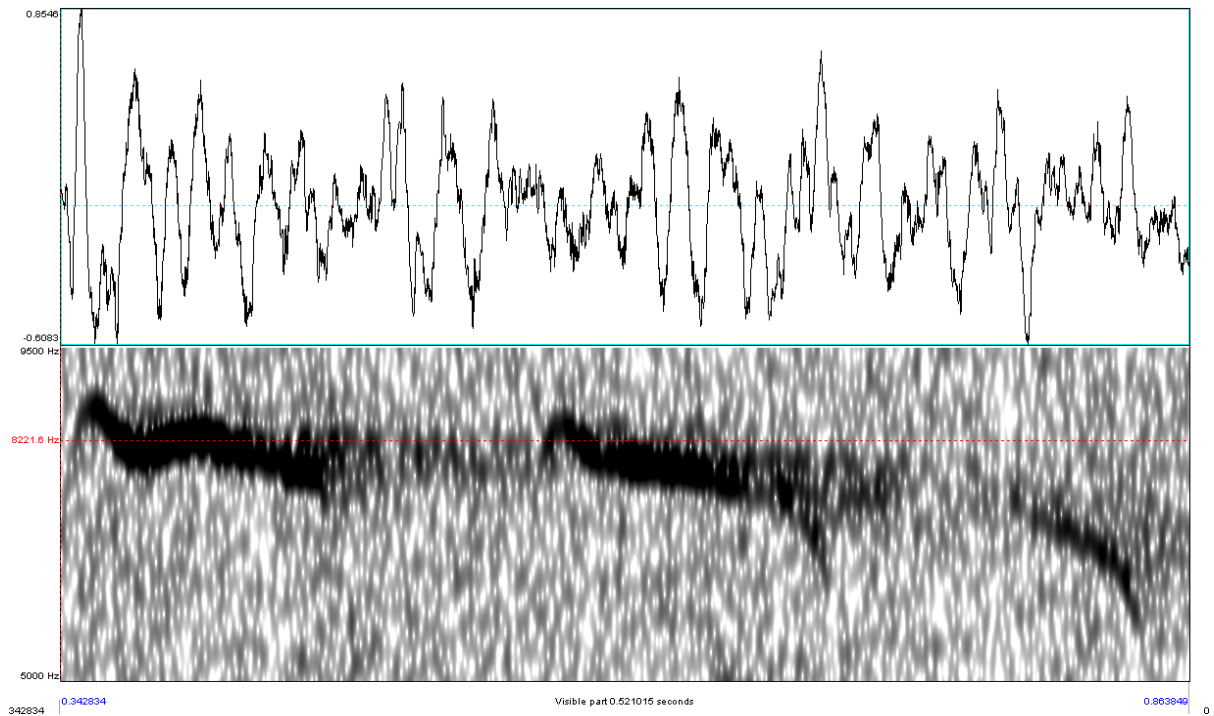


figure 67 : Signal et sonagramme d'un son d'oiseau.

Plusieurs visualisations de spectrogrammes de différents oiseaux montrent que la fréquence de coupure du filtre passe-haut est optimale pour 1500 Hz.

Nous effectuons ainsi un premier filtrage du signal avec l'emploi dans les fonctions de l'opérateur *HpFilter*.

Au final, nous pouvons obtenir un modèle de type « arbre de décision » qui permet d'obtenir une performance de 90,37% sur *la base d'apprentissage*. Ce modèle classe correctement cent vingt séquences d'oiseaux et cent vingt-quatre séquences de non-oiseaux. Les erreurs portent sur quinze séquences d'oiseaux mal détectées et onze séquences de non-oiseaux mal détectées.

Ce modèle fonctionne suivant le schéma suivant (figure 68) :

```

Log10Log10SpectralRolloffPowerNormalizeCorrelationPowerNormalizeTestwav4.0NormalizeTestwav7.0 <= 0.411583
| SpectralRolloffDerivationNormalizeDerivationDerivationNormalizeDerivationNormalizeTestwav <= 18834: c0 (13.0)
| SpectralRolloffDerivationNormalizeDerivationDerivationNormalizeDerivationNormalizeTestwav > 18834
| | Log10VarianceVariancepitchBandsLpFilterSplitOverlapBpFilterNormalizeHpFilterNormalizeTestwav31.0579.01083.03593.00.890328145749266212891.05.0 <= -0.432409: c1 (87.0/3.0)
| | Log10VarianceVariancepitchBandsLpFilterSplitOverlapBpFilterNormalizeHpFilterNormalizeTestwav31.0579.01083.03593.00.890328145749266212891.05.0 > -0.432409
| | | Log10Log10SpectralRolloffPowerNormalizeCorrelationPowerNormalizeTestwav4.0NormalizeTestwav7.0 <= 0.372532: c0 (10.0)
| | | Log10Log10SpectralRolloffPowerNormalizeCorrelationPowerNormalizeTestwav4.0NormalizeTestwav7.0 > 0.372532: c1 (13.0/5.0)
Log10Log10SpectralRolloffPowerNormalizeCorrelationPowerNormalizeTestwav4.0NormalizeTestwav7.0 > 0.411583: c0 (60.0)

```

figure 68 : Description du modèle de type "arbre de décision" utilisant trois fonctions pour détecter les sons d'oiseaux.

Parmi les trois fonctions utilisées dans ce modèle, deux utilisent l'opérateur *SpectralRolloff* et une l'opérateur *PitchBands*.

SpectralRolloff est une approximation de la fréquence de coupure entre les parties sinusoïdales et bruitées du signal. Il caractérise l'aspect harmonique du chant d'oiseau.

L'opérateur *PitchBands* est quant à lui, utilisé après le filtrage passe-haut. Il représente une mesure de la *hauteur* perçue. Cet opérateur caractérise la *hauteur tonale* du chant d'oiseau.

3.8. Ebauche d'un organigramme des détections

Confrontés tout d'abord à des résultats satisfaisants pour classifier les bases de recherche mais très décevants pour identifier les sources sur des séquences tests, nous avons dû changer notre approche en redéfinissant le problème à résoudre. En examinant la composition des modèles obtenus, nous avons constaté qu'ils employaient un nombre trop élevé de fonctions différentes. Les modèles s'avérant ainsi uniquement descriptifs des sons de la base de données sur laquelle le système avait effectué leur recherche. Ainsi, l'absence de fonction pertinente (dû à la non présence d'un opérateur de base) est significative d'une base de données trop éclectique en termes de diversité. Nous avons alors décomposé le problème présenté en plusieurs sous-problèmes pour ensuite intégrer l'ensemble des résultats dans un modèle général.

De ce fait, pour identifier correctement ce que nous classons habituellement dans la catégorie cyclomoteur, nous devons identifier tout d'abord les véhicules ; puis, parmi ces véhicules, nous recherchons indépendamment plusieurs catégories (Vespa, scooter ou cyclomoteur de 50 cm³ de cylindrées) que nous regroupons ensuite sous la dénomination de cyclomoteurs. Pour cela il nous faut effectuer une écoute attentive des séquences pour établir de nouvelles catégories et s'assurer que ces différences perceptibles peuvent être détectées par des opérateurs de traitement du signal, et non pas à l'aide de facteurs cognitifs.

Les opérateurs les plus utiles aux détections sont ceux qui décrivent des particularités spectrales des sources sonores. Ce sont les opérateurs du type *Spectral Centroid*, *Spectral Decrease*, *Mfcc*, *Spectral Flatness*, *Spectral Spread*... Les autres opérateurs (fenêtrages, calculs d'énergie, filtres...) permettent essentiellement de définir le cadre (temporel, spectral et énergétique) de recherche des traits pertinents ainsi que de suivre leur évolution.

Les résultats trouvés avec EDS permettent ainsi d'établir un organigramme pour les détections des sons de l'environnement urbain (figure 69).

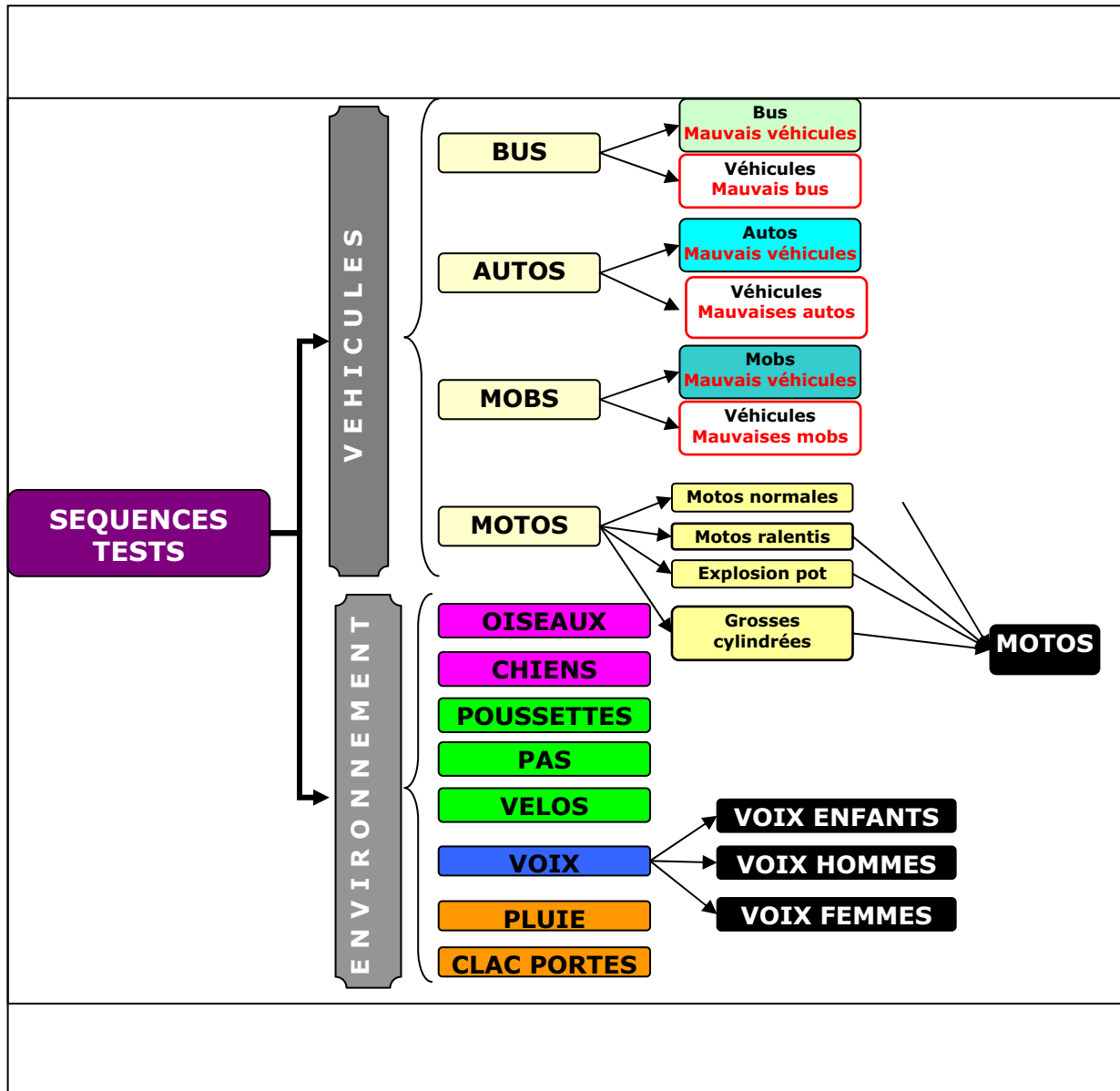


figure 69 : Organigramme des détections tel que nous pouvons l'entrevoir et qui pourra se dessiner dans la suite des recherches.

IV. CONCLUSION SUR LES IDENTIFICATIONS AUTOMATIQUES

Ce travail effectué sur des bases de sonorités urbaines a permis de mettre en évidence des descripteurs physiques solides capables de détecter les principaux événements sonores de l'environnement urbain parisien (voitures, cyclomoteurs, motos, bus, oiseaux et voix). Les descripteurs trouvés ne sont bien sûr pas universels mais permettent de résoudre un problème ad hoc. Ils s'appuient sur la pertinence d'opérateurs de traitement de signal qui sont descriptifs du comportement spectral des sources sonores.

En partant de classes de sources pré-déterminées, il a été rapidement constaté que les similitudes spectro-temporelles extraites des signaux ne sont pas forcément en accord avec les classes correspondant à nos images perceptives. Ainsi, un son de cyclomoteur de type Vespa, s'il rentre a priori dans une catégorie perceptive dite « cyclomoteur », ne l'est plus a posteriori. Une écoute attentive des sons de Vespa nous permet toutefois de les distinguer des sons de cyclomoteurs classiques. Ainsi, la taxinomie effectuée ici se construit à partir des similarités spectro-temporelles des événements sonores, contrairement aux propriétés visuelles du départ.

Dans notre recherche de descripteurs pertinents, nous avons également vu qu'une base de données trop large (en termes de diversité de sources sonores) pouvait nuire à l'extraction de fonctions intéressantes. La démarche nous a permis de constater que nous obtenons de meilleurs résultats en orientant les recherches selon l'arborescence d'un arbre de décision : en formant des classes en partant du plus général et en allant au plus particulier. Ainsi, la détection d'un bus sera meilleure si l'on effectue en premier lieu une différenciation entre véhicules et non-véhicules, puis en appliquant un second descripteur faisant la différence entre bus et véhicules plutôt que de chercher directement identifier des bus parmi l'ensemble des sources de l'environnement urbain.

Les premiers descripteurs physiques établis ont montré leur efficacité sur des tests de vérification effectués sur des bases de données. L'étape d'après consiste à tester la pertinence des identifications sur des fichiers sonores continus. Certains de ces tests ont été effectués. Il apparaît que la détection des véhicules est satisfaisante. Néanmoins, la détection des oiseaux et des voix est plus problématique avec de nombreuses erreurs. Cela provient du fait que les bases de données qui ont servi à l'apprentissage ne sont pas assez représentatives des événements rencontrés par la suite. Un travail d'exhaustivité de la constitution des bases de données doit donc être entrepris. Notamment pour le cas des oiseaux et des voix. Il semble également intéressant d'effectuer des détections par plus petit que 500 ms, notamment pour les oiseaux. En effet, ceux-ci ont souvent

des temps d'apparition très brefs. Enfin, en employant une méthodologie à peu près similaire à celle présentée ici, il semble que des descripteurs relatifs à d'autres sources (klaxons, camions de livraison) employées dans nos modèles de désagrément pourront être trouvés.

Il faudra également, pour renforcer la robustesse des descripteurs, étoffer les bases de données de *recherche* de sons plus divers, que nous pouvons rencontrer en milieu urbain : passages d'avions, d'hélicoptère, musique...

V. INTEGRATION DES DESCRIPTEURS DANS UNE PLATEFORME AUDIO

Le but de ces recherches est d'obtenir un outil permettant l'identification des sources en temps réel. Ainsi, les descripteurs définitifs ont été retenus sur la bases de certains critères. Tout d'abord ils ont été optimisés en fonction du nombre de fonctions et opérateurs auxquels ils font appel. De plus, les compositions d'opérateurs ont été « épurées » (par exemple si nous avons le calcul de la valeur absolue de la racine carrée) afin d'économiser du temps de calcul.

La suite logicielle est appelée FDAI (From Descriptors to Automatic Identification).

Une plateforme de traitement audio a été développée. Elle permet tout d'abord d'effectuer le calcul d'indicateurs classiques tels que le L_{Acq} et les énergies par bandes d'octaves. Ensuite, elle permet de « charger » les extracteurs de contenu audio pour les exécuter sur une séquence sonores.

Techniquement, le système FDAI peut être décomposé en trois modules principaux. (figure 70).

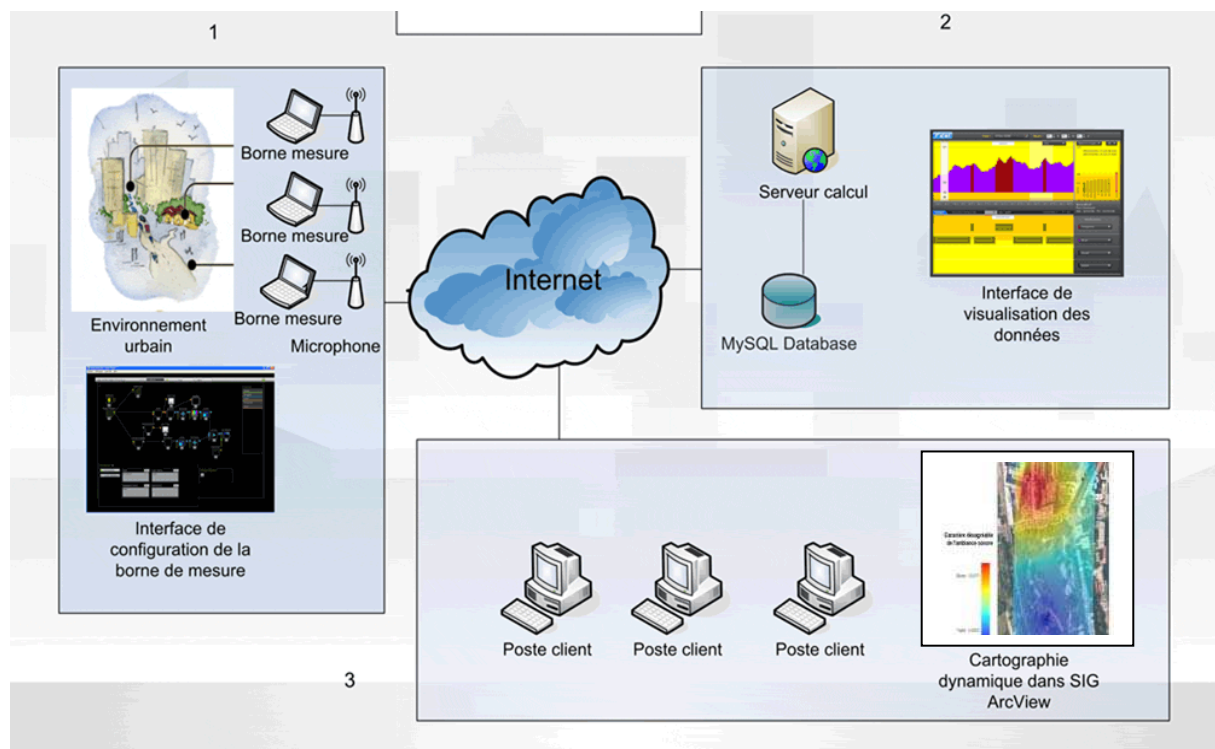


figure 70 : Synopsis technique du système FDAI. Il consiste en trois modules principaux interconnectés par IP. Le module 1 représente la configuration du système de mesure, le module 2 représente le conditionnement au niveau de serveur des données mesurées. La représentation temporelle des données via le Web y est effectuée; le module 3 fournit la représentation spatiale des données à travers des cartes animées dans le SIG ArcView.

5.1. Mesures et identification des sources sonores

La première étape consiste à effectuer les mesures. Des systèmes de monitoring (un microphone connecté à un ordinateur PC portable) sont installés dans les lieux à caractériser (rues, parc, marché). Le microphone est placé à 2 mètres des façades et à environ 4 mètres du sol comme illustré sur la figure 71.



figure 71 : Le microphone est placé à deux mètres de la façade et à 4 mètres au dessus de la rue. Le microphone est connecté à un ordinateur qui calcule en temps réel des critères tels le L_{Aeq} et les bandes d'octaves mais également la détection de sources sonores.

FDAI calcule des critères normatifs (comme le L_{Aeq} ou l'énergie par bande d'octave) et effectue la détection automatique des sources sonores (la configuration de mesure du logiciel est illustrée sur la figure 72). Selon les ressources disponibles dans le PC et la complexité des modèles de classification utilisée, sept types de sources peuvent détectées de manière simultanée (actuellement, le système tourne sur un PC ASUS A6J avec un processeur Intel Core Duo T2400 cadencé à 1.86GHz. Ce type de processeur double cœur est largement recommandé en raison de l'architecture *multi-thread* du logiciel). Les algorithmes de détection automatiques des sources sonores sont basés sur l'utilisation d'un système innovant utilisant l'intelligence artificielle. Une caractérisation spectrale des types de sources est effectuée grâce à l'utilisation de fonctions regroupant de très nombreux opérateurs de traitement du signal. Ces fonctions sont ensuite insérées dans un modèle de classification et entraînées sur un large corpus de sons d'apprentissage, fournissant au final un **extracteur** par type de source à identifier. Cette partie est effectuée en collaboration avec les chercheurs du laboratoire SONY CSL. La performance des **extracteurs** est testée sur de larges bases de données (plus de 1000 échantillons par type de source) et le système fournit de 90 % à 96 % de bonnes détections selon le type de source considérée. Le système permet également la détection de sources superposées. En effet, nous intégrons dans le système un modèle de classification par type de source considérée (modèle à deux classes) et ces classificateurs tournent en parallèle dans le système. Le système de détection automatique continue à être en développement et en apprentissage. Ainsi, la justesse des détections est toujours croissante. De plus, il est tout à fait possible de construire de nouveaux *extracteurs* réalisant l'identification de sources sonores non prises en compte dans ce projet : les klaxons, les camions de livraisons, les passages d'avions...Un nouvel apprentissage est alors nécessaire.

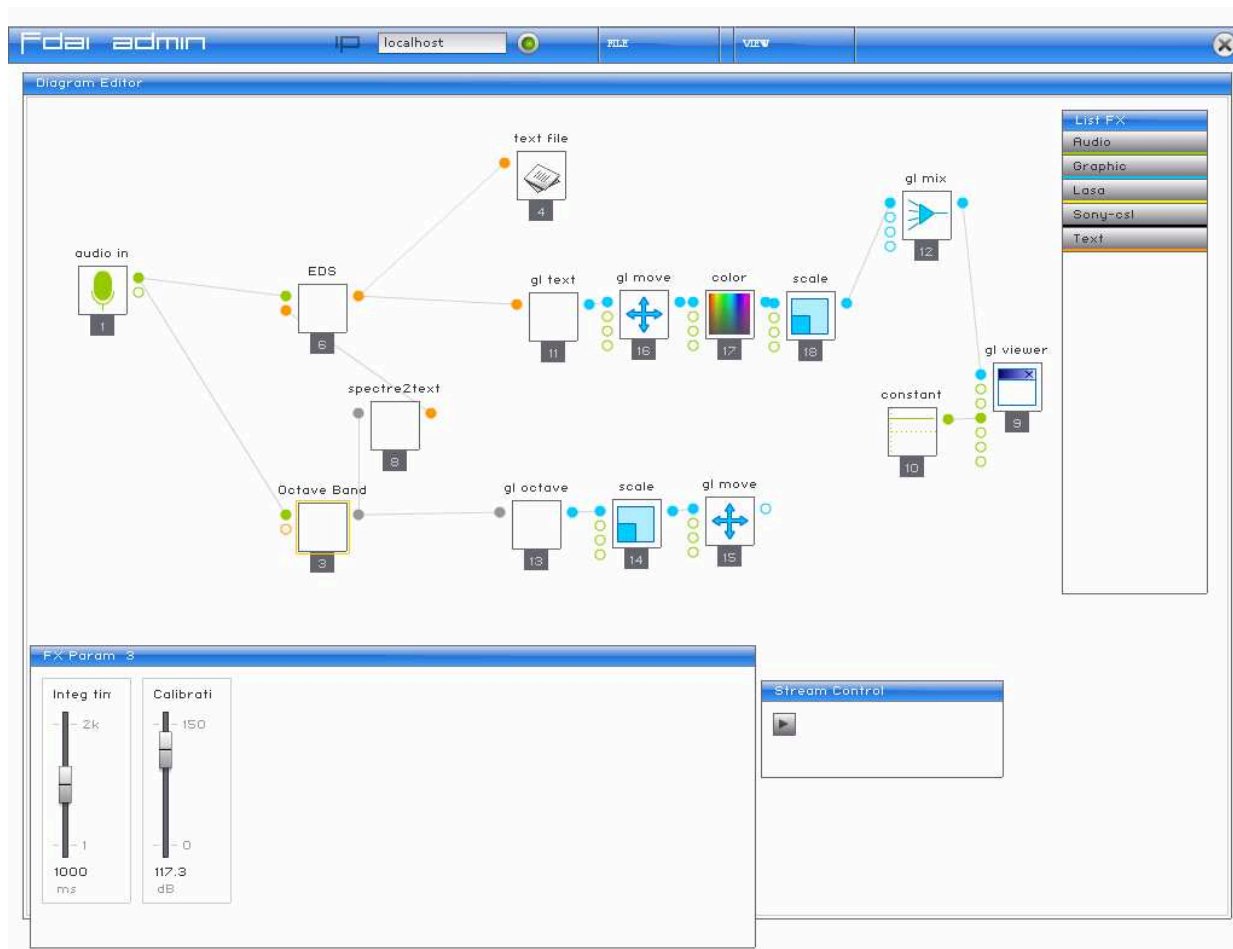


figure 72 : Interface de configuration du logiciel de mesure. Ce logiciel fonctionne en bloc diagramme. Chacun des blocs est paramétrable et réalise un traitement spécifique (calcul du LAeq, acquisition du signal audio, identifications). Les blocs sont alors connectés entre eux. Plusieurs configurations de mesures sont donc possibles et sauvegardables.

Chaque minute, les données calculées (qui sont une dématérialisation du contenu sonore en une information utile, par pas d'une seconde, et peut gourmande en place) sont enregistrées sur des fichiers textes. Ceux-ci sont automatiquement envoyés sur le serveur de calcul via Internet.

5.2. Représentation Temporelle des données

Le serveur reçoit donc les données provenant de chaque point de mesure toutes les minutes et les insère progressivement dans des bases de données MySQL. A cette étape, l'évolution temporelle des données en provenance de chaque borne peut être visualisée sur Internet (www.fdaI.lasa.fr). Nous en donnons un exemple sur la figure 73. Des requêtes sur les données peuvent également être effectuées, par exemple le calcul de l'énergie en dB(A) ou en bande d'octave propre à l'apparition d'un cyclomoteur identifié par le système. De plus, le serveur calcule l'indicateur de

désagrément sonore dont l'évolution peut être visualisée. Toutes les manipulations graphiques sont rendues possibles grâce à l'implémentation en Flash du site Web (figure 73). Les temps de calcul des requêtes sur le serveur sont minimales grâce à l'optimisation des algorithmes implémentés en langage php ainsi qu'à un bi-processeur installé sur le serveur. La résolution temporelle de l'affichage va de 1 à 3600 secondes par point.



figure 73 : représentation temporelle des données mesurées/calculées à travers l'interface Web. Cette copie d'écran représente en haut l'évolution du LAeq mesuré en un point. Les couleurs sont les projections des sources identifiées mentionnées sur le cadre inférieur (voiture, Cyclomoteur, Voix, Bus). En haut à gauche, nous avons l'affichage des bandes d'octaves correspondant à une partie sélectionnée de la courbe du LAeq

REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DES DONNEES

I. INTRODUCTION

1.1. Les cartes de bruit existantes

Les cartes de bruits sont à ce jour basées sur des modélisations du trafic routier qui est considéré comme la source la plus importante de nuisance en milieu urbain. Connaissant le nombre de voiture et leur vitesse pour chaque axe routier, un calcul est effectué pour définir le niveau sonore et déterminer à l'aide de modèles la dispersion de ce bruit. On peut ainsi calculer les volumes sonores sur les façades des bâtiments à différentes hauteurs. On obtient ainsi une carte sur une grande zone, mais le problème est que le temps de calcul est très grand. Actuellement, un nouveau logiciel est en phase de test. Il a été créé pour la Mairie de Paris, à sa demande, afin d'être l'outil qui réalisera la nouvelle carte de bruit qui va bientôt s'amorcer. La grande évolution entre les deux logiciels est la donnée en sortie. Alors que pour l'ancienne sortie, on obtenait des images rasters de petites zones qu'il fallait ensuite recalculer les unes par rapport aux autres, on va maintenant obtenir une base vectorielle au format Shape qui sera donc réutilisable dans les SIG. La cartographie peut, dans les deux cas, être réalisée en deux dimensions ou en trois, avec les niveaux sonores projetés sur les façades.

Dans ce type de cartographie, on ne tient compte que du niveau sonore et non des types de bruit. Ainsi, dans le cas d'une étude très locale, on ne prendra pas en compte les petits bruits quotidiens tels que le passage d'une mobylette au milieu des voitures. On aura une idée globale sur une longue durée. L'évolution apportée par ce nouvel indice et par la reconnaissance de bruit est de non seulement discriminer les types de bruits, mais aussi d'avoir une visualisation sur une minute et non plus sur une période de 12 heures.



figure 74 : La cartographie du bruit par la Mairie de Paris en 2D



figure 75 : La cartographie du bruit par la Mairie de Paris en 3D

MAIRIE DE PARIS, WWW.PARIS.FR

1.2. Intégration des données du projet dans le SIG

L'intégration des données dans le SIG se fait sur la base de trois points de mesures effectués autour du Parc Montsouris dans le quatorzième arrondissement parisien. Trois points de mesures de 24 heures y ont été effectués. Cependant, pour des raisons pratiques, la représentation des données ne se fait que sur quelques minutes. Une cartographie est constituée d'une première couche ortho-photographique qui est en fait une photo aérienne du lieu. Ensuite d'autres couches telles que les bâtiments, les rues, les espaces verts, les voies ferrées etc. peuvent être rajoutés comme des couches supplémentaires. Notre travail consiste à rajouter des couches représentant l'information sonore des lieux : qualité sonore du lieu, niveau sonore, présences de sources sonores. Toutes ces informations sont issues des trois systèmes de mesures installés qui permettent leur calcul automatique ainsi que leur envoi par intervalle régulier sur le serveur. C'est donc sur cette machine que sont conditionnées les données pour leur permettre d'être interprétables par le

SIG et finalement d'être visualisées. L'originalité du projet réside dans le fait que la cartographie « évolue » en fonction de l'arrivée des données. Etant donné que le calcul du désagrément s'effectue sur des périodes d'une minute, le rafraîchissement des données est effectué toutes les minutes. Nous allons maintenant décrire par quel procédé nous avons pu réaliser ces cartes animées.

II. PROGRAMMATION DE LA CARTOGRAPHIE DU DESAGREMENT SONORE

2.1. Présentation

Les données sonores sont traitées et les types de bruits identifiés par les bornes de mesure. Des fichiers textes représentant la dématérialisation du contenu audio arrivent régulièrement sur le serveur par connexion IP. Ainsi, une base de données va être créée au niveau du serveur où seront stockées les apparitions des bruits par intervalles d'une seconde. Il va donc falloir exploiter cette base de données pour obtenir des tables qui serviront ensuite de base à la cartographie du désagrément sonore.

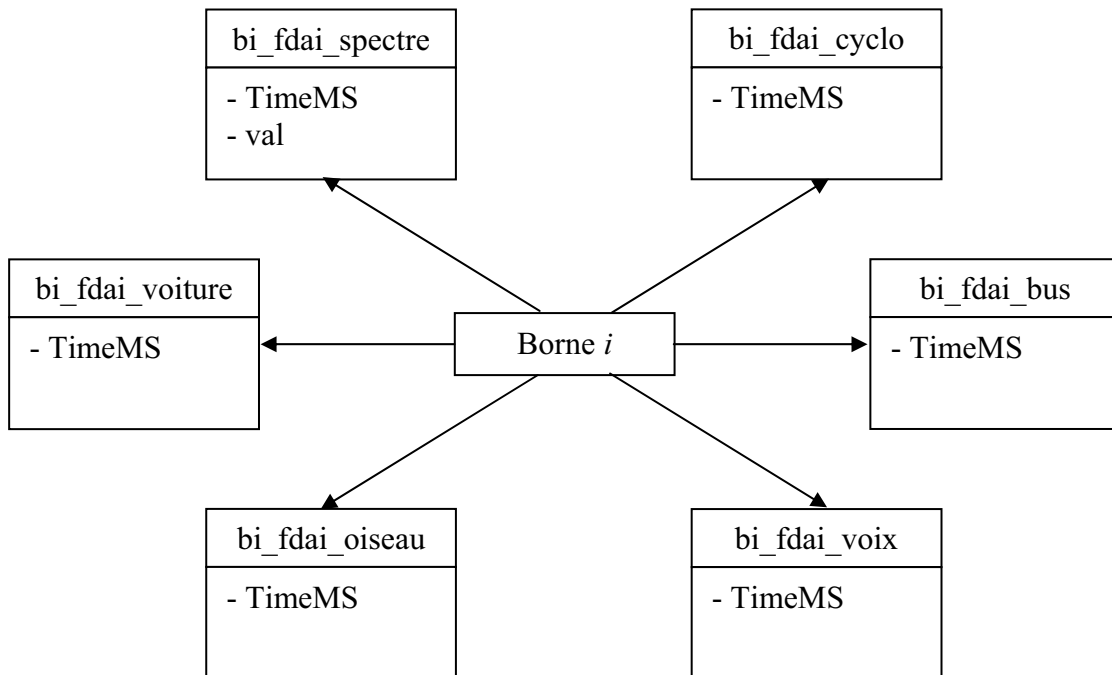
On va donc utiliser un module qui a fait son apparition dans le logiciel ArcView à partir de la version 9 : le Model Builder. Mais pour certaines opérations cet outil ne va pas suffire et il faudra donc les implémenter. La programmation servira aussi à mettre en place la succession des traitements. Pour ce faire, nous nous sommes servi du langage de programmation Python utilisé couramment sous ArcView.

2.2. Description de la base de données et intégration sous ArcView

2.2.1. La base de données

La base de données est organisée sous MySQL (installée à l'aide EasyPHP). Elle est composée d'une table pour chaque type de bruit et pour chaque borne. Ainsi, pour la borne i , on a l'organisation suivante :

figure 76 : Architecture de la base de données pour la borne i



Au fur et à mesure du traitement du signal audio, des fichiers sont créés définissant à quel type de bruit appartient la seconde. Ces fichiers sont envoyés sur le serveur du LASA toutes les 60 secondes via IP. Une fois arrivés sur le serveur, un programme va archiver ces fichiers mais aussi convertir les fichiers texte en données SQL qui vont être intégrées à une base de données SQL. Afin de pouvoir travailler en temps réel sur la cartographie et donc sélectionner uniquement les derniers enregistrements, nous allons travailler sur une base de données ayant exactement la même structure que la principale, mais ne possédant que les lignes correspondant à la dernière période d'envoi de données. Une fois le traitement des données effectué, un script videra les tables pour qu'elles puissent être remplies lors du prochain chargement des données.

On obtient donc ainsi deux bases de données. Une qui sert à traiter les données en temps réel et l'autre pour l'archivage des données brutes.

Pour utiliser cette base de données, il va falloir faire un lien entre la base de données SQL et le logiciel ArcView. Pour ce faire, le protocole ODBC est utilisé et cela permet de travailler sous ArcView sur les tables de la base de données SQL (voir Annexe 8 pour les détails de la passerelle). Ce lien est créé à l'aide d'un patch développé par MySQL.

2.2.2. Utilisations des données sous ArcView

Une fois les tables accessibles sous ArcView, il va falloir travailler sur celles-ci pour déterminer les temps d'apparition des différents types de bruits et les rendre ainsi utilisables pour une cartographie.

On va donc définir une période de temps sur laquelle nos calculs seront effectués et ainsi agréger les données par type de bruit. Ainsi, le pas de traitement va être de 60 secondes et on cherchera à savoir quel est le temps d'apparition des différents types de bruits durant cette période. Pour ce faire, on déterminera le nombre de secondes qualifiées pour un type de bruit : on obtiendra ainsi le temps d'apparition pour chaque type de bruit dont on va déterminer le pourcentage vis-à-vis de la durée totale.

La première étape est d'exporter les tables de la base de données en table *.dbf* car ArcView ne peut pas travailler directement sur les tables de la base de données MySQL (notamment pour les sélections). Ensuite on va travailler par type de bruit. Pour chaque borne, on ajoute un champ pour indiquer le numéro de la borne, et on calcule le nombre d'éléments dans la table. On obtient ainsi autant de nouvelles tables que de bornes, possédant une unique ligne possédant deux champs : le nombre de lignes des tables précédentes et le numéro de la borne. On va alors compacter ces tables en une seule afin d'obtenir une nouvelle table où figurent le temps d'apparition du bruit traité pour chaque borne (en effet, une ligne correspond à une seconde). Ce travail est à effectuer pour chaque type de bruit.

Une fois ceci fait, nous pourrions copier les valeurs des temps d'apparition dans la table attributaire du fichier de bornes. On a donc les temps d'apparition des différents types de bruit pour chaque point représentant une borne. L'étape suivante va être de calculer le désagrément.

Sachant que l'on ne prend pas de la même manière en compte les différents types de bruit en fonction du type de lieu (marché, rue, parc,...), il va falloir intégrer des conditions dans la formule du désagrément. On va se servir d'un champ de la table attributaire qui va définir le type de zone dans laquelle la borne se trouve. Pour ce faire, une table de facteurs relatifs aux types de bruits a été mise en place, possédant autant de lignes que de types de zones. Ainsi, en faisant une liaison entre le champ définissant le type de zone d'implantation de la borne et la table des facteurs, on peut calculer le désagrément pour chaque borne. En effet, pour chaque ligne, la formule sera la même, mais les facteurs seront définis par la ligne de la table des facteurs correspondant au type de zone d'implantation.

On obtiendra ainsi une table contenant les champs suivants :

- FID : identifiant de la borne interne à ArcView , type de géométrie
- Id : nom de la borne
- code_zone : type de zone
- Sonie : volume sonore moyen
- val_desa : valeur de désagrément
- tp_voi : temps d'apparition (en %) des voix
- tp_cyc : temps d'apparition (en %) des cyclomoteurs
- tp_bus : temps d'apparition (en %) des bus
- tp_voit : temps d'apparition (en %) des voitures
- tp_ois : temps d'apparition (en %) des oiseaux
- tp_moto : temps d'apparition (en %) des motos
- TimeMS : identifiant temporel moyen de la période.

Le TimeMS va servir pour identifier la date de la ligne. En effet, il va falloir pouvoir déterminer l'heure pour chaque ligne présentant les temps d'apparition et le désagrément. Ce TimeMS est dans un format utilisé de manière régulière en informatique : c'est le Time Stamp Unix. Ce format définit le nombre de secondes depuis le 1^{er} janvier 1970 à 0h00. Dans le cas qui nous occupe, TimeMS définit les millisecondes écoulées depuis cette date.

Il faut faire attention, car au cours du traitement, il peut arriver que certains types de bruits n'apparaissent pas dans la minute considérée. Dans ce cas, la table est vide et on aura un problème lors de la création de la table des statistiques commune pour les mêmes bornes. Il faut donc faire un test pour déterminer si la table de statistique pour chaque borne contient une ligne ou non. S'il n'y en a pas, il va falloir mettre à la place de cette table une autre table dans laquelle on va trouver une ligne vide.

2.3. Description de la chaîne de traitement

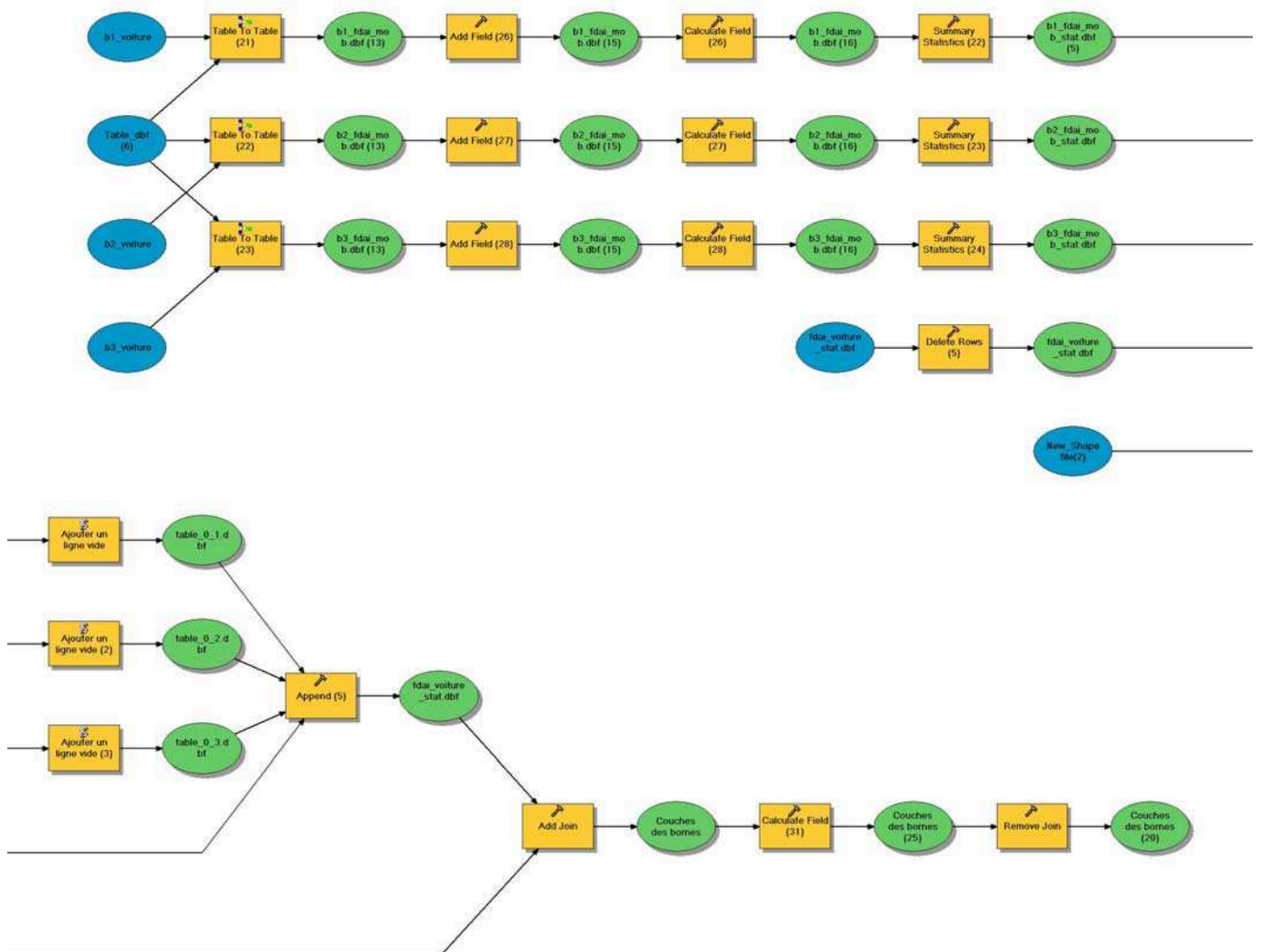
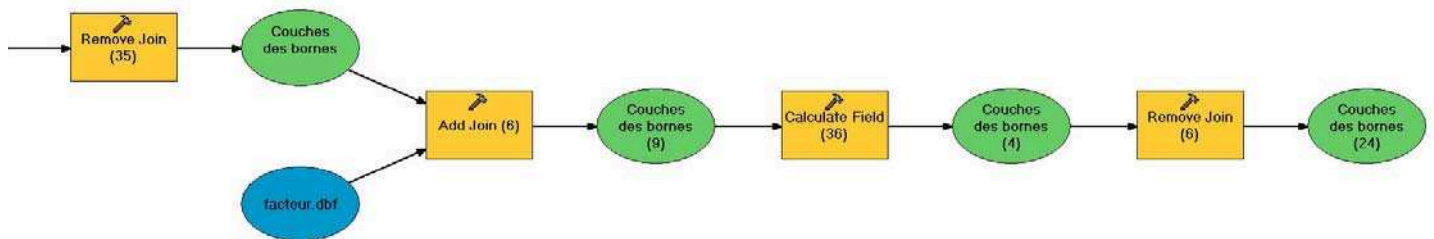


figure 77 : Chaîne de traitement des différentes tables pour une borne

En premier lieu, nous allons exporter la table de la base de donnée en .dbf pour pouvoir effectuer des requêtes avec l'outil **Table to Table**. Ensuite, nous allons travailler sur cette table et la première étape va être d'ajouter le numéro de la borne dans la table. Pour ce faire, on va ajouter un champ (**Add Field**) puis on va remplir ce champ (**Calculate Field**). On va enfin calculer le nombre de lignes dans la table avec l'outil **Summary Statistics**. On obtient ainsi pour chaque table de départ une table contenant le nombre de ligne dans chaque table de départ. Mais il faut se méfier car si la table est vide (pas de présence de ce bruit pour cette borne), il faut tout de même qu'il y ait une ligne à la table des statistiques. Pour vérifier cela, on va utiliser un script que j'ai programmé qui va compter le nombre de ligne et mettre une ligne indiquant que le temps de présence est nul si jamais la ligne n'existait pas.

On va alors assembler les tables par type de bruit au moyen d'un **Merge** qui va faire une seule table des n tables initiales par bornes. On se retrouve alors avec une table donnant les temps de présence du bruit traité pour chaque borne. Mais si jamais une table était vide, cela aurait entraîné un manque de ligne dans la suite et donc une erreur lors du traitement prochain (pas de mise en relation possible lors de la jointure). Il ne reste plus qu'à mettre ces temps en relation avec les points représentant les bornes. On va donc faire une jointure (**Add Join**) entre la table des temps de présence et la couche représentant les bornes. On va calculer le champ de la couche des bornes correspondant au type de bruit traité grâce à **Calculate Field** et ensuite, on va détruire la jointure (**Delete Join**) pour ne pas avoir des liens entre les tables. Le fait de copier les valeurs d'une table à l'autre permet une meilleure manipulation des données et fixe les valeurs dans la couche des bornes.

figure 78 : Chaîne de traitement du calcul du désagrément



Tous les champs de temps d'apparition remplis, il va falloir calculer le désagrément selon les formules définies par Boris Defreville. On va donc faire une jointure (**Add Join**) entre la couche des bornes et la table des facteurs sur le type de lieu (rue, marché, parc) et on va calculer la valeur de désagrément pour les différentes bornes (**Calculate Field**) et détruire la jointure (**Delete Join**). On obtiendra ainsi les valeurs de désagrément pour chaque borne, en fonction du type de zone d'implantation de la borne.

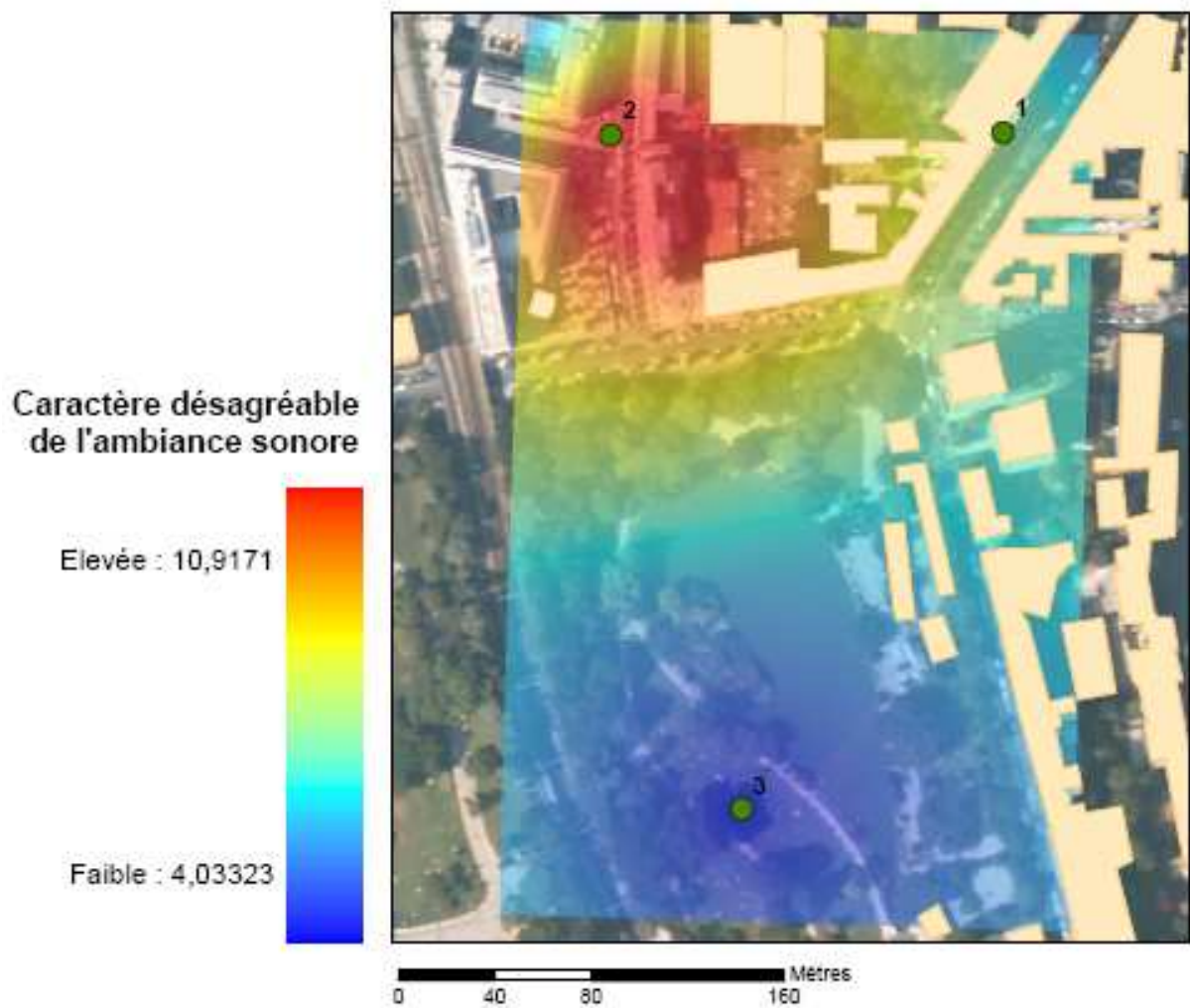
2.4. Visualisation et archivage

2.4.1. Représentation cartographique

Une fois le désagrément calculé, on va pouvoir cartographier celui-ci. Il y a plusieurs possibilités de représentations, mais la visualisation par couleurs est la plus représentative. Sinon, on peut aussi se servir de cercles proportionnels, mais cela restera des informations localisées. Le fait d'effectuer

une interpolation nous donne une information sur une zone entière. Par contre, il faudrait pouvoir intégrer la topologie des lieux : en effet, on peut penser que le désagrément sera le même dans toute une rue. Or, nous ne pouvons faire participer ce paramètre dans les méthodes traditionnelles d'interpolations.

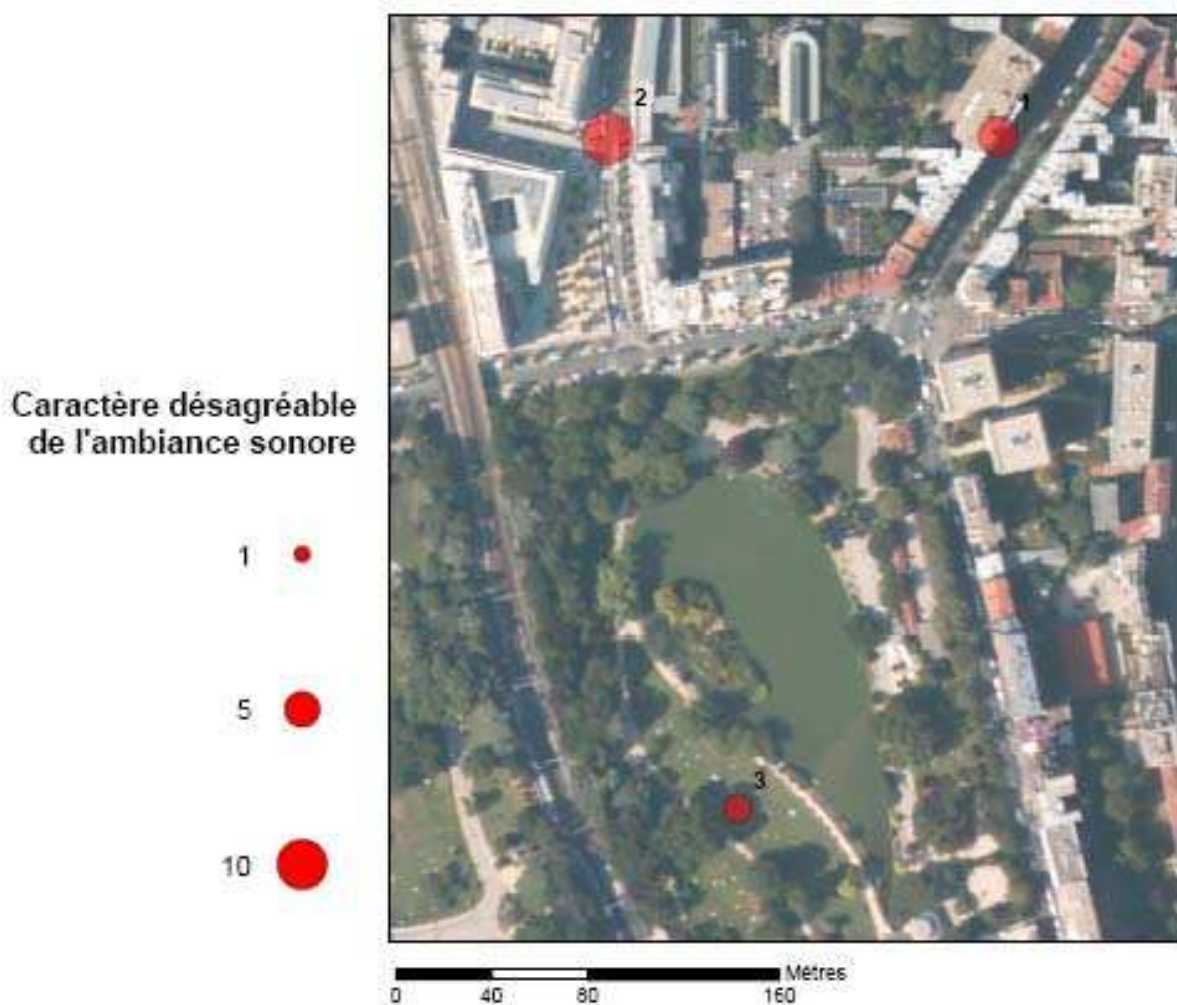
figure 79 : Représentation cartographique par Krigeage



L'avantage d'une interpolation réside dans le fait qu'elle présente une information continue et non ponctuelle. On peut ainsi avoir une vision globale de ce qu'il se passe et non une vision réduite à un environnement immédiat des bornes. Par contre, le problème est que cette méthode demande beaucoup de points de mesures pour obtenir une surface représentant assez fidèlement la réalité. Il faudrait par exemple une mesure dans chaque rue ou à chaque carrefour. Pour l'instant, un tel déploiement n'est pas envisageable, à cause de la lourdeur de l'installation et aussi parce que cette méthode est en phase de test.

D'un point de vue purement graphique, cette représentation est assez belle, mais elle présente un défaut de lisibilité des couleurs. En effet, du fait de la transparence nécessaire à la présentation de l'ortho-photographie, les couleurs de la surface créée par krigeage sont dénaturées par le fond.

figure 80 : Représentation cartographique par cercles proportionnels



On peut se limiter à des cercles proportionnels à l'indice de désagrément, le tout superposé sur l'ortho-photographie du lieu. Cette représentation a l'avantage d'être très lisible et très simple. Par contre, elle ne nous donne que des informations ponctuelles ou à la limite dans un très proche voisinage de la borne.

2.5. Gestion des archives

Un autre aspect de ce projet est de pouvoir présenter des données sur les dates passées. Pour ce faire, il faut mettre au point un système d'archivage.

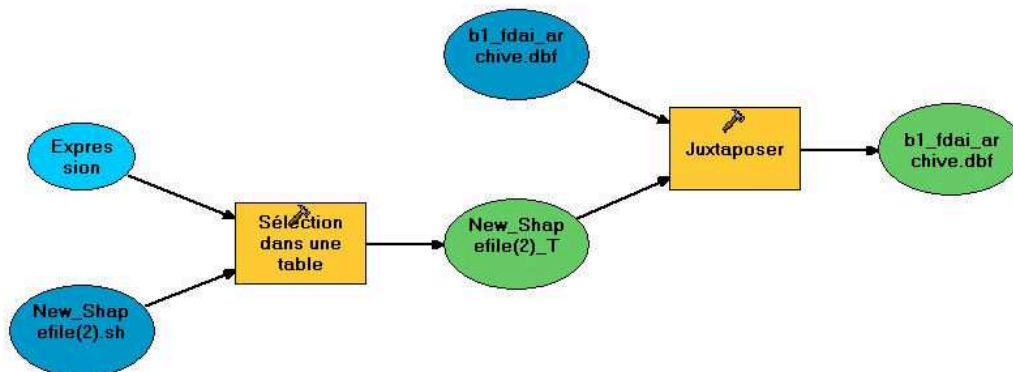
Une fois le travail de gestion des données effectué, nous allons donc enregistrer les différentes données obtenues dans une table pour chaque borne. Ainsi, lorsque l'on voudra avoir le désagrément à une heure précise, il suffira de rentrer cette heure dans l'interface et on pourra ainsi aller chercher dans les tables d'archives et reconstituer une table ayant les informations pour toutes les bornes.

On va pouvoir accéder à toutes les archives avec une assez grande rapidité, mais aussi regarder les évolutions des bruits et du désagrément, grâce ces tables spécifiques à chaque borne,

Il va néanmoins falloir aussi mettre au point une méthode permettant d'aller chercher la donnée la plus proche du point de vue temporel si jamais la donnée n'existe pas à cette date précise.

2.6. Description de la chaîne de traitement

figure 81 : Archivage des données pour une borne



Pour l'enregistrement dans les archives, le processus est assez simple. On va prendre chaque ligne et la copier dans les tables des archives correspondant à la borne qu'elle renseigne. Pour cela, on va sélectionner une par une les lignes de la table attributaire de la couche des bornes (**TableSelect**) et ensuite, on ajoute cette ligne dans la table des archives correspondant à la borne (**Merge**).

La récupération des données dans les archives va poser plus de problèmes. En effet, il va falloir tout d'abord traduire la date donnée par l'utilisateur (année, mois, jour, heure, minute, seconde) en

Time Stamp Unix (méthode basée sur le nombre de secondes écoulées depuis le 1^{er} janvier 1970 à minuit). Ensuite, il va falloir aller sélectionner dans les différentes tables d'archive les lignes correspondantes (**TableSelect**) puis les assembler dans une seule (**Merge**). Mais cela n'est pas aussi simple. Il va aussi falloir regarder les dates proches dans le cas où la recherche directe ne serait pas fructueuse. On va donc incrémenter la valeur de la date petit à petit pour déterminer s'il existe des enregistrements proches. Du fait de la plus grande complexité de cette opération, la récupération des archives s'effectue par l'intermédiaire d'un script Python et non d'un modèle directement. Néanmoins, certains outils sont appelés sous Python.

2.7. Modélisation et prévision

Un autre outil mis en place est celui de la modélisation. Il va servir à pouvoir visualiser le désagrément dans une situation théorique. Pour se faire, il suffira de remplir une table dont le format est spécifié et de lancer le calcul du désagrément. Vu que la table doit avoir un format bien spécifique, j'ai réalisé un petit outil permettant de créer cette table au cas où elle aurait été détruite ou déformée à la suite de plusieurs utilisations.

Ainsi un travail de modélisation et de prévision pourra être effectué. On pourra étudier l'impact d'une modification dans l'apparition d'un type de bruit et ainsi juger de son efficacité.

2.8. Description des tables nécessaires ou créées

2.8.1. Les tables pour le traitement

Pour le traitement, nous avons besoin des tables de la base bien sûr, mais aussi d'un certain nombre de tables de transition.

La première est celle qui permet de récapituler les temps de chaque borne dans une seule table. En effet, l'opération qui compacte plusieurs tables en une seule nécessite que la table de sortie existe pour avoir une logique de structure. Il faut donc conserver cette table qui a exactement la même structure que les tables issues des statistiques. De toute manière, il ne servirait à rien de la supprimer à chaque utilisation car cela prend du temps et donc rallonge le temps de calcul.

figure 82 : Structure de la table des fréquences pour un type de bruit

OID	Borne (chaîne)	FREQUENCY (entier long)

⋮ ⋮ ⋮

Pour chacun de ces bruits, on va faire une jointure entre la table des fréquences et la table des bornes sur le nom de la borne. La structure de la table des bornes a été décrite dans le chapitre précédent.

Une fois toutes ces jointures effectuées, on va faire une jointure sur le type de zone avec la table des facteurs.

figure 83 : Structure de la table des facteurs

OID	Type zone (chaîne)	Code zone (Réel double)	Fact_spe (Réel double)	Const (Réel double)	Fact_cyc (Réel double)

⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮

Cette table de facteurs peut être modifiée sous ArcView, mais il est déconseillé de le faire sous Excel car à l'enregistrement, il y a un changement de format et on ne peut plus lire les valeurs sous ArcView.

2.8.2. Les tables pour l'archivage

Les tables pour l'archivage ont la même structure que la table attributaire du fichier de couches de bornes. En effet, elles sont créées à partir de celle-ci.

A chaque traitement de données, les lignes sont copiées vers la table d'archive pour chaque borne. On a ainsi les mêmes structures. De même pour aller chercher des données dans les archives, on va pouvoir récupérer les lignes une par une et copier ensuite les valeurs dans la table des bornes.

On a donc une table par borne pour les archives où sont répertoriés les temps d'apparition ainsi que le désagrément.

2.8.3. Les tables pour la modélisation

Pour la modélisation, il faut une table pour entrer les valeurs des temps d'apparition. Pour ce faire, une table a été créée avec les différents champs qu'il suffira de copier dans la table des bornes.

La structure doit être rigoureusement la même que celle qui va être définie ci-dessous sinon, il risque d'y avoir un problème lors des jointures ou de la copie des valeurs. Comme pour la table des facteurs, il est préférable de remplir cette table sous ArcView pour les mêmes raisons.

figure 84 : Structure de la table de modélisation

OID	Nom_borne (Réel double)	Voiture (Réel double)	cyclo (Réel double)	Bus (Réel double)	

En cas de suppression ou de modification il est toujours possible de régénérer une table par un outil automatique sous ArcView.

III. CONCLUSIONS

3.1. Etat final

Finalement, nous obtenons un outil qui va traiter les données brutes contenues dans la base de donnée et ce en temps réel.

La mise en page est assez simple : elle contient une fenêtre cartographique représentant la zone d'étude ainsi que l'emplacement des bornes et la valeur du désagrément. On a aussi un graphique présentant la part des différents types de bruits pour chaque borne, montrant ainsi la prédominance de certains bruits et les différences dues à la différence d'emplacement.

Les limitations techniques du logiciel n'ont pas permis de réaliser un véritable travail de visualisation en temps réel, (il est nécessaire d'acquérir une extension d'ArcView (Publisher) très onéreuse). Rappelons que ce logiciel a été choisi pour ce projet car il est le logiciel de référence utilisé par les collectivités territoriales. La mise à jour en temps réel de l'affichage du document ArcView ne s'effectue que lorsque l'on lance un modèle et non lorsque l'on lance un script. Or, il n'est pas possible d'effectuer une boucle à l'aide du Model Builder (mais normalement, la version 9.2 d'ArcView devrait posséder cet outil). Nous sommes donc dans l'obligation de passer par un script (Python en l'occurrence) et donc ne pouvons faire rafraîchir l'affichage que par une manipulation humaine. Le travail en temps réel va donc être uniquement un traitement des données afin qu'elles soient facilement interprétables par un logiciel autre, mais aussi directement par un utilisateur.

De même, une idée était de faire évoluer les archives. Il suffisait de définir une date et ensuite, on voulait voir l'évolution du désagrément à partir de cette date. Mais là encore, il y a un problème de mise à jour qui ne peut pas être faite.

Du point de vue utilisation, on obtient un document ArcView qui sera consultable sur le serveur du LASA et qui contiendra les différents outils programmés et définis au cours de la recherche. Il faudra donc mettre à jour l'affichage et ensuite, on obtiendra la visualisation. Pour l'instant, le fait de mettre à jour l'affichage est un problème qui inhibe le dynamisme de la méthode.

Finalement, nous avons été confronté aux limites technologiques du logiciel qui de plus était disponible uniquement dans sa version de base. Il y a ainsi lieu de réfléchir à l'utilisation d'autres outils informatiques, plus pratiques pour la réalisation de certaines tâches demandant des affichages et des traitements dynamiques. Des pistes seraient l'utilisation du logiciel FLASH pour l'affichage ainsi que d'un autre logiciel adapté aux traitements et à internet (on peut notamment penser à des logiciels SIG libres).

3.2. Evolutions possibles

Les évolutions majeures pouvant être réalisées sont les ajouts de bornes dans le traitement ou de types de bruit. En effet, lors de la définition des traitements, il a été nécessaire de définir un certain nombre de bornes ainsi que des types de bruits.

En effet, au cours de la mise en place des chaînes de traitement ainsi que de la programmation, il a fallu donner le nombre de fois où l'on répète les opérations et à partir de quelles tables l'on travaille. Ne pouvant définir de chaînes vides (n'ayant pas de table en entrée) qui auraient pu servir dans le cas où l'utilisateur voulait se servir de plus de trois bornes, l'utilisateur se verra dans l'obligation de modifier les chaînes de traitement et les programmes pour l'ajout d'une borne. De même, il faudra modifier les chaînes pour un ajout de type de bruit. La raison est la même que pour l'ajout d'une borne.

Il est donc possible de modifier les programmes et les chaînes mais cela implique une adaptation assez lourde dans le sens où il faut modifier plusieurs endroits sans en oublier un.

Les méthodes pour faire ces tâches sont expliquées dans les annexes.

Une évolution majeure serait de développer un programme totalement indépendant d'ArcGIS. En effet, cela permettrait de s'affranchir de la licence mais aussi des problèmes de stabilité du logiciel. Même si les versions récentes sont assez stables, il n'en existe pas moins des erreurs qui peuvent entraîner des arrêts du programme. Cela peut-être embêtant dans le cas d'un traitement des données en temps réel.

De plus, le fait de programmer entièrement le logiciel permettrait de définir une interface pratique et complète alors que nous sommes légèrement bridé par ArcGIS de ce point de vue. On pourrait ainsi définir le nombre de bornes utilisées ainsi que les types de bruits.

Une autre évolution serait d'obtenir une interpolation prenant compte de la géométrie des lieux. En effet, il serait logique que le désagrément soit le même dans l'ensemble d'une rue, qu'il décroisse graduellement dans un parc ainsi que d'autres règles. Cela demande donc un développement d'une méthode d'interpolation prenant en compte l'environnement ainsi que la propagation des sons pour pouvoir définir les bonnes interpolations. Ce travail n'est pas dans mes compétences et n'était pas réalisable dans le délai imparti.

Au niveau de l'utilisation et des données, il serait intéressant d'effectuer un recoupement entre le désagrément et la population, afin de pouvoir estimer le nombre de personnes incommodées ou non. Le fait de se rapporter à la population aiderait à avoir une vision de l'impact de ce désagrément.

CONCLUSION GENERALE

I. CONCLUSION

Dans ce rapport, nous avons présenté le cheminement méthodologique pour fournir une représentation de la qualité sonore adaptée à la perception des riverains. Nous avons tout d'abord produit un indicateur de qualité sonore à partir de test psychoacoustiques. Cet indicateur, allant de 1 pour une qualité « très agréable » à 10 pour une qualité « très désagréable » se présente sous la forme d'une combinaison linéaire. Les variables en sont le niveau sonore de la séquence ainsi que les pourcentages de temps d'apparition de 6 catégories de sources sonores (voitures, cyclomoteurs, bus, motos, voix et oiseaux). L'effet hédonique d'une source sonore n'étant pas le même selon le lieu où elle est entendue (par exemple une voiture sera perçue comme étant plus désagréable si elle est entendue dans un parc que dans une rue), les coefficients de la combinaison linéaire s'adaptent en fonction du lieu étudié (parc, rue circulée ou marché).

En second lieu, nous avons créé des extracteurs de contenu audio permettant d'identifier automatiquement les 6 catégories de sources précitées. Ces extracteurs sont issus de techniques empruntées au domaine de l'apprentissage automatique et sont composés d'algorithmes développés à la base pour la recherche musicale. La performance de ces extracteurs est variable selon le type de sources considérés. Ils fonctionnent bien sur des bases de donnée (de 90 à 96 % de détections correctes selon le type de source) mais perdent en robustesse sur des fichiers continus de longues durées. Ces performances peuvent être améliorées en effectuant l'apprentissage des algorithmes sur des plus larges bases de données ainsi qu'en effectuant une classification hiérarchique. Par exemple, nous avons constaté qu'il est plus facile de détecter une voiture en ayant au préalable fait une première séparation entre les sources de type mécanique et les sources de types non-mécaniques.

En troisième lieu, nous avons développé un logiciel de mesures acoustiques : FDAI (From Descriptors To Automatic Identification). Celui-ci traite en temps réel des données audio numérisées en entrée; soit directement s'il est placé après une balise de mesure, soit en post traitement lors d'un rapatriement de données. La fonction première de ce logiciel est de pouvoir « lire » en temps réel les extracteurs de contenu audio permettant l'identification automatique des sources sonores. De plus, il réalise le calcul de critère plus « classiques » tels que le L_{Aeq} et les énergies par bandes d'octave. L'architecture de ce logiciel est en blocs diagramme. Chaque bloc réalise une fonction (chargement de l'audio, chargement d'un extracteur, calibrage de la mesure...). Chacun des blocs est interconnecté et forme ainsi une configuration de mesure qui peut être sauvegardée. In fine, FDAI permet de réaliser une dématérialisation d'un contenu audio : en partant d'une mesure effectuée dans l'environnement, il en extrait une information du contenu qualitatif (sources sonores) et quantitatif (L_{Aeq} , bandes d'octaves) sauvegardée sous forme de fichiers textes. Le contenu de ces fichiers textes sert de données d'entrées aux visualisations qui font l'objet de la dernière partie.

En quatrième et dernière partie, nous avons développé deux types de visualisations des données. La première est une représentation temporelle des données mesurées. Elle est destinée au technicien de bureau d'étude ou de collectivité locale chargé d'effectuer les mesures. Cette représentation, disponible sur un serveur Web, permet à l'utilisateur expérimenté de contrôler le bon déroulement des points de mesures sur plusieurs opérations (une minute de décalage entre l'évènement sonore in-situ et sa représentation sur le Web). Elle permet de plus de réaliser des requêtes sur les données des sources identifiées : niveaux sonores provenant des mobylettes...

La seconde visualisation est une représentation spatiale des données. Sur un fond orthophotographique, nous fournissons une représentation de la qualité sonore à travers l'affichage de l'indicateur de désagrément dans le logiciel ArcView. Nous affichons soit des cercles proportionnels à l'endroit des points de mesures, soit une représentation continue en extrapolant les données entre les points de mesures. La cartographie est animée dans le sens où elle fournit une nouvelle représentation des données toutes les minutes. Cette cartographie est destinée tant aux usagers de la ville. Un outil de prévision de la qualité sonore est disponible à l'intention des aménageurs urbains.

II. PERSPECTIVES

Le système créé est opérationnel dans le sens où il permet de réaliser les cartographies. Nous dressons ici une liste des évolutions nécessaires :

- L'indicateur de qualité sonore nécessite d'autres tests perceptifs afin d'y introduire l'effet de sources sonores non encore prises en compte : les klaxons ou les camions de livraisons. De plus, d'autres types d'ambiances typées de la ville peuvent être étudiées : la proximité avec des cours d'écoles ainsi que les rues piétonnes. Cette étude peut s'appuyer sur la méthodologie décrite dans ce rapport.
- La performance des descripteurs de contenus audio réalisant les identifications de sources sonores peut être améliorée. Cela nécessite en premier lieu de trouver de nouveaux algorithmes ainsi que d'agrandir les bases de données d'apprentissage. En second lieu, ce projet a permis de mettre en évidence l'importance d'une description hiérarchique des sources sonores. Des études doivent être réalisées dans cette direction. Elles représentent sans doute la meilleure piste pour augmenter la robustesse des descripteurs et diminuer leur temps de calcul en temps réel.
- Au dehors d'améliorations purement techniques, la représentation spatiale des données nécessite des recherches dans le domaine de l'extrapolation. Grâce à une collaboration avec des géographes statisticiens nous pourrions mieux comprendre les phénomènes entre les différents points de mesures et ainsi nous permettre de les modéliser

BIBLIOGRAPHIES

I. PUBLICATIONS ECRITES PROPRES AU PROJET

[DEFREVILLE-05]

Boris DEFREVILLE

Caractérisation de la qualité sonore de l'environnement urbain : une approche physique et perceptive basée sur l'identification des sources sonores.

Thèse de Doctorat de l'Université de Cergy-Pontoise. Décembre 2005

[CAN-05]

Arnaud CAN

Modèle de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain, basé sur l'identification des sources, élaboré à partir d'un test sur site.

Mémoire de Master Recherche « mécanique, physique et Modélisation » spécialité acoustique.

Université Aix Marseille. Collaboration LASA, Université de Cergy Pontoise. Mars – août 2005.

[ROSIN-05]

Christophe ROSIN

Extraction de descripteurs physiques des sons de l'environnement sonore urbain

Mémoire de Master en sciences de l'ingénieur « Acoustique Architecturale ». Université Pierre et

Marie Curie, PARIS VI.. Collaboration LASA, Sony CSL. Février – juin 2005.

[CAN-05bis]

Arnaud CAN, Boris DEFREVILLE, Catherine LAVANDIER

Modèle de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain, basé sur l'identification des sources, élaboré à partir d'un test sur site.

8^{ème} Congrès français d'acoustique, Tours, 24-27 avril 2006.

[DEFREVILLE-06]

Boris DEFREVILLE, Christophe ROSIN, François PACHET, Pierre ROY

Automatic recognition of urban sound sources

120^{ème} Convention de l'AES, 20-23 mai 2006, Paris

[DEFREVILLE-05bis]

Boris DEFREVILLE, Catherine LAVANDIER

Unpleasantness of urban sound environment based on identification of sources: a physical and a perceptive approach.

Forum Acusticum, Budapest, Hongrie, 2005.

[DEFREVILLE-06bis]

Boris DEFREVILLE, Catherine LAVANDIER, Pierre ROY, Pierre PHILIPPE, Yann FRANCOISE

Objective representation of urban soundscape : application to a parisian neighborhood.

3rd Workshop on mapping and environmental acoustics. Marseille, 9-10 octobre 2006.

II. BIBLIOGRAPHIE

[AMPHOUX-91]

AMPHOUX, P. (1991).

Aux écoutes de la ville. La qualité sonore des espaces publics européens – Méthode d'analyse comparative – Enquête sur trois villes suisses.

Rapport de recherche, IREC. Ecole Polytechniques Fédérales de Lausanne, n°94. Lausanne.

[ANDERSON-83]

ANDERSON, L.M., MULLIGAN, B.E., GOODMAN, L.S., REGEN, H.Z. (1983).

Effects of sounds on preferences of outdoor settings.

Environment and Behavior, 15(5), 539-566.

[ASA-60]

AMERICAN ACOUSTICAL SOCIETY. (1960).

Acoustical Terminology, S1-1

American Standard Association, New York, 1960

[ATTIAS-97]

ATTIAS, H., SCHREINER, C.E. (1997).

Temporal low-order statistics of natural sounds.

Advances in Neural Info Processing Systems, 9, edited by M. Mozer (MIT Press, Cambridge, MA), 27-31.

[BAGOT-96]

BAGOT, J.D. (1996).

Information, sensation et perception

Armand Colin.

[BALLAS-82]

BALLAS, J.A., HOWARD, J.H., KOLM, C. (1982).

Listener descriptions of isolated and patterned acoustic transients.

Psychology documents 12,3

[BALLAS-86]

BALLAS, A. J., SLIWINSKY, M.J. (1986).

Uncertainty and response time in identifying non-speech sounds.

The Journal of the Acoustical Society of America, 86, S 47.

[BALLAS-87]

BALLAS, J.A., HOWARD, J.H. (1987).

Interpreting the language of environmental sound.

Environment and behaviour, 19, 91-114, 1987.

[BALLAS-93]

BALLAS, A.J. (1993).

Common Factors in the Identification of an Assortment of Brief Everyday Sounds.

Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance, 19, N° 2, 250-267, 1993.

[BARTHET-03]

BARTHET, M. (2003).

Détection automatique d'insectes xylophages.

Rapport de stage mars-mai 2003. LAM, LRMH, 01dB-Stell.

[BÉKÉSY-60]

BEKESY, G. (1960).

Experiments in Hearing.

E. G. Wever Ed., Mc Graw Hill, New York, 1960.

[BERGLUND-04]

BERGLUND, B., NILSSON, M.E. (2004).

Soundscape perceived in built environment.

Proc. ICA 2004, Kyoto, 2004.

[BERGSON-00]

BERGSON, H. (1900).

Le rire. Essais sur la signification du comique.

Presses Universitaires de France.

[BERNARD-94]

BERNARD, Y. (1994).

Connaître et se représenter un espace.

Le courrier du CNRS n° 81, La Ville.

[BISMARCK-74]

BISMARCK, G. (1974).

Timbre of steady sounds: a factorial investigation of its verbal attributes.

Acustica, 30, 146-158.

[BJÖRK-84]

BJÖRK, E.A. (1984).

The perceived quality of natural sounds.

Acustica, Volume 57, 1985.

[BLAUERT-97]

BLAUERT, J., JEKOSCH, U. (1997).

Sound quality evaluation – a multi-layered problem.

Acustica . Acta Acustica., 83, 747-753.

[BLAUERT-94]

BLAUERT, J. (1994).

Product-sound assessment: an enigmatic issue from the point of view of engineering.

Proc. Internoise 94, Yokoama, 2, 857-862.

[BORG-02]

BORG, E., BORG, G. (2002).

A comparison of AME and CR100 for scaling perceived exertion.

Acta Psychologica, 109, 157-175.

[BOTTE-88]

BOTTE, M.C., CANEVET, G., DEMANY, L., SORIN, C. (1988).

Perception de l'intensité sonore.

Psychoacoustique et perception auditive, Editions INSERM/SFA/CENT, 13 – 41, Paris.

[BOULLET-05]

BOULLET, I. (2005).

Sonie des sons impulsionnels : Perception, mesures et modèles.

Thèse de doctorat de l'université d'AIX-MARSEILLE II, 2005.

[BREGMAN-90]

BREGMAN, A.S. (1990).

Auditory scene analysis: The perceptual organisation of sound.

Cambridge, MA. MIT Press.

[BREGMAN-94]

BREGMAN, A.S. (1994).

L'analyse des scènes auditives.

Penser les sons, PUF, 11-39.

[BROADBENT-58],

BROADBENT, D.E. (1958).

Perception and communication.

Oxford : Pergamon Press.

[BRUIT-04]

Bruit des infrastructures de transports terrestres, plan national d'actions contre le bruit du 6 octobre 2003.

Le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Le Ministère de l'Équipement des Transports, de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de la Mer, Le Ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion sociale, 25 mai 2004.

[CAN-05]

CAN, A. (2005).

Modèle de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain, basé sur l'identification des sources, élaboré à partir d'un test sur site.

Mémoire de Master Recherche « mécanique, physique et Modélisation » spécialité acoustique.

Université Aix Marseille. Collaboration LASA, Université de Cergy Pontoise. Mars – août 2005.

[CARELLO-98]

CARELLO, M., CANDERSON, K.L., KUNKLER-PECK, A.J. (1998).

Perception of object length by sound.

Psychological Science, 9, 211-214.

[CASEY-98]

CASEY, M. (1998).

Auditory Group Theory: with Applications to Statistical Basis Methods for Structured Audio, Ph.D. Thesis, MIT Media Lab, February 1998.

[CONDAMINES-78]

CONDAMINES, R.. (1978).

Stéréophonie. Cours de relief sonore théorique et appliqué.

MASSON, 1978.

[COWLING-03]

COWLING, M., SITTE, R. (2003).

Comparison of techniques for environmental sound recognition.

Pattern Recognition Letter 24, 2895-2907.

[DAMASIO-03]

DAMASION, A.R. (2003).

Spinoza avait raison, joie et tristesse, le cerveau des émotions.

Odile Jacob, Paris.

[DARWIN-59]

DARWIN, C. (1859).

On the origin of species.

Londres: John Murray.

[DELCAMPE-02]

DELCAMPE, D. (2002).

Les perspectives issues de la directive du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement.

Ministère de l'écologie et du développement durable, Nov. 2002.

http://www.infobruit.org/ministeres/publications/sources/medd-trans_04.pdf

[DEFREVILLE-03]

DEFREVILLE, B., LAVANDIER, C., DUFOURNET, D. (2003).

Activity of urban sound sources.

Congrès Euronoise, 2003, Naples, Italie.

[DIRECTIVE-02]

PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE. (2002).
Directive 2002/49/CE du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement.
Journal officiel des communautés européennes. 18.7.2002.
http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/DirectiveUE_BruitAmbiant_25-06-2002.pdf

[DODGE-04]

DODGE, Y., ROUSSON, V. (2004).
Analyse de régression appliquée.
DUNOD, 2^{ème} édition, 2004.

[DUBOIS-04]

DUBOIS, D., GUASATAVINO, C., RAIMBAULT, M. (2004).
Les catégories cognitives du bruit urbain : des discours aux indicateurs physiques.
Acoustique & Techniques, 39, 4^{ème} trimestre 2004.

[DUFAX-00]

DUFAX, A., BESACIER, L., ANSORGE, M., PELLANDINI, F. (2000).
Automatic sound detection and recognition for noisy environment.
Proceedings European Signal Processing Conference. Tampere, Finland, 2000.

[DURBIN-51]

DURBIN, J., WATSON, G.S. (1951),
Testing for serial correlation in least squares regression, II .
Biometrika, 38, 159-178, 1951.

[ELLERMEIER-04]

ELLERMEIER, W., MADER, M., DANIEL, P. (2004).
Scaling the unpleasantness of sounds according the BTL model: Ration-scale representation and psycho acoustical analysis.
Acta Acustica United with Acustica. 90, 101 – 107. (2004).

[ESCOFIER-98]

ESCOFIER, B., PAGES J. (1998).
Analyses factorielles simples et multiples. Objectifs, méthodes et interprétation.
DUNOD. 3^{ème} édition, 1998.

[FASTL-91]

FASTL, H. (1991).

Evaluation and measurement of perceived average loudness.

Fifth Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics, Oldenburg, BIS 205-216.

[FERRINGTON-03]

FERRINGTON, G. (2003).

Soundscape studies: listening with attentive ears.

The journal of media literacy. Vol.49/50, Numéro 1, printemps 2003.

[FREED-90]

FREED, D.J. (1990).

Auditory correlates of perceived mallet hardness for a set of recorded percussive events.

The Journal of the Acoustical Society of America, 87, 311-322.

[GABRIELSSON-79]

GABRIELSON, A., SJOGREN, H.. (1979)

Perceived sound quality of sound reproducing systems

The Journal of the Acoustical Society of America, 65(4), 1019-1033.

[GAULIN-00]

GAULIN, D. (2000).

Caractérisation et identification des sources sonores.

Thèse de Doctorat de l'université du Maine, 2000.

[GAVER-88]

GAVER, W. (1988).

Everyday listening and auditory icons.

Université de Californie, San Diego.

[GAVER-93]

GAVER, W. (1993).

What in the World Do We Hear? An Ecological Approach to Auditory Event Perception.

Ecological Psychology, 5, 1-29, 1993.

[GAVER-93]

GAVER, W. (1993).

How do we hear in the world? Explorations in ecological psychoacoustics.

Ecological Psychology, 5, 285-313, 1993.

[GIBSON-66]

GIBSON, J.J. (1966).

The senses considered as perceptual systems.

Boston: Houghton Mifflin.

[GYGI-01]

GYGI, B. (2001).

Factors in the identification of environmental sounds.

Thèse de doctorat de l'Université d'Indiana (USA), département de psychologie, Juillet 2001

[GOLDHOR-93]

GOLDHOR, R..S. (1993).

Recognition of environmental sounds .

Proceedings of ICASSP, New York, USA, 1, 149-152. (1993).

[GOTTSCHLING-99]

GOTTSCHLING, G. (1999).

On the relations of instantaneous and overall loudness.

Acustica – acta acustica, 85, 427-429.

[GRIFFITHS-04]

GRIFFITHS, T.D., WARREN, J.D. (2004).

What is an auditory object?

Nature Reviews, Neuroscience. Vol. 5, novembre 2004.

http://www.staff.ncl.ac.uk/t.d.griffiths/Griffiths_NRN_2004.pdf

[GUASTAVINO-03]

GUASTAVINO, C. (2003).

Etude sémantique et acoustique de la perception des basses fréquences dans l'environnement sonore urbain.

Thèse de doctorat, Université Paris 6, LAM 2003.

[GUSKY-97]

GUSKY, R.. (1997)

Psychological Methods for evaluating sound quality and assessing acoustic information.

Acustica . Acta Acustica, 83, 765-774.

[GUSKY-97]

GUSKY, R.. (1997).

Conceptual, methodological and dose response problems related to annoyance and disturbance.

Inter-Noise 1997, 2, 1077-1082.

[GUSKY-99]

GUSKY, R.. (1999).

Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance.

Noise and Health, 1, 45-46.

[GYGI-01]

GYGI, B. (2001).

Factors in the identification of environmental sounds.

PhD thesis, Indiana University, Juillet 2001.

http://matrix.aklab.psych.ubc.ca/uploads/Michael_Sounds_JASA.pdf

<http://www.indiana.edu/~k300bg/dissall.pdf>

[HANDEL-89]

HANDEL, S. (1989).

Listening : An introduction to the perception of auditory events.

Cambridge, Mass., MIT Press (1989)

[KALLMANN-04]

KALLMANN, H., WESTERKAMP, H., WOOG, A.P. (2004) .

World Soundscape Project.

L'Encyclopédie canadienne. Fondation Historica du Canada. 2004.

[KLATT-89]

KLATT, D.H. (1989).

Review of selected models of speech perception.

Lexical representation and process (ed. W. D. Marslen-Wilson), Cambridge, MA.

MIT Press, Chapitre 6, pages 169 à 226.

[KRAUSE-93]

KRAUSE, B.L. (1993).

The niche hypothesis: a hidden symphony of animal sound, the origins of musical expression and the health of habitats.

The Explorer Journal, Hiver 1993, 156-160.

[KUWANO-02]

KUWANO, S. (1992).

Memory of the loudness of sounds and its relation to overall impression.

Forum Acusticum, Seville, septembre 2002 .

[LAKATOS-97]

LAKATOS, S., MCADAMS, S., CAUSSE, R. (1997).

The representation of auditory source characteristics: simple geometric form.

Perception and psychophysics, 59, 1180-1190.

[LASS-82]

LASS, N. J., EASTHAM, S.K, PARRISH, W.C., SCHERBICK, K.A., RALPH, D.M. (1982).

Listener's identification of environmental sounds.

Perceptual and Motor Skills, 57, 995-998.

[LAVANDIER-02]

LAVANDIER, C., BARBOT, B. (2002).

Influence of the temporal scale on the relevance of acoustic parameters selected to characterize urban sound environment.

5^{ème} congrès Euro Noise, Naples, Italie, mai 2003.

[LAVANDIER et al – 03]

LAVANDIER, C. (2003).

Qualité des ambiances sonores liées aux usages des établissements d'enseignement.

Rapport de recherche financé par le PUCA, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement : Lettre F01107. 2003.

[LEOBON-95]

LEOBON, A. (1995).

La qualification des ambiances sonores urbaines.

Natures et société, 3(1), 26-41.

[LOI BRUIT-92]

Loi n° 92-144 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit.

Journal officiel du 1^{er} janvier 1993.

<http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/Ajour?nor=ENVX9200186L&num=92-1444&ind=6&laPage=1&demande=ajour>

[MACPHERSON-95]

MACPHERSON, E.A. (1995).

A review of auditory perceptual theories and the prospects for an ecological account.

Preliminary exam paper. Department of Psychology, University of Wisconsin-Madison.

http://www.khri.med.umich.edu/800x600/research/middlebrooks_lab/ewan/research.html

[MAFFIOLO-99]

MAFFIOLO, V. (1999) .

Qualité sonore de l'environnement urbain.

Thèse de doctorat, Université du Maine, Le Mans 1999.

[MCADAMS-94]

MCADAMS, S., BIGAND, E. (1994).

Introduction à la cognition auditive.

Penser les sons, PUF, pp 1-9.

[MCADAMS-97]

MCADAMS, S. (1997)

L'organisation perceptive de l'environnement sonore.

Rencontres IPSEN en ORL, 1997, Serveur© IRCAM.

<http://mediatheque.ircam.fr/articles/textes/McAdams97b/>

[MERLEAU-PONTY-45]

MERLEAU-PONTY, M. (1945).

Phénoménologie de la Perception.

Gallimard 1945.

[MEUNIER-02]

MEUNIER, S., MARCHIONI, A. (2002).

Loudness of sounds with temporal variable intensity.

Proceeding Forum Acusticum, Seville, 16-20.

[MEUNIER-04]

MEUNIER, S. (2004).

Psychoacoustique musicale et psychoacoustique appliquée.

Cours du Master d'acoustique de l'Université d'Aix Marseille II. Année 2004-2005.

[MOORE-97]

MOORE, B.C.J. (1997).

An Introduction to the Psychology of Hearing, 4th Ed.

Academic, San Diego (1997).

[MZALI-00]

MZALI, M. (2000).

Perception de l'ambiance sonore et évaluation du confort acoustique dans les trains

Thèse de Doctorat de l'Université de Paris VI.

[NAMBA-94]

NAMBA, S. (1994).

Noise – quantity and quality.

Proceeding Inter-Noise 94, 171-218.

[NAMBA-04]

NAMBA, S., KUWANO, S. (2004).

Environmental Acoustics: psychological assessment of noise.

Ecological Psychoacoustics, J. Neuhoff (Ed), pp. 175-190.

[NELKEN-99]

NELKEN, I., ROTMAN, Y., YOSEF, O.B. (1999).

Responses of auditory-cortex neurons to structural features of natural sounds.

Nature, 397, 154-157, 14 janvier 1999.

[NEUHOFF-98]

NEUHOFF, J.G. (1998).

A perceptual bias for rising tones.

Nature (Londres) 395, p 123.

[NEUHOFF-04]

NEUHOFF, J.G. (2004).

Localization and motion.

Ecological psychoacoustics, J. Neuhoff (Ed), pp. 87-111

[NORME-96]

NFS 30-010 Décembre 1996 (1996).

Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement.

AFNOR

[NOTBOHM-04]

NOTBOHM, G., VASTFJALL, D., GARTNER, C., SCHWARZE, S. (2004).

Subjective evaluation of the sound quality of urban traffic noise situation.

Proc. Colloque ICA 2004, Kyoto, avril 2004.

[ORDONNANCE-04]

Ministère de l'écologie et du développement durable.

Ordonnance n° 2004-1199 du 12 novembre 2004 prise pour la transposition de la directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement.

Journal officiel de la république française, 14 novembre 2004.

<http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad/UnTexteDeJorf?numjo=DEVX0400235R>

[PLOMB-02]

PLOMB, R.. (2002).

The Intelligent Ear: on the nature of sound perception.

Lawrence Erlbaum Associates, Inc. pp. 104, 2002.

[POPPER-97]

POPPER, A.N., FAY, R..R.. (1997).

Evolution of the Ear and Hearing: Issues and Questions.

Brain, Behaviour and Evolution, 1997, 50, 213-221.

[POPPER-00]

POPPER, A.N., FAY, R..R.. (2000).

Evolution of hearing in vertebrates: the inner ears and processing.

Hearing Research 149 (2000), 1-10.

[QUEHL-01]

QUEHL, J. (2001).

Comfort studies on aircraft interior sound and vibration.

Thèse de doctorat de l'université de Oldenburg, 2001.

<http://docserver.bis.uni->

[oldenburg.de/publikationen/dissertation/2001/quecom01/quecom01.html](http://docserver.bis.uni-oldenburg.de/publikationen/dissertation/2001/quecom01/quecom01.html)

[RADAU-67]

RADAU, R.. (1867).

L'acoustique et les phénomènes du son.

Hachette, 1867 – 1870. p. 6.

[RAIMBAULT-03]

RAIMBAULT, M., LAVANDIER, C., BERENGIER, M. (2003).

Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities.

Applied Acoustics, 64 (12),1241-1256.

[RAIMBAULT-01]

RAIMBAULT, M., DUBOIS, D., BERENGIER, M. (2003).

Common factors in the identification of urban soundscapes (pilot studies in two French cities: Lyon and Nantes).

Proc. ICA CD-ROM, 2001.

[REPP-87]

REPP, B. H. (1987).

The sound of two hand clapping: An exploratory study.

The Journal of the Acoustical Society of America, 81, 1100-1110.

[RISSET-95]

RISSET, J.C. (1995).

Support de cours de psychoacoustique pour le DEA ATLAM.

[ROZEC-99]

ROZEC, V. (1999).

La perception et l'évaluation du confort sonore dans l'ex quartier tranquille (désormais « quartier vert ») de la butte aux Cailles.

Thèse de doctorat, 1999.

[RUSSELL-80]

RUSSELL, J.A. (1980).

The circumplex model of affect.

Journal of Personality and Social Psychology, 39, 1161-1178.

[SCHAEFFER-66]

SCHAEFFER, P. (1966).

Traité des objets musicaux.

Seuil, 2002.

[SCHAFER-67]

SCHAFER, M. (1967).

Ear Cleaning.

BMI. Canada.

[SCHAFER-77]

SCHAFER, M. (1977 puis 1994).

The Soundscape. Our Sonic Environments and the Tuning of the World".

Rochester VT, p 29, (1977).

[SHEPARD-81]

SHEPARD, R..N. (1981).

Psychological relations and psychological scales: on the status of « direct » psychological measurement.

Journal of mathematical Psychology, 24, 21-57.

[SMOLDERS-79]

SMOLDERS, J.W., AERTSEN, A.M., JOHANNESMA, P.I. (1979).

Neural presentation of the acoustic biotope. A comparison of the response of auditory neurons to tonal and natural stimuli in the cat.

Biol. Cybern. Nov. 1979, 35(1), 11-20.

[SOLOMON-58]

SOLOMON, L.N. (1958)

Semantic approach to the perception of complex sounds

The Journal of the Acoustical Society of America, 30, 421-425, Mai 1958.

[SOUTHWORK-69]

SOUTHWORK, M. (1969).

The sonic environment of cities.

Environment and Behavior, 1(1), 49-70.

[STEVENS-98]

STEVENS, K.,N. (1998)

Acoustic phonetics

The MIT Press

[SUSINI-98]

SUSINI, P., MISDARIIS, N., WINSBERG, S., McADAMS, S. (1998).

Caractérisation perceptive de bruits.

Acoustique et Techniques, 13, 11-15.

[SUSINI-00]

SUSINI, P., McADAMS, S. (2000).

Effet de récence dans une tâche de jugement de la sonie.

5^{ème} Congrès français d'acoustique, Lausanne, Suisse.

[SUSINI-02]

SUSINI, P., McADAMS, S. (2002).

Influence of sound-directed attentional focus on average loudness rating.

Proceeding Internoise 2002, Seville 2002.

[SUSINI-05]

SUSINI, P. (2005)

Approches de la qualité sonore.

Cours de DESS acoustique architecturale et urbaine, Université Paris VI, 2005.

http://www.lmp.jussieu.fr/lmp/pages/actens/AcouArch/Info_etudiants2004_05/Qualite_sonore.pdf

[TEGHTSOONIAN-00]

TEGHTSOONIAN, R., TEGHTSOONIAN, M., CANEVET, G. (2000).

The perception of waning signals: Decruitment in loudness and perceived size.

Perception and Psychophysics, 62, 637-646.

[TODD-01]

TODD, N. (2001).

Evidence for a behavioral significance of saccular acoustic sensitivity in humans.

The Journal of the Acoustical Society of America, 110, 380-390, Juillet 2001.

[TOYODA-04]

TOYODA, Y., HUANG, J., DING, S., LIU, YONG. (2004).

Environmental Sound recognition by Multilayered Networks.

Proceedings of the Fourth International Conference on Computer and Information Technics, 00, 123-127, 2004.

[TUKEY-77]

TUKEY, J.W. (1977).

Exploratory data analysis.

EDA, Reading, Massachusetts, (Addison-Wesley).

[VANDERVEER-79]

VANDERVEER, N.J. (1979).

Ecological acoustics : human perception of environmental sounds.

Diss. Abstr. Internat. , 40, 4543 (University Microfilms N° 8004002).

[VÄSTFJÄLL-02]

VÄSTFJÄLL, D. (2002).

Emotion in product sound design.

Proceedings des Journées du design sonore, Paris, 20-21 mars 2002.

[VÄSTFJÄLL-02]

VÄSTFJÄLL, D. (2002).

Influences of current mood and noise sensitivity on judgments of noise annoyance.

The journal of Psychology, 2002, 136(4), 357-370.

[VIOLLON-00]

VIOLLON, S. (2000).

Influence des informations visuelles sur la caractérisation de la qualité acoustique de l'environnement sonore urbain.

Thèse de doctorat de l'université de Cergy-Pontoise, 2000.

[VOGEL-99]

VOGEL, C. (1999)

Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain.

Thèse de doctorat de l'université de Paris, 1999.

[VOSS-77]

VOSS, R.F., CLARKE, J. (1977).

1/f, noise in music and speech.

Nature, 258, 317-318 (1977).

[WINSBERG-89]

WINSBERG, S., CARROLL, D. (1989).

A quasi non-metric method for multimodal scaling via an extended Euclidian model. Psychometrika, 54, 217-229.

[WOLOSZYN-98]

WOLOSZYN, P., SIRET, D. (1998).

Du complexe au simplexe, le modèle des objets ambiants.

Cahiers de la Recherche Architecturale, Paris, Octobre 1998.

[WRIGHTSON-99]

WRIGHTSON, K. (1999).

An introduction to acoustic ecology.

Journal of Electroacoustic Music, 12, Mars 1999.

[ZHANG-98]

ZHANG, T., JAY KUO, C.C. (1998).

Hierarchical System for Content-based Audio Classification and Retrieval.

International Symposium on Voice, Video and data Communication, Boston, MA, Novembre 1-6, 1998.

[ZILS-04]

ZILS, A. (2004).

Extraction de descripteurs musicaux: une approche évolutionniste.

Thèse de doctorat de l'Université de Paris 6, 2004.

<http://www.csl.sony.fr/General/People/StaffPage.php?username=aymeric>

[ZILS-04 bis]

ZILS, A., PACHET, F. (2004).

Automatic Extraction of Music Descriptors from Acoustic Signals using EDS.

Proceedings of the 116th AES Convention, May 2004.

<http://www.csl.sony.fr/General/People/StaffPage.php?username=aymeric>

[ZWICKER-81]

ZWICKER, E., FELDTKELLER, R. (1981).

Psychoacoustique.

Masson, Paris, 1981.

[ZWICKER-90]

ZWICKER, E., FASTL, H. (1990).

Psychoacoustics, facts and models.

Springer Verlag, 1990.

[ZWICKER-99]

ZWICKER, E., FASTL, H. (1999).

Psychoacoustics, facts and models, Updated Edition.

Springer Verlag, 1999.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Consignes du test in situ

Feuille d'explication fournie au Groupe 1,

Test auditif sur site

Renseignements :

Groupe : 1

Nom:.....

Prénom:.....

Adresse:.....

.....
.....

Principe du test:

Vous allez effectuer une promenade d'environ 15 min dans Paris. Vous allez être amené à traverser 3 lieux distincts représentant 3 ambiances sonores distinctes : un parc, une rue moyennement circulée et un marché. Chaque lieu a été divisé en séquences d'environ 1 minute. Il vous sera demandé, durant cette ballade, d'être sensible à l'environnement sonore, et de le juger selon des qualificatifs expliqués ci-dessous. Vous allez être divisés en trois groupes :

- un groupe notant chaque séquence (c'est-à-dire toutes les minutes)
- un groupe notant chaque ambiance (c'est-à-dire environ toutes les 5 min)
- un groupe notant la globalité de la ballade (c'est-à-dire à la fin)

Vous êtes assigné au groupe 1 notant toutes les séquences, c'est-à-dire que vous devez noter à la fin de chaque séquence la séquence que vous venez d'entendre.

Notation:

Vous allez devoir juger les trois qualificatifs suivants concernant les sources sonores que vous avez entendues:

- ***La prégnance*** : c'est l'importance, dans les sens où une source sonore s'est démarquée des autres, non pas à cause de sa durée, mais sur le fait qu'elle a attiré votre attention quand elle est apparue.
- ***La présence*** : c'est l'occurrence temporelle de la source. Cela revient à se demander si la source apparaît souvent durant la séquence.
- ***La proximité*** : c'est votre distance par rapport à la source (attention une petite note indique une source éloignée).

Les sources sonores que l'on va vous demander d'évaluer sont groupées par catégories et pré-inscrites sur la feuille de notation :

- les voitures
- les scooters et les cyclomoteurs
- les bus et les camions
- les voix
- les motos
- les chants d'oiseaux

Il vous sera également demandé de juger **à la fin de chaque séquence** la ***force sonore ressentie*** ainsi que le ***côté agréable ou désagréable du son*** entendu.

Les jugements se feront sous la forme d'une notation sur une échelle de 0 à 10. Afin que chacun ait la même référence du maximum, la note 10 correspond à la sensation maximale que vous ayez rencontré durant votre expérience personnelle. Au contraire, la note 0 correspond à l'absence de sensation.

Pour le côté agréable ou désagréable du son, la notation se fera sur une échelle allant de -5 (très désagréable) à +5 (très agréable).

Il est important que vous notiez ce que vous ressentez, et non pas ce que vous pensez qu'il est correct de dire. Soyez sincère et spontané, évitez au maximum de réécrire votre réponse. Il est préférable que vous commenciez à choisir une graduation verbale pour ensuite choisir un nombre en rapport avec l'expression ou entre deux d'entre elles.

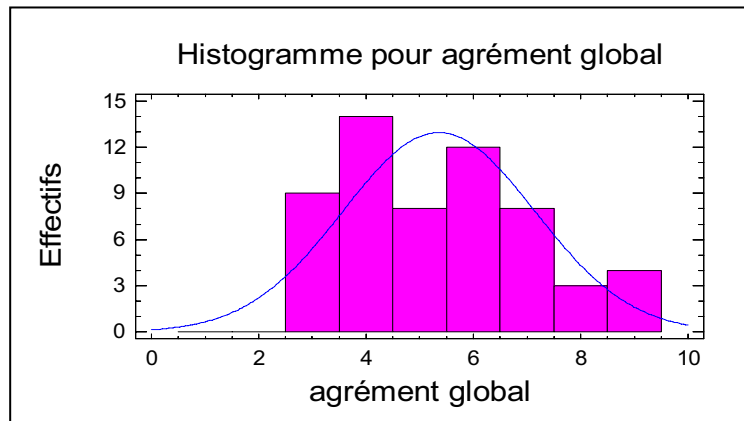
Veillez à bien garder en tête que c'est un test auditif d'évaluation d'ambiance sonore. Ne vous laissez pas influencer par ce que vous voyez. Ainsi, la proximité des sources doit être évaluée à l'oreille. Ceci est vrai aussi pour la reconnaissance des sources.

Bon test.

Feuille de notation pour l'ambiance *marché*,

Groupe n°1 (marché → rue → parc)																																							
Ambiance marché																																							
																		Nom :																					
<i>il vous est demandé de noter chaque séquence</i>																																							
		voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voix			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore																		
		prévalence	prévalence	proximité	prévalence	prévalence	proximité	prévalence	prévalence	proximité	prévalence	prévalence	proximité	prévalence	prévalence	proximité	prévalence	prévalence	proximité																				
ambiance "marché"	seq 1																																						
	seq 2																																						
	seq 3																																						
	seq 4																																						
	seq 5																																						
échelle de notation :																																							
prégnant : présent : proche :		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">très peu</td> <td style="text-align: center;">légèrement</td> <td style="text-align: center;">moyennement</td> <td style="text-align: center;">fortement</td> <td style="text-align: center;">extrêmement</td> </tr> </table>																				0	2	4	6	8	-----	-----	-----	-----	-----	très peu	légèrement	moyennement	fortement	extrêmement			
		0	2	4	6	8																																	
-----	-----	-----	-----	-----																																			
très peu	légèrement	moyennement	fortement	extrêmement																																			
force sonore ressentie :		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">très peu intense</td> <td style="text-align: center;">légèrement intense</td> <td style="text-align: center;">moyennement intense</td> <td style="text-align: center;">fortement intense</td> <td style="text-align: center;">extrêmement intense</td> </tr> </table>																				0	2	4	6	8	-----	-----	-----	-----	-----	très peu intense	légèrement intense	moyennement intense	fortement intense	extrêmement intense			
		0	2	4	6	8																																	
-----	-----	-----	-----	-----																																			
très peu intense	légèrement intense	moyennement intense	fortement intense	extrêmement intense																																			
agrément ou désagrément sonore :		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">-5</td> <td style="text-align: center;">-3</td> <td style="text-align: center;">-1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">+1</td> <td style="text-align: center;">+3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> <td style="text-align: center;"> -----</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">très désagréable</td> <td style="text-align: center;">désagréable</td> <td style="text-align: center;">neutre</td> <td style="text-align: center;">agréable</td> <td style="text-align: center;">très agréable</td> <td></td> </tr> </table>																				-5	-3	-1	0	+1	+3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	très désagréable	désagréable	neutre	agréable	très agréable	
		-5	-3	-1	0	+1	+3																																
-----	-----	-----	-----	-----	-----																																		
très désagréable	désagréable	neutre	agréable	très agréable																																			

ANNEXE 2 : Répartition des réponses pour l'agrément global

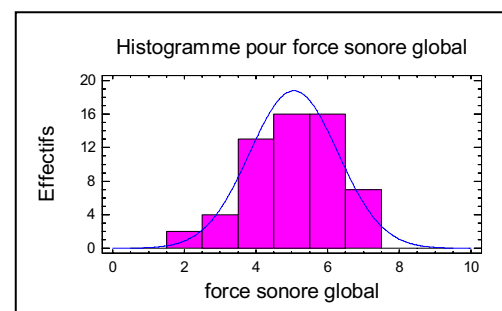
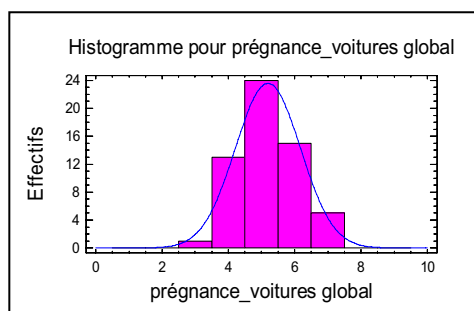


Test du χ^2 : proba. = 0,25
 Test de Shapiro-Wilfs : proba. = 0,02
 Test de l'asymétrie standardisée : proba. = 0,38

Comme la plus petite des probabilités est inférieure à 0,05, on peut rejeter l'hypothèse que la répartition des réponses suit une loi normale au niveau de confiance 95%.

La répartition des réponses de l'agrément global est confrontée à la répartition des notes globales d'autres variables de moyenne identique, et à la répartition des notes d'agrément par séquence de moyenne identique :

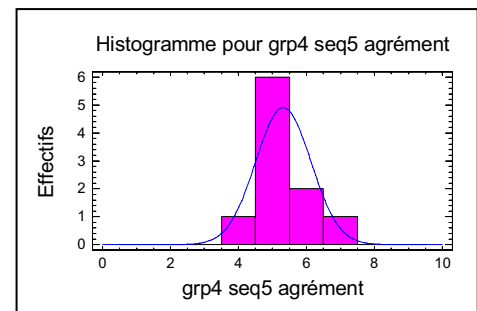
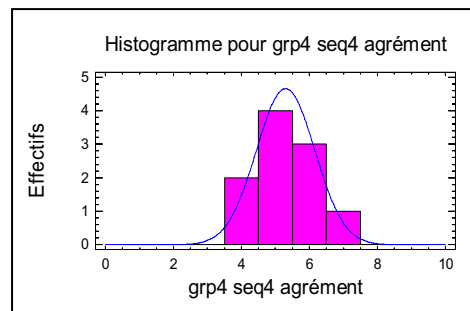
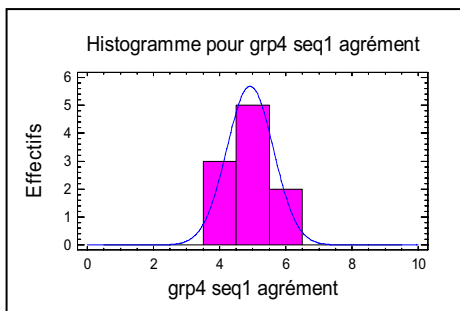
Note globale d'autres variables :



	moyenne	χ^2 : p-value	SW :p-value	Asym. : p-value
Prégnance voitures global	4,8	0,69	0,21	0,49
Force sonore global	4,7	0,92	0,22	0,25

Les notes globales de moyenne comparable à l'agrément suivent une loi normale.

Note d'agrément par séquence :

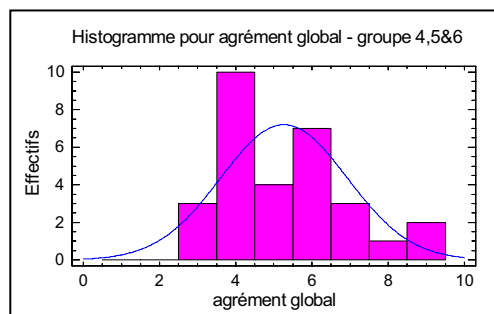
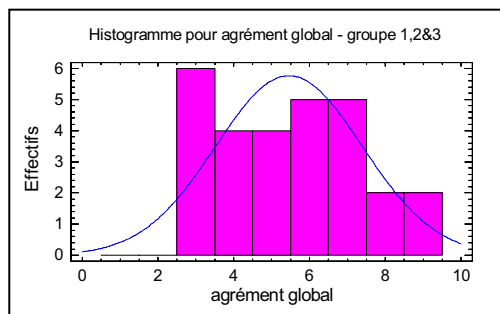


	moyenne	χ^2 : p-value	SW :p-value	Asym. : p-value
Grp4-seq1-agrément	4,9	0,33	0,26	0,46
Grp4-seq4-agrément	5,3	0,78	0,79	0,69
Grp4-seq5-agrément	5,3	0,54	0,81	0,80

Les notes d'agrément par séquences suivent une loi normale.

Interprétation : les notes globales d'autres variables, et notes d'agrément par séquence, suivent des lois normales ; la répartition de la note d'agrément global est donc caractéristique, et témoigne d'une stratégie de réponse différente de celle des autres variables.

Note d'agrément global, groupé par sens de parcours



ANNEXE 3 : Compilation des réponses

Résultats du groupe 1 :

MOYENNE G1		voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			vois			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
Age :	26,9	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité		
MARCHE	seq1	4,2	4,6	6,0	1,9	1,0	2,2	1,7	0,8	1,6	1,0	0,5	0,8	6,2	4,8	7,9	3,2	4,9	3,6	4,4	6,2
	seq2	4,5	5,1	5,9	5,2	2,4	5,1	1,1	0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	4,9	4,1	7,4	2,5	4,3	3,6	4,4	5,9
	seq3	5,2	5,2	5,9	2,4	1,3	3,1	2,1	0,9	2,1	1,2	0,5	1,8	4,2	4,3	7,0	0,9	1,7	2,0	4,0	5,6
	seq4	4,4	5,0	5,6	0,9	0,4	1,1	6,8	2,8	6,4	1,2	0,6	1,6	5,1	5,7	7,3	0,4	1,3	1,4	4,6	5,9
	seq5	4,2	4,8	5,5	4,9	2,1	4,7	0,3	0,3	0,5	1,4	0,6	1,4	4,7	5,5	7,3	2,9	3,2	4,1	4,7	5,5
RUE	seq6	5,3	6,7	6,3	4,7	3,9	4,5	5,8	2,9	4,8	1,5	0,6	1,5	2,6	2,5	4,7	0,0	0,0	0,0	6,0	3,6
	seq7	4,7	5,4	5,8	5,2	3,6	5,2	0,6	0,6	0,5	4,1	2,3	4,4	0,4	0,5	0,7	3,0	2,9	3,0	5,6	4,1
	seq8	5,5	6,3	6,0	4,6	2,4	4,1	0,9	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	1,1	0,7	1,2	2,0	2,3	2,3	5,4	4,1
	seq9	5,8	5,6	6,0	1,8	1,0	1,5	1,4	0,3	1,4	5,4	3,4	6,1	2,9	1,7	2,2	2,1	2,1	2,9	5,2	4,4
	seq10	4,7	4,7	6,0	7,0	5,7	6,8	1,3	0,2	1,4	1,5	0,7	1,8	0,0	0,0	0,0	1,5	2,5	2,0	5,9	3,4
PARC	seq11	2,6	3,6	3,3	3,9	2,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,9	0,4	1,0	2,4	1,7	2,9	4,8	5,7	4,4	3,1	6,7
	seq12	2,3	2,9	2,1	2,4	2,0	2,2	0,0	0,0	0,0	2,5	1,1	1,8	4,5	4,2	4,5	5,9	6,6	5,6	2,6	7,2
	seq13	1,9	2,0	2,0	4,4	2,4	3,6	0,5	0,2	0,4	1,5	0,6	1,3	5,8	6,0	5,3	4,2	5,1	4,4	3,4	6,4
	seq14	1,1	1,5	0,9	2,7	2,3	1,7	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	4,9	4,7	4,8	5,9	7,1	5,4	2,9	8,3
	seq15	1,1	1,5	1,7	2,2	2,0	1,6	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,2	4,4	4,9	4,0	5,1	7,0	5,2	2,4	8,1
seq16	1,0	1,4	1,4	1,9	1,8	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,7	2,6	5,9	6,9	5,3	2,0	8,5	
GLOBAL		5,6	6,5	5,5	6,4	5,2	5,2	5,8	3,0	5,0	5,6	3,1	4,8	5,2	5,3	5,4	5,1	5,9	4,4	4,8	5,7
ECART TYPE G1		1,5	1,5	1,7	2,4	1,8	2,3	1,7	1,0	1,6	1,8	1,0	1,7	1,7	1,4	1,7	1,7	2,0	1,8	1,1	1,6

Résultats du groupe 2 :

MOYENNE G2		voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			vois			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
Age :	23,5	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité		
MARCHE		4,5	5,9	5,1	4,5	2,0	4,4	2,7	1,3	3,0	2,2	1,3	1,8	5,2	5,9	6,8	1,3	2,7	1,7	4,0	5,9
RUE		5,8	6,4	6,1	6,0	3,9	6,1	3,9	1,8	4,1	4,1	1,9	4,3	4,0	3,2	5,1	1,7	2,4	1,7	5,5	4,3
PARC		2,2	3,0	1,7	2,8	2,5	1,5	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	5,2	5,4	5,2	5,1	6,4	5,4	3,0	7,9
GLOBAL		5,3	6,1	5,5	5,9	3,1	5,2	3,9	1,6	4,4	2,7	1,2	2,8	3,9	4,9	5,5	2,5	3,4	3,3	4,4	5,5
ECART TYPE G2		1,2	1,6	1,3	1,5	1,5	1,5	2,2	1,2	2,1	2,0	1,2	1,9	1,4	1,5	1,4	1,4	1,9	1,8	1,3	1,9

Résultats du groupe 3 :

MOYENNE G3		voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			vois			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
Age :	21,6	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité		
GLOBAL		5,0	7,8	6,2	5,8	3,8	5,7	5,7	2,2	6,0	4,1	2,1	4,9	5,1	4,2	5,9	3,5	4,2	3,8	5,3	5,1
ECART TYPE G3		1,3	1,1	1,4	2,1	1,0	1,9	2,3	1,0	0,9	2,7	1,0	1,8	2,2	1,3	2,0	1,7	1,6	2,6	1,4	2,2

Résultats du groupe 4 :

MOYENNE G4		voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			vois			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
Age :	22	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité		
PARC	seq16	1,0	2,6	0,8	0,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	4,0	6,1	3,5	5,5	7,5	5,5	3,2	7,7
	seq15	0,8	1,8	0,8	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	3,9	2,3	7,0	8,5	7,3	3,8	8,2
	seq14	1,8	2,2	1,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	6,2	5,9	4,3	6,0	4,5	3,4	7,0
	seq13	1,7	3,1	2,0	0,8	1,0	1,2	1,7	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	5,7	6,7	6,8	5,0	6,7	4,8	4,1	6,7
	seq12	2,3	3,9	2,5	2,3	1,7	3,6	0,9	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	3,4	4,9	3,6	4,7	5,9	5,2	4,2	6,0
RUE	seq11	3,5	5,3	6,3	7,2	6,4	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,2	2,9	1,8	1,9	2,7	5,6	4,0
	seq10	3,0	5,4	6,4	4,8	3,8	4,6	1,7	0,3	1,5	4,5	1,9	4,9	1,3	1,2	1,7	2,5	2,7	3,5	5,3	3,8
	seq9	4,5	5,0	6,6	7,7	7,1	8,2	0,0	0,0	0,0	1,2	0,4	1,4	5,0	2,6	6,1	0,3	0,5	0,5	5,5	3,7
	seq8	4,1	4,4	5,4	3,1	5,1	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	1,7	2,7	0,1	0,1	0,1	4,7	4,5
	seq7	4,2	5,2	6,5	8,3	6,8	8,1	0,0	0,0	0,0	4,3	2,4	4,4	0,4	0,7	0,8	0,0	0,0	0,0	6,1	3,0
MARCHE	seq6	4,5	6,7	6,5	7,7	7,7	7,3	3,4	1,9	3,0	2,5	1,9	2,4	3,3	2,4	4,6	0,0	0,0	0,0	6,8	2,3
	seq5	4,5	5,7	5,7	2,8	1,6	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	5,5	6,3	7,3	0,2	0,2	0,2	4,3	5,3
	seq4	5,0	6,3	6,3	0,1	0,2	0,2	1,2	0,4	0,6	3,6	1,5	3,2	5,7	6,7	7,5	0,7	1,7	1,3	3,7	6,3
	seq3	3,9	4,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,9	1,1	5,3	5,9	7,1	1,1	1,9	1,4	3,0	6,1
	seq2	3,8	3,9	5,5	0,0	0,0	0,0	1,6	0,7	2,8	1,0	0,6	1,2	6,7	5,7	7,4	1,3	2,5	2,1	3,4	6,0
seq1	4,8	5,4	6,2	1,1	0,5	0,9	1,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	6,2	6,1	6,7	1,0	2,3	1,9	3,8	4,9	
GLOBAL		4,8	6,6	6,0	6,6	4,7	6,2	5,7	2,1	5,2	5,3	2,0	4,8	4,7	4,7	6,3	5,7	4,5	4,4	4,7	5,1
ECART TYPE G4		1,5	2,0	1,4	1,2	1,3	1,3	1,3	0,6	1,0	1,5	0,8	1,4	1,8	1,8	1,9	1,2	1,6	1,5	1,2	1,3

Résultats du groupe 5 :

MOYENNE G5		voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			vois			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
Age :	27,0	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité		
PARC		1,4	1,9	1,6	3,6	1,8	3,4	0,4	0,2	0,3	1,3	0,6	1,2	5,0	4,9	4,7	7,2	7,8	7,0	3,5	8,2
RUE		5,9	6,6	6,9	7,5	6,5	6,8	4,3	2,9	5,5	5,8	3,7	5,7	4,1	3,3	3,9	1,1	0,9	1,2	6,1	3,2
MARCHE		4,6	5,5	6,3	4,0	3,5	4,6	3,3	2,0	3,9	3,9	2,5	4,0	6,6	6,6	7,2	2,2	1,9	1,9	5,3	5,1
GLOBAL		5,1	6,6	6,0	6,2	5,1	6,2	4,0	2,5	4,7	5,4	3,1	4,9	5,0	4,9	5,6	5,2	4,4	4,4	5,2	5,7
ECART TYPE G5		1,4	1,6	1,3	2,3	1,9	2,5	2,4	1,4	2,3	2,3	1,4	2,3	2,0	1,8	1,9	2,1	1,8	2,0	1,4	1,9

Résultats du groupe 6 :

MOYENNE G6		voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			vois			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
Age :	22,2	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité	préférence	préférence	précisité		
MOYENNE		5,37	6,72	6,16	6,47	4,51	5,20	4,49	1,73	4,30	1,07	0,88	1,86	4,10	4,62	6,29	5,01				

ANNEXE 4 : Corrélations entre les variables subjectives et le caractère agréable des séquences

Les corrélations sont calculées à partir des données normalisées et moyennées.

Parc (Groupe 1 + Groupe 4) :

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voies			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité		
force sonore ressentie	0,30	0,58	0,16	-0,25	-0,44	0,08	0,55	0,51	0,49	-0,30	-0,37	-0,25	0,20	0,44	0,29	-0,21	-0,10	0,06	1,00	
agrément ou désagrément sonore	-0,85	-0,79	-0,71	-0,32	-0,11	-0,62	-0,48	-0,41	-0,42	-0,24	-0,16	-0,32	-0,30	-0,26	-0,41	0,73	0,77	0,57	-0,64	1,00

Rue (Groupe 1 + Groupe 4) :

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voies			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité		
force sonore ressentie	0,01	0,53	0,64	0,71	0,56	0,61	0,48	0,56	0,49	0,13	0,19	0,08	-0,03	0,12	0,18	-0,37	-0,33	-0,39	1,00	
agrément ou désagrément sonore	0,14	-0,40	-0,68	-0,74	-0,67	-0,64	-0,33	-0,44	-0,40	-0,14	-0,18	-0,09	-0,04	-0,16	-0,20	0,49	0,44	0,49	-0,34	1,00

Marché (Groupe 1+Groupe 4) :

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voies			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité		
force sonore ressentie	0,22	0,27	0,04	0,72	0,72	0,75	0,35	0,40	0,30	-0,19	-0,39	-0,20	-0,39	-0,39	0,29	0,38	0,26	0,44	1,00	
agrément ou désagrément sonore	-0,66	-0,77	-0,54	-0,08	-0,12	-0,05	0,20	0,23	0,33	-0,04	0,16	0,02	0,02	-0,45	0,58	0,39	0,44	0,31	-0,10	1,00

Parc + Rue + Marché (Groupe 1 + Groupe 4 ; séquences 6, 11, 14 écartées) :

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voies			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité		
force sonore ressentie	0,63	0,70	0,67	0,69	0,64	0,73	0,16	0,10	0,16	0,42	0,41	0,48	-0,54	-0,64	-0,38	-0,53	-0,60	-0,51	1,00	
agrément ou désagrément sonore	-0,78	-0,82	-0,84	-0,66	-0,64	-0,69	-0,08	0,02	-0,09	-0,50	-0,48	-0,55	0,43	0,58	0,28	0,76	0,82	0,74	-0,89	1,00

Parc + Rue + Marché (Groupe 1) : $p < 0,01$.

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voies			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité		
force sonore ressentie	0,30	0,30	0,89	0,53	0,45	0,65	0,46	0,45	0,48	0,38	0,37	0,46	-0,46	-0,49	-0,20	-0,84	-0,87	-0,84	1,00	
agrément ou désagrément sonore	-0,69	-0,83	-0,86	-0,57	-0,50	-0,69	-0,39	-0,37	-0,40	-0,44	-0,41	-0,50	0,55	0,58	0,31	0,81	0,87	0,83	-0,37	1,00

Parc + Rue + Marché (Groupe 4) :

	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voies			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité		
force sonore ressentie	0,36	0,59	0,54	0,36	0,35	0,34	0,33	0,34	0,25	0,46	0,52	0,47	-0,65	-0,83	-0,51	-0,45	-0,55	-0,47	1,00	
agrément ou désagrément sonore	-0,74	-0,85	-0,86	-0,56	-0,85	-0,84	-0,35	-0,29	-0,30	-0,58	-0,62	-0,59	0,42	0,69	0,23	0,80	0,85	0,78	-0,86	1,00

ANNEXE 5 : Test des étendues multiples

Le tableau ci-dessous représente le test des étendues multiples pour la variable « prégnance des oiseaux ». La procédure compare les moyennes et opère des groupements de séquences telles que la variable « prégnance des oiseaux » ne soit pas statistiquement différente.

Tests des étendues multiples pour oprégnance par séquence				
Méthode: 95.0 % LSD				
séquence	Effectif	Moy. MC	Ect-types MC	Groupes homogènes
6	20	0,0	0,356712	X
4	20	0,525	0,356712	XX
3	20	1,005	0,356712	XX
8	20	1,035	0,356712	XX
9	20	1,215	0,356712	XXX
7	20	1,505	0,356712	XXX
5	20	1,54	0,356712	XX
2	20	1,905	0,356712	XX
10	20	2,04	0,356712	X
1	20	2,09	0,356712	X
11	20	3,28	0,356712	X
13	20	4,625	0,356712	X
14	20	5,085	0,356712	XX
12	20	5,31	0,356712	XX
16	20	5,64	0,356712	X
15	20	6,075	0,356712	X

Test des étendues multiples - prégnance des oiseaux

La procédure des comparaisons multiples est utilisée pour déterminer les moyennes qui sont significativement différentes les unes des autres au niveau de confiance de 95,0%. 7 groupes homogènes sont identifiés en utilisant des colonnes de X. Dans chaque colonne, les niveaux contenant des X forment un groupe de moyennes à l'intérieur desquelles il n'y a pas de différences statistiquement significatives. La méthode utilisée pour discriminer entre les moyennes est la procédure des différences significatives minimales de Fisher (LSD). Avec cette méthode, il y a 5,0% de risque de dire que chaque paire de moyennes est significativement différente lorsque la vraie différence est égale à 0.

On remarque que les 6 séquences du parc sont nettement séparées des autres séquences, signe que « prégnance des oiseaux » est une variable caractéristique du parc (à l'inverse les groupements sont beaucoup plus confus pour une variable non caractéristique).

On peut donc s'attendre à voir apparaître cette variable dans les modèles relatifs à l'ensemble des séquences.

ANNEXE 6 : Evaluation globale de chaque variable en fonction de l'évaluation par séquence

		seq	voitures			bus & camions			motos			mobylettes & scooters			voix			oiseaux			force sonore ressentie	agrément ou désagrément sonore
			prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité	prégnance	préférence	proximité		
GROUPE 1 MARCHE-RUE- PARC	MARCHE	seq 1	4,21	4,56	5,95	1,87	0,97	2,22	1,72	0,82	1,63	0,96	0,54	0,77	6,23	4,79	7,91	3,18	4,94	3,61	4,40	6,17
		seq 2	4,49	5,11	5,88	5,16	2,35	5,07	1,06	0,44	1,22	0,00	0,00	0,00	4,88	4,14	7,43	2,52	4,35	3,58	4,38	5,91
		seq 3	5,16	5,21	5,94	2,43	1,29	3,10	2,06	0,89	2,10	1,16	0,53	1,78	4,22	4,26	7,04	0,91	1,71	2,04	4,04	5,62
		seq 4	4,42	4,96	5,65	0,87	0,40	1,12	6,84	2,77	6,36	1,22	0,59	1,57	5,15	5,70	7,31	0,39	1,30	1,38	4,57	5,87
		seq 5	4,21	4,81	5,51	4,89	2,11	4,70	0,33	0,33	0,49	1,42	0,58	1,35	4,70	5,47	7,29	2,87	3,17	4,07	4,69	5,52
	RUE	seq 6	5,27	6,66	6,27	4,72	3,91	4,53	5,76	2,94	4,78	1,53	0,61	1,51	2,65	2,48	4,66	0,00	0,00	0,00	6,02	3,57
		seq 7	4,74	5,43	5,77	5,18	3,64	5,17	0,57	0,57	0,49	4,09	2,31	4,43	0,36	0,50	0,72	3,00	2,91	2,99	5,64	4,08
		seq 8	5,55	6,31	6,04	4,57	2,42	4,07	0,92	0,43	0,92	0,00	0,00	0,00	1,15	0,68	1,23	1,96	2,32	2,29	5,36	4,11
		seq 9	5,76	5,64	5,97	1,77	1,00	1,51	1,42	0,28	1,42	5,38	3,37	6,05	2,87	1,70	2,24	2,12	2,06	2,88	5,15	4,41
		seq 10	4,65	4,71	6,02	6,97	5,70	6,78	1,25	0,21	1,36	1,52	0,74	1,79	0,00	0,00	0,00	1,54	2,51	1,96	5,91	3,42
	PARC	seq 11	2,60	3,60	3,25	3,92	1,95	3,11	0,00	0,00	0,00	0,88	0,35	0,97	2,40	1,66	2,90	4,80	5,67	4,37	3,12	6,72
		seq 12	2,28	2,87	2,07	2,44	1,96	2,21	0,00	0,00	0,00	2,49	1,10	1,77	4,47	4,18	4,49	5,91	6,57	5,61	2,62	7,23
		seq 13	1,86	1,96	1,97	4,44	2,43	3,56	0,49	0,16	0,41	1,53	0,58	1,26	5,80	5,96	5,32	4,23	5,09	4,41	3,37	6,41
		seq 14	1,07	1,47	0,88	2,72	2,27	1,66	0,24	0,16	0,24	0,26	0,09	0,18	4,86	4,73	4,78	5,87	7,06	5,42	2,85	8,27
		seq 15	1,05	1,49	1,67	2,21	1,99	1,55	0,47	0,39	0,28	0,54	0,44	0,22	4,37	4,93	3,98	5,13	6,99	5,19	2,43	8,06
		seq 16	0,97	1,37	1,36	1,89	1,77	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52	2,71	2,61	5,95	6,92	5,28	1,96	8,48
GLOBAL G1			5,56	6,49	5,49	6,44	5,18	5,20	5,85	2,99	5,02	5,64	3,14	4,81	5,17	5,29	5,35	5,12	5,94	4,36	4,80	5,73
GLOBAL G2			5,27	6,05	5,49	5,88	3,13	5,21	3,90	1,60	4,43	2,74	1,20	2,83	3,90	4,92	5,52	2,54	3,42	3,35	4,43	5,54
GLOBAL G3			5,01	7,82	6,19	5,80	3,79	5,74	5,68	2,18	5,98	4,07	2,08	4,88	5,05	4,17	5,87	3,45	4,18	3,75	5,31	5,12
centiles	min	0,97	1,37	0,88	0,87	0,40	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,96	3,42	
	L90%	1,06	1,48	1,51	1,82	0,99	1,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,59	0,97	0,65	1,51	1,67	2,53	3,82	
	L80%	1,86	1,96	1,97	1,89	1,29	1,55	0,24	0,16	0,24	0,26	0,09	0,18	2,40	1,66	2,24	1,54	2,06	2,04	2,85	4,11	
	L70%	2,44	3,23	2,66	2,32	1,86	1,93	0,40	0,19	0,34	0,71	0,40	0,50	2,58	2,09	2,76	2,04	2,41	2,59	3,25	4,96	
	L60%	4,21	4,56	5,51	2,44	1,96	2,22	0,49	0,28	0,49	0,96	0,53	0,97	2,87	2,71	3,98	2,52	2,91	2,99	4,04	5,62	
	médiane	4,32	4,76	5,71	3,32	2,05	3,10	0,74	0,36	0,70	1,19	0,56	1,30	4,29	4,16	4,57	2,94	3,76	3,60	4,39	5,89	
	L40%	4,49	4,96	5,88	4,44	2,27	3,56	1,06	0,43	1,22	1,42	0,58	1,51	4,47	4,26	4,78	3,18	4,94	4,07	4,57	6,17	
	L30%	4,70	5,16	5,95	4,64	2,39	4,30	1,34	0,51	1,39	1,52	0,60	1,67	4,78	4,76	6,18	4,52	5,38	4,39	4,92	6,56	
	L20%	5,16	5,43	5,97	4,89	2,43	4,70	1,72	0,82	1,63	1,53	0,74	1,78	4,88	4,93	7,29	5,13	6,57	5,19	5,36	7,23	
	L10%	5,41	5,98	6,03	5,17	3,78	5,12	3,91	1,83	3,44	3,29	1,71	3,11	5,47	5,59	7,37	5,86	6,95	5,35	5,78	8,16	
max	5,76	6,66	6,27	6,97	5,70	6,78	6,84	2,94	6,36	5,38	3,37	6,05	6,23	5,96	7,91	5,91	7,06	5,61	6,02	8,48		
moyenne			3,64	4,14	4,39	3,50	2,26	3,23	1,45	0,65	1,36	1,44	0,74	1,48	3,54	3,37	4,37	3,14	3,97	3,44	4,16	5,86

évaluation globale des critères en fonction des centiles des évaluations des 16 séquences ; sens de parcours : marché-rue-parc

ANNEXE 7 : Présentation de la méthode de rapatriement des données

Enregistrement des données audio et premier traitement:

La première étape est l'enregistrement des données audio. Pour ce faire, il est nécessaire de placer des micros enregistrant le signal audio et non uniquement le volume sonore. Ensuite, il va falloir traiter ce signal audio au moyen d'un logiciel développé spécialement pour ce projet par la société Arkamys. Ce logiciel intégrera les algorithmes de reconnaissance mis au point par Boris Defreville. Au cours du traitement, le logiciel va définir pour un pas d'une seconde le type de bruit auquel nous avons à faire et va ajouter une ligne dans un fichier texte répertoriant les secondes ainsi que les types de bruits auquel ils se rattachent. Tout ce travail est effectué du côté de la borne de mesure.

Transfert des données de la borne vers le serveur :

Toutes les minutes, un système de synchronisation va envoyer les fichiers nouvellement créés sur le serveur du LASA via Internet et les placer dans un dossier contenant les données pour une borne. Ensuite, un programme va déterminer quels sont les nouveaux fichiers en comparant avec les fichiers contenus par un dossier d'archives. Pour chaque nouveau fichier, un programme va transférer les fichiers vers l'archive et va aussi intégrer les renseignements contenus dans les fichiers textes dans la base de donnée SQL.

Intégration des données dans la base de données SQL :

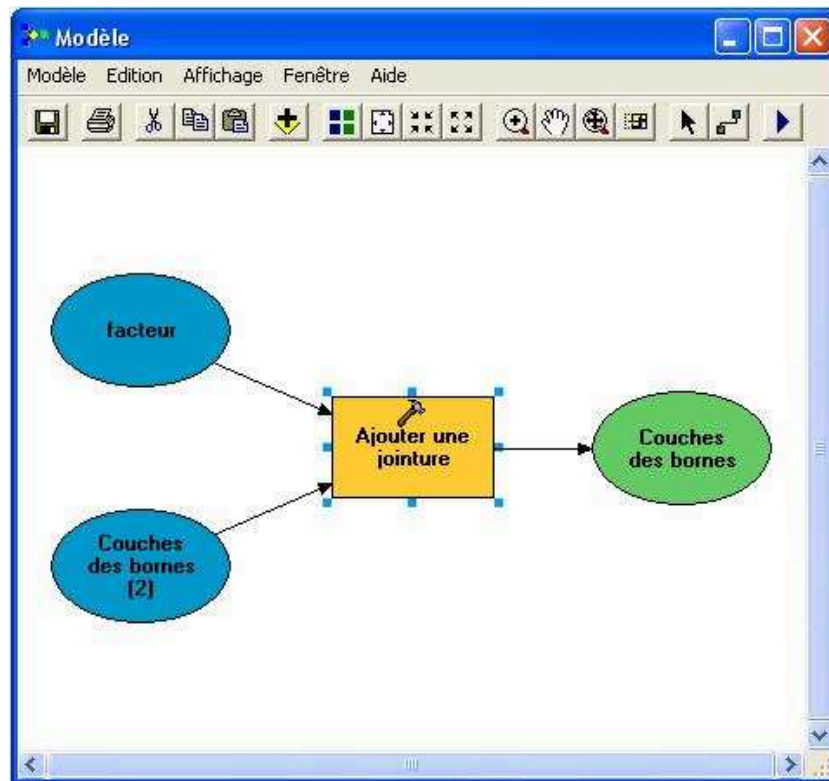
Dans cette dernière, il existe deux bases distinctes : l'une contient toutes les données alors que l'autre est considérée comme temporaire car elle ne contient que les données qui n'ont pas été traitées par le SIG ArcView (ce dernier vide les tables une fois qu'il a traité les données). Ce système est nécessaire car sinon, lors de la sélection des données, il faudrait beaucoup de temps pour parcourir toutes les données de la table lors d'un travail sur une longue durée.

ANNEXE 8 : Présentation des outils utilisés

Model Builder :

A partir de la version 9 du logiciel ArcView, un outil a été mis à la disposition des utilisateurs afin qu'ils puissent créer des chaînes de traitements automatiques rapidement et avec un minimum de programmation. Model Builder est en fait basé sur un principe de briques que l'on va assembler. La visualisation est celle d'un graphique où les processus et les données sont représentés hiérarchiquement et dans l'ordre chronologique du traitement avec les entrées et les sorties pour chaque processus.

Exemple de présentation d'un modèle :



Par exemple, on a ici l'outil qui ajoute une jointure (**Add Join**) : il y a deux tables en entrée (les ellipses bleues), un processus (le rectangle jaune) et enfin une table en sortie (ellipse verte).

Au niveau des processus, nous avons la Toolbox d'ArcView ainsi que les outils des extensions (sous réserve de licence). Cela permet d'effectuer presque toutes les opérations que l'on peut faire manuellement.

Pour chaque outil, on va définir des variables grâce à une interface très facile à prendre en main. On va tout y définir : depuis les tables en entrée jusqu'aux options facultatives. On peut définir ce qui sera en paramètre en début d'outil ou ce qui sortira de la chaîne.

Exemple de fenêtre pour entrer les variables d'un outil :



On a donc la possibilité de rentrer la couche sur laquelle on veut ajouter la jointure. On peut choisir parmi les tables ouvertes sous ArcView, mais aussi par un explorateur. On définit le champ de cette table. La même opération est possible pour la table à joindre.

Cet un outil très pratique pour l'automatisation de tâches.

Dans le cas où un outil n'est pas disponible, on peut toujours en programmer un qui sera ensuite intégré dans la chaîne de traitement sous la même forme que les outils disponibles par défaut. Les langages de programmations acceptés sont notamment le Python et le Java Script et le VB Script.

Python :

Python est un langage de programmation qui s'inscrit en plein dans la vague des logiciels libres. En effet, ce langage n'est pas un langage propriétaire et ne nécessite pas de logiciels payant ou sous licence pour l'utiliser. Il a été développé en 1989 par Guido van Rossum et a évolué depuis grâce à une communauté de développeurs active.

Ce langage est compatible avec de nombreuses plates formes (Windows, Unix, MacOS, BeOS,...).

Ce langage de programmation est assez simple au niveau syntaxique et possède des types de données évolués (listes, dictionnaires...) ce qui permet d'obtenir des programmes compacts, facile à retravailler.

C'est un langage orienté objet qui supporte l'héritage multiple, mais aussi la surcharge des opérateurs.

Une interface de programmation est installée en même temps que le compilateur et ArcView, ce qui permet de travailler de façon simple. Sur le disque d'installation d'ArcView 9.1, c'est Python 2.1 qui est installé. Il existe maintenant des versions plus récentes.

ANNEXE 9 : Mise en place du lien ODBC

Première étape : Installation des pilotes de connexion MySQL/ODBC :

Il faut en premier lieu télécharger les pilotes qui vont permettre de créer le lien entre la base de données et Windows. Pour ce faire, il faut télécharger le programme exécutable de connexion entre MySQL et ODBC pour Windows afin de pouvoir configurer la passerelle (<http://dev.mysql.com/downloads/connector/odbc/3.51.html>). Une fois ces pilotes installés, on va pouvoir créer une source de données sous Windows :

Voici la méthode pour mettre en place la liaison :

- ↳ Panneau de configuration
 - ↳ Outils d'administration
 - ↳ Sources de données (ODBC)
 - ↳ Sources de données de système
 - ↳ Ajouter

On se trouve alors dans l'assistant d'aide à la création de source de données :

Sélectionner le pilote : MySQL ODBC

On passe alors dans l'assistant MySQL/ODBC :

- Data Source Name : nom que l'on veut donner à notre source de données
- Description (optionnel)
- Serveur : nom du serveur (pour l'instant : « Localhost »)
- User : root
- Password : <vide>
- Database : FDAI

Lors de cette étape, nous avons interfacé Windows avec la base de données. Reste à créer un lien entre cette base et ArcView. Pour cela, nous allons utiliser ArcCatalog :

Propriétés des liaisons de données :

- ↳ Choix du type de données (onglet « fournisseurs »)
 - ↳ « Microsoft OLE DB Provider for ODBC Drivers »
 - ↳ Suivant
- ↳ Onglet « Connexion » :
 - ↳ 1. Utiliser le nom de la source de données : on choisit « bruit »
 - ↳ 2. Nom d'utilisateur : root
 - Mot de passe : <vide>
 - ↳ OK

Il suffit alors, pour travailler avec les tables de la base de données, d'aller chercher ces tables au niveau de l'explorateur d'ArcView dans les connexions aux bases de données.

Deuxième étape : Création du lien sous ArcCatalog :

Sous ArcCatalog, il faut maintenant pointer vers la base de données MySQL et définir les droits du logiciel ArcView 9.1 sur la base de données. En effet, sinon, on ne pourra effectuer aucun changement ou aucun traitement sur les données.

Pour cela, il faut effectuer l'opération suivante :

On lance donc ArcCatalog. Dans DataBase Connections, on choisit : Add OLE BE connection.

Propriétés des liaisons de données :

- ↳ Choix du type de données (onglet « fournisseurs »)
 - ↳ « Microsoft OLE DB Provider for ODBC Drivers »
 - ↳ Suivant
- ↳ Onglet « Connexion » :
 - ↳ 1. Utiliser le nom de la source de données : on choisit « bruit »
 - ↳ 2. Nom d'utilisateur : root
 - Mot de passe : <vide>
 - ↳ OK

On a maintenant accès à la base de données par le logiciel ArcView.

ANNEXE 10 : Ajout d'un type de bruit

Il peut arriver au fur et à mesure que de nouveaux bruits soient utilisés dans le calcul du désagrément. Dans ce cas, il va falloir ajouter des chaînes de traitement dans le modèle, mais aussi ajouter des colonnes dans les tables où l'on écrit.

Modification des tables :

Pour modifier une table sous ArcView, il faut ouvrir une session d'édition avec la barre d'outil « Editeur » sur la table que nous voulons modifier.

Dans les tables dbf, il va falloir ajouter des colonnes correspondant au nouveau type de bruit. Dans la table attributaire de la couche de borne, il faut ajouter une colonne qui recevra les temps d'apparition de ce bruit. Dans la table des facteurs, c'est la colonne des coefficients multiplicatifs qu'il faut ajouter. Il va aussi falloir modifier les tables d'archives afin qu'elles aient la même architecture que les autres tables ainsi que les tables de statistiques qui correspondent à la mise en commun des statistiques des différentes bornes pour un même bruit.

Modifications dans la chaîne de traitement :


Il faut définir une nouvelle suite d'opérations à effectuer de façon automatique. Pour ce faire, on doit éditer l'outil de calcul de désagrément et copier une partie de la chaîne. En effet, chaque partie est autonome pour chaque bruit. Ensuite, il va falloir adapter cette chaîne. Changer les tables en entrée est la première chose à faire, mais il va aussi falloir modifier les tables intermédiaires ainsi que les champs pour les jointures ou les calculs de champs. Des tables vont devoir être créées sur le modèle des autres, comme la table qui contient les statistiques pour l'ensemble des bornes.

Ensuite, il va falloir changer la formule de calcul du désagrément. Pour ce faire, on va éditer l'outil de calcul de champs et ajouter le terme correspondant à ce nouveau type de bruit.

ANNEXE 11 : Ajout d'une borne

Pour l'ajout d'une borne, le travail va être plus complexe. Il va falloir créer des branches de traitements pour chaque type de bruit, les lier aux traitements précédents et ouvrir les tables sous ArcView pour qu'elle soit tout de suite accessible. Mais il va aussi falloir adapter la couche des bornes en ajoutant un point et en remplissant la table attributaire. Il va aussi falloir ajouter une table pour les archives et modifier les programmes Python dans certains cas.

Ajout des tables sous ArcView :

Pour ajouter les tables de la base de donnée sous ArcView, il suffit d'appuyer sur l'icône  puis d'aller chercher les tables dans la catégorie "Connexion à une base de données".

Création et modification des tables :

Il faut modifier la couche des bornes pour ajouter la borne nouvelle. Ne pas oublier de remplir la table attributaire ou sinon, le calcul ne pourra pas s'effectuer. Pour ce faire, il faut ouvrir une session d'édition sur cette table. Cette ouverture de session d'édition sera d'ailleurs obligatoire dans tous les cas où il y aura une modification de table.

Il va falloir créer deux tables. La première est la table qui va servir de table transitoire avant l'écriture dans la table des statistiques pour chaque bruit. De même, il va falloir créer une table pour les archives afin de pouvoir archiver nos données.

Modification des scripts Python :

Dans certains scripts Python, on est obligé de nommer les tables ou de définir des opérations pour chaque borne. Il va donc falloir modifier ces programmes et effectuer, par analogie, la même opération que sur les bornes déjà en place.

ANNEXE 12 : Erreurs possibles lors du déroulement des programmes

Problème de droits sur la table :

Il peut arriver que lors de l'exécution des outils, celle-ci se s'arrête avant la fin du traitement. Cela peut-être dû à un manque de droit sur la table. En effet, cette table peut être en mise à jour. Si tel est le cas, les traitements ne pourront s'effectuer. Il faudra donc fermer la session de mise à jour avant de relancer l'outil.

Il peut arriver que même sans session de mise à jour ouverte, l'outil ne marche pas. Dans ce cas, il peut être utile de fermer ArcView et de le relancer. En effet, il arrive que certaines modifications d'une table ne soient pas prises en compte automatiquement. Le fait de quitter le programme et de l'ouvrir va remettre à jour l'état de la table dans la mémoire du logiciel.

Problème d'index dans ObjectID :

Il peut aussi arriver que des problèmes apparaissent au sujet des ObjectID. Cela arrive en général dans les jointures des tables. En effet, ObjectID est un identifiant interne à ArcView. L'erreur provient souvent d'un problème de nombre de ligne lors de la jointure. Soit il manque une ligne, soit il y a des lignes en trop. Il faut donc aller voir dans quelle table il y a un problème et supprimer ou ajouter une ligne.

Impossible de supprimer une table :

Soit la table est en session d'édition, soit elle a été supprimée et n'existe pas. Veillez à fermer la session ou à rétablir la table.

En cas d'arrêt en cours de traitement :

En cas d'arrêt en cours de traitement, il peut arriver que des jointures soient faites et non supprimées ou que des tables ont été créées et non supprimées. Dans ce cas, il va falloir faire le "ménage" pour repartir sur une base saine. En cas de non suppression de jointure par exemple, le traitement ne pourra s'effectuer car on ne peut créer deux fois la même jointure en même temps.