

Université Lumière Lyon 2
Ecole doctorale de Sciences cognitives
Institut de Psychologie
Département des Sciences du langage : linguistique, phonétique
Laboratoire de Dynamique du Langage, UMR CNRS 5596

Description typologique et intelligibilité des langues sifflées, approche linguistique et bioacoustique

Par Julien Meyer

Thèse de doctorat en Sciences cognitives

Mention psychologie, Option linguistique

Dirigée par Jean-Marie HOMBERT

Présentée et soutenue publiquement le 16 décembre 2005

Devant un jury composé de : Jean-Marie HOMBERT, Directeur de recherche au CNRS Jean-Claude RISSET, Professeur émérite de l'Université Aix-Marseille Denny MOORE, Professeur de l'Université do Para - Belem Didier DEMOLIN, Professeur de l'Université de Sao Paulo John ESLING, Professeur de l'University of Victoria Thierry AUBIN, Directeur de recherche au CNRS

Table des matières

..	1
Remerciements . .	3
Introduction . .	5
Thèse au format PDF .	11
Chapitre 1. Cadre de l'Etude des langues sifflées .	11
Chapitre 2. Influence du milieu naturel .	11
Chapitre 3. Analyse typologique .	11
Chapitre 4. intelligibilité . .	12
Conclusion : Bilan et perspectives . .	13
Perspectives .	15
Bibliographie . .	19
Annexes . .	31
A. Méthodologie d'étude des langues sifflées . .	31
A.1. Introduction . .	31
A.2. Enquête préliminaire .	32
A.3. Travail local .	32
A.4. Méthodologie d'analyse en laboratoire . .	35
A.5. Méthodologie d'approche phonétique .	42
B. Positionnement des langues sifflées .	43
B.1. Musique et langage .	43
B.2. Explication du tableau récapitulatif du § . .	45
C. Typologie des siffleurs .	48
C.1. Variables qui permettent de distinguer les siffleurs .	48
D. Données complémentaires pour la partie Typologie .	51
E. Résultats de l'expérience de perception des voyelles sifflées .	51
E.1. Résultats par sujets .	51

E.2. Courbes d'analyses complémentaires .	52
F. Deux expériences sur l'intelligibilité .	56
F.1. Analyse pilote en pays Mazatèque . .	56
F.2. Les expériences révélatrices des Warren .	57
G. Matériel de diffusion sonore pour les trois expérimentations à distance .	59

Aux siffleurs poètes et aux maîtres tambours, dont les traditions orales portent des clefs de réconciliation de l'être humain avec son milieu naturel A Laure Dentel A René-Guy Busnel

« ...Venez et nous suivez, qui n'avons mots à dire : nous remontons ce pur délice sans graphie où court l'antique phrase humaine ; [...] jusqu'à ces locutions inouïes, où l'aspiration recule au-delà des voyelles et la modulation du souffle se propage, au gré de telles labiales mi-sonores, en quête de pures finales vocaliques.» Saint-John Perse, Neiges IV

Remerciements

Je remercie Jean-Marie Hombert et François Pellegrino de m'avoir accueilli au Laboratoire DDL et de m'avoir fait confiance en dirigeant mes recherches.

Messieurs les membres du jury, vous me faites l'honneur d'évaluer mon travail,

Je remercie Jean-Claude Risset d'avoir accepté de se replonger dans les langues sifflées, son travail en acoustique musicale m'a permis de mieux comprendre mon sujet de recherche.

Je remercie Denny Moore qui vient du Brésil et m'a fait comprendre que la linguistique est une enquête.

Je remercie Didier Demolin de venir du Brésil pour partager son intérêt pour la phonétique des sifflements.

Je remercie John Esling pour l'intérêt qu'il manifeste pour mon travail de thèse en venant du Canada.

Je remercie Thierry Aubin de venir apporter son regard de bioacousticien sur les phénomènes étudiés.

Tout mon respect et ma reconnaissance vont aux piliers scientifiques de ce travail qu'ont été pour moi René-Guy Busnel et Colette Grinevald.

Merci à tous les membres du Laboratoire DDL.

Je remercie Bernard Gautheron, Jacques Viellard, Dora Pellicer, Michel André, Marie-Claire Busnel, Loïc Lemarrec, Torbson Johansson, Chô Ly pour leurs conseils.

Je remercie le CNRS pour m'avoir soutenu avec la Bourse B.D.I., Fanny Meunier pour son aide lors de l'achat d'une partie du matériel d'enregistrement et pour toutes les discussions que nous avons eues. Je remercie ABM et la Mairie de Paris pour nous avoir décerné le prix scientifique « *Paris Jeunes Aventure* » et mon frère Alexandre d'avoir défendu mon dossier à l'oral à ma place. Ma sœur Laure de l'avoir aidé à se préparer.

Ce travail, n'est que la partie émergente de ma collaboration avec des dizaines de personnes dans le monde entier. Je remercie, Luis el Maestro de Silbo pour son enseignement et les visites de l'île, Lino Rodriguez, Eugenio Darias, Juan Casimiro, la famille Betanzos, Sacha, la famille Fernando Peres Alonso, Sergio, Miguel, Alessandro Martinez, Maître Agbeli, Aju Jupoh, Noriko Higashide, Chief John Leo Tamata, Chief Rubens, Lorenzo Cappelli, prof. Jurg Gashé, David Dick, Mrs. Kula, Mr. Panayotis et sa femme, Maria Panayotis, Fabio et Ana, Thierry Fournel, Jean-Michel Beaudet, Patrick Kersalé, Madame Gisèle, Elise Thierry, Doña Sissi, Doña Julia, Janet Tchillinguirian, Mariana De Lacerda, Gessiane Lobato Picanço, Ross Caughley, Tschewong, Remi Saudax, Sylvano et Jailda, la Famille Santillan, Ralph Regenvanu, Carmen Figueredo. Je remercie tous les sujets des expériences.

Je remercie mes parents, leur vie m'a conduit à m'intéresser aux langues.

Introduction

Pour communiquer à distance ou dans le bruit, de nombreuses populations vivant principalement dans des zones montagneuses et dans des forêts denses ont développé une version sifflée de leur langue locale. Les biotopes dont elles font partie favorisent l'éloignement en terme de temps de trajet ou de contact visuel. Le sifflement apporte une réponse adaptée à de telles situations en augmentant les distances limites de communication. Les scientifiques ont appelé ce phénomène « *parole* », « *langage* » ou « *langue sifflée* » (Busnel & Siegfried, 1990) car l'information que les siffleurs échangent dans ces conditions est suffisamment riche, complexe et variée pour nécessiter l'usage du vocabulaire, de la grammaire et de la syntaxe de la langue parlée locale. Le sifflement est utilisé comme source sonore à la place des vibrations des cordes vocales car il est bien adapté à la propagation des sons dans des conditions extrêmes. D'après les locuteurs, la parole sifflée est une des multiples manifestations complémentaires de la langue, au même titre que le chuchotement, la parole criée ou chantée. Elle permet un dialogue entre individus relativement isolés, comme un téléphone portable naturel et local. Elle est utilisée pour rendre service dans le cadre d'activités sociales vitales de la vie traditionnelle.

Aujourd'hui, certaines zones encore difficiles d'accès abritent des villages poursuivant la pratique quotidienne de ces langages ou à défaut, dont les plus anciennes générations entretiennent ce savoir oral dans leur mémoire. Notre travail s'appuie sur une enquête de terrain de plus d'un an menée en collaboration avec les responsables culturels d'une dizaine de communautés à travers le monde. Il tire aussi des informations de collaborations engagées avec les principaux acousticiens, linguistes, anthropologues ou

musicologues étudiant ou ayant étudié la langue et le mode de vie de villages dont la population utilise ou a utilisé le sifflement langagier. Cette recherche a nécessité la mise en place d'une méthodologie d'investigation adaptée à la fois à l'acoustique des langages sifflés, à leur pratique en voie de disparition et à la volonté de nombreux locuteurs de participer à la sauvegarde vivante de cet aspect de leur tradition orale. En effet, à l'instar de la plupart des langues minoritaires, ces formes de communication sont aujourd'hui toutes menacées d'extinction ainsi que le patrimoine oral qu'elles véhiculent.

Dans chaque pays visité, nous nous sommes rendus dans des lieux où une forme sifflée d'une langue avait déjà été signalée et nous avons cherché de nouvelles sources linguistiques. Nous avons constitué plusieurs corpus plus ou moins spontanés en fonction des opportunités, par exemple en nous promenant avec une personne qui déclenchait des dialogues avec les individus croisés sur le chemin. Mais avant ce type de travail, le corpus que nous demandions de siffler dans un premier temps aux informateurs rencontrés était le suivant:

« Dans le monde entier, des hommes parlent en sifflant » « Certains vivent dans les montagnes, d'autres dans les forêts » « Les sifflements s'utilisent pour parler à distance » « C'est un moyen de communication très riche en harmonie avec la nature et le mode de vie » « On peut parler d'amour et de toutes choses de la vie » « La mélodie ressemble aux chants des oiseaux » « Ces langues ne doivent pas mourir car elles racontent l'histoire des peuples de ces terres » « Ainsi que celle du langage humain »

Aucun des bons siffleurs n'a eu de mal à transposer en sifflements les paroles de ce texte, une fois les difficultés de la traduction résolues. Ceci montre qu'ils utilisent aisément des phrases non stéréotypées. Un interlocuteur placé à distance et aguerri en langue sifflée pouvait comprendre leur signification avec plus ou moins de facilité suivant sa pratique quotidienne et suivant la complexité sémantique ou métaphorique de la phrase. Les locuteurs Espagnols ou Grecs ayant une langue dont la structure phonologique et les réalisations phonétique se rapprochent le plus du français parmi toutes les langues analysées, n'ont pas eu de difficulté à siffler des phrases en langue française quand nous leur avons suggéré. Nous avons donc constaté que le sifflement de syllabes n'ayant pas de sens préalablement connu est possible, même si cela paraît incongru. Le français sifflé obtenu est marqué par « l'accent » local car chaque langue possède sa propre répartition d'unités sonores régulières.

Par contre, lorsque des locuteurs de langue tonale mazatèque du Mexique ont essayé de reproduire ce texte en espagnol sifflé, nous avons remarqué que le résultat n'avait rien de commun avec le *Silbo* espagnol. Nous avons ainsi vérifié que les siffleurs optent pour des stratégies différentes de conversion de la voix classique en parole sifflée en fonction de certaines différences phonologiques clefs de leur langue. En effet, les « *Maestros de Silbo* »¹ Espagnols de l'île de la Gomera aux Canaries reproduisent les voyelles et les consonnes à travers ce que nous appellerons leur « *prosodie interne* », qui est organisée rythmiquement dans la phrase. Les Mazatèques, de leur côté, ont sifflé l'intonation et le rythme de l'espagnol ce qui d'après des études sur la prosodie de la parole ne contribue qu'à hauteur de 10 à 15% de l'intelligibilité des langues sans ton de

¹ Maîtres de Silbo

ce type (Sorin, 1989). Pourtant, dans leur langue, les Mazatèques atteignent plus de 80 à 90 % d'intelligibilité en transposant en sifflements la même partie de la voix. Ceci montre que, suivant la structure de la langue, les différentes bandes de fréquences de la voix classique ne portent pas la même contribution fonctionnelle pour l'intelligibilité de la parole.

Ces expériences interlinguistiques n'étaient pas complètement artificielles car un processus de transfert a effectivement eu lieu sur l'île de la Gomera aux Canaries depuis une langue berbère après la conquête Espagnole. De plus, un tel processus semble être actuellement encore en cours dans les montagnes Mazatèques. Il a commencé par les prénoms hispanisés il y a plus de cinquante ans (Cowan, 1948) et nous avons pu observer qu'il était encore hésitant aujourd'hui parmi les plus jeunes générations. Une des raisons principales tient à l'existence de tons phonologiquement distinctifs en mazatèque qui n'existent pas en espagnol. Dès lors, dans le cas d'un transfert de la pratique sifflée d'une langue à une autre, la rapidité dépend de la structure phonologique de chacun des systèmes linguistiques qui se rencontrent. D'une manière générale, le développement d'une nouvelle stratégie de sifflement se fait suivant un processus évolutif lent qui sélectionne petit à petit les constituants phonétiques les plus saillants de la langue en termes d'intelligibilité. Ce phénomène repose sur plusieurs générations de pratique.

Lors de notre travail de thèse dont nous présentons ici un bilan, nous avons cherché à mettre évidence les caractères généraux partagés par les langues sifflées et à souligner les différences phonétiques dues aux propriétés phonologiques de chaque langue. Pour cela nous avons emprunté les outils scientifiques de différents domaines de recherche. Les particularités acoustiques des langues sifflées s'y prêtent bien. La présentation de cette recherche s'articule autour de quatre chapitres que nous décrivons dans les paragraphes suivants.

Dans un premier temps nous avons posé le cadre de notre étude. Nous avons d'abord fait l'historique de la recherche dans le domaine. A cette occasion, nous avons rappelé les principales connaissances sur ce sujet. En particulier la position de ce phénomène de communication par rapport à d'autres aspects plus connus de la communication humaine. Sur ce point, les trois principaux chercheurs ayant effectué des travaux dans le passé sur les langues sifflées (Cowan, 1948 ; Busnel & Classe, 1976) sont unanimes pour reconnaître que les langues sifflées représentent un style de parole complémentaire utilisé à distance (courte, moyenne ou grande). Nous avons ensuite mené une analyse sociolinguistique sur les facteurs influençant la vitalité des langues sifflées. Cet aspect de la réflexion s'est révélé crucial au quotidien lors de la phase de documentation sur le terrain. En particulier car il existe dans chaque lieu des profils types de siffleurs ayant des compétences différentes. De plus, l'histoire humaine entraîne aujourd'hui le phénomène de la disparition des cultures locales qui a fortement joué sur nos possibilités de documentation.

Dans un deuxième temps nous présentons les biotopes rencontrés, dans leur diversité. Nous verrons que la pratique sifflée est en partie conditionnée par les milieux écologiques. Nous introduisons les forêts denses qui viennent s'ajouter aux topographies montagneuses bien décrites dans les travaux des chercheurs précédents (Classe, 1956 ; Busnel, 1970 ; Busnel, 1974a). Puis nous présentons les techniques de production du

sifflement ce qui permet d'initier une réflexion sur la bioacoustique du signal. D'autre part, les propriétés des langues sifflées qui définissent de véritables « *systèmes de télécommunication* » (Busnel et Classe, 1976, p.108) nous ont poussés à étudier quelques effets du filtre naturel du milieu ambiant sur le signal sifflé. Nous avons aussi cherché, grâce à la mise au point d'expériences pilotes, les liens qui peuvent exister entre les stratégies bioacoustiques utilisées par la voix parlée, la voix criée et la parole sifflée.

Dans le troisième chapitre que nous dédions à l'analyse typologique nous avons fait le bilan linguistique de notre enquête. Cette étape de notre recherche nous a permis de recenser les langues sifflées connues jusqu'à aujourd'hui et d'aller vérifier directement leur pratique actuelle pour certaines d'entre elles. Au final, la diversité des langues sifflées connues est grande et quelques nouvelles langues sifflées ont pu être repérées. Nous confirmons donc que le phénomène est international. Afin d'approfondir notre compréhension des modalités de transposition de la voix parlée en parole sifflée, nous avons sélectionné sept langues dont nous avons réalisé une analyse typologique détaillée. La comparaison systématique de la forme sifflée et de la forme parlée nous a permis de mettre en évidence trois types de stratégies de transposition de la voix. Nous ne remettons pas en cause la différence entre langues tonales (transposition sifflée des tons) et langues non tonales (transposition sifflée de l'articulation des voyelles et des consonnes) mais nous montrons qu'il existe un groupe intermédiaire de langues qui choisissent une voie médiane entre ces deux options décrites précédemment. De plus, nous montrons que le sifflement ne définit pas de système indépendant de la forme parlée même s'il existe une réduction phonétique que nous analysons. Enfin, nous constatons qu'il y a une grande diversité de stratégies dans chaque groupe. Il s'ensuit que, des langues non tonales aux langues tonales, les différences se situent sur une échelle faite de degrés qui ont pour origine des propriétés de la structure phonologique de la forme parlée.

L'intelligibilité étonnante obtenue lorsque des phrases sont échangées en langue sifflée est l'objet de notre étude dans la dernière partie de cette thèse. Cette faculté s'appuie sur le rôle fonctionnel que jouent les caractères segmentaux et suprasegmentaux de chaque système linguistique. Elle repose aussi sur tout un ensemble de facteurs perceptifs qui ont fait l'objet d'analyses précises. C'est pourquoi nous présentons les résultats de psychoacoustique qui permettent de comprendre une partie du cadre de la perception des sifflements. Ensuite, nous regroupons les enseignements des domaines de « *l'analyse de la scène auditive* » (Bregman 1990) et de l'analyse de la prosodie du langage. Nous précisons ainsi quels types de relations entre les attributs de la perception marquent le flux de parole écouté par un siffleur. A partir de là, nous avons été en mesure de présenter une analyse progressive de l'intelligibilité des langues sifflées non tonales. Une expérience de psycholinguistique est alors présentée. Elle a consisté à tester l'identification des voyelles sifflées espagnoles par des sujets français. Cette étape de la réflexion nous a permis de revisiter la perception du timbre des voyelles humaines en suivant les indications implicites des siffleurs. Nous avons ensuite expliqué deux analyses de l'intelligibilité des logatomes (Moles, 1970, Busnel, 1970). Ces deux approches sont complétées par une étude de l'intelligibilité des phrases sifflées grecques. Enfin, comme ce type de communication sert avant tout à distance et dans le

bruit ambiant, nous avons mis au point une expérience grandeur nature qui nous a permis de rediffuser certains de nos enregistrements turcs, espagnols et grecs. De cette manière nous avons pu observer, de manière contrôlée, les conséquences phonétiques de la dégradation du signal sifflé. Les langues sifflées offrent de ce point de vue un cas d'étude inédit du phénomène de *reconstruction cognitive de la parole*. En effet, les indices acoustiques qui arrivent à l'oreille du récepteur sont souvent suffisants pour permettre un taux d'intelligibilité élevé.

La somme des informations apportées par les langues sifflées est vaste, c'est pourquoi nous considérons le travail que nous présentons ici comme un début. Nous l'avons appuyé sur les bases scientifiques solides posées par les chercheurs ayant étudié les langues sifflées et par les linguistes ayant décrit les formes parlées des langues que nous analysons. La contribution des locuteurs, des siffleurs et des responsables culturels locaux a été un facteur essentiel de notre recherche car eux seuls vivent en profondeur la richesse de leur langue. Nous ne pouvons concevoir de travail de recherche sans eux. Leur collaboration est primordiale si l'on veut « *épouser du monde leur présence* » comme dit si bien Saint-John Perse.

Thèse au format PDF

Chapitre 1. Cadre de l'Etude des langues sifflées

[meyer_j_chap1.pdf](#)

Chapitre 2. Influence du milieu naturel

[meyer_j_chap2.pdf](#)

Chapitre 3. Analyse typologique

[meyer_j_chap3.pdf](#)

Chapitre 4. intelligibilité

[meyer_j_chap4.pdf](#)

Conclusion : Bilan et perspectives

Les langues sifflées étudiées dans ce travail représentent assez fidèlement la diversité des langues sifflées du monde qui elles-mêmes couvrent un très large éventail des familles linguistiques répertoriées jusqu'ici. Elles nous ont permis de confirmer que la parole sifflée est dans chaque population le résultat de l'adaptation de l'intelligence productive et perceptive humaine à un milieu biologique (conséquences acoustiques) et social (conséquences linguistiques). Pour cela nous avons partagé la vie des siffleurs de plusieurs cultures et ceux-ci nous ont fait l'honneur de nous accepter parmi eux. Ils nous ont aidé à concevoir une méthodologie adaptée à l'étude actuelle des langues locales.

Le premier point à retenir de notre étude est que la voix classique, qui est à l'origine de la parole sifflée laisse dans le sifflement l'emprunte de la manière dont elle est exploitée par les locuteurs d'une langue. Ceci est vrai à la fois en ce qui concerne les éléments clefs de la structure de la langue et en ce qui concerne les stratégies employées couramment par les êtres humains pour que leur voix porte loin. Il est possible de le montrer avec les outils de la linguistique et de la bioacoustique. Notre contribution sur ces deux points a été de montrer qu'il existe une continuité entre la voix parlée et la parole sifflée qui se fait sur plusieurs échelles.

Pour la communication à distance et dans le bruit, la parole sifflée est la suite logique de la voix criée. En effet, l'élévation de la voix par effet Lombard, l'augmentation de la fréquence et de la durée d'élocution poussent rapidement les cordes vocales à leurs limites et il est nécessaire de s'en passer. Le sifflement a été la solution retenue par de nombreuses populations. De cette manière la parole peut rester durablement dans la

zone de perception privilégiée de l'oreille humaine, en dehors des zones où le bruit ambiant de la nature est le plus intense. De plus, le sifflement permet d'utiliser le langage humain avec des propriétés qui en font un véritable système de télécommunication: l'amplitude de la dynamique du langage est condensée, la bande de fréquence est réduite. Ces propriétés permettent d'améliorer la netteté du signal à distance en optimisant le rapport signal sur bruit.

Suite à la réduction de la bande de fréquence, les siffleurs doivent choisir de transposer en priorité soit la Hauteur Fondamentale, soit la Hauteur Brute de leur langue qui correspondent respectivement à la fréquence de phonation des cordes vocales et à l'ensemble du spectre de la voix. Ce choix hiérarchique semble préexister dans la version parlée des langues humaines et c'est pour cela qu'il n'affecte pas trop l'intelligibilité de la parole sifflée. Par exemple, c'est lui qui différencie les langues tonales des langues non tonales et il est bien connu que les langues sifflées s'adaptent à ces structures linguistiques. Mais les sciences du langage ont montré également que la distinction tonale/non tonale est parfois difficile à faire pour certaines langues qui donnent un rôle important à la fois à l'accent et au timbre de la voyelle. C'est pourquoi, en élargissant le nombre de langues sifflées étudiées, nous avons montré qu'il existe un groupe intermédiaire de langues qui se caractérisent par la recherche d'un équilibre entre la Hauteur Brute et la Hauteur Fondamentale dans leur forme sifflée. Notre description typologique a donc fait émerger trois stratégies types de transposition qui dépendent de la structure phonologique de la langue d'origine. A l'intérieur de chaque groupe de langues ainsi définis, nous avons observé une grande diversité d'adaptations qui respectent les propriétés particulières de chaque langue. Nous avons conclu que les langues sifflées effectuent naturellement une partie du travail de description typologique qui consiste par définition à faire émerger des caractères généraux communs à des langues différentes. En outre, nous avons observé que le sifflement développe également une véritable description phonétique des caractéristiques vocales des éléments transposés: il définit des classes de consonnes, indique des similarités de timbre des voyelles et précise le comportement des tons.

Le deuxième point important à retenir est que tous ces aspects ont été développés dans les langues sifflées pour des raisons fonctionnelles visant à faciliter l'intelligibilité de l'interlocuteur. Nous avons montré que leur profil phonétique est avant tout destiné à la communication dans des conditions difficiles. C'est pourquoi les modulations de fréquence et d'amplitude qui les caractérisent rendent compte des points les plus importants mis en valeur par les domaines d'étude de l'analyse de la scène auditive, de la prosodie et de la parole dans le bruit. Il s'ensuit que les langues sifflées représentent des modèles pertinents d'étude des liens entre la perception et la production du langage, particulièrement en contextes contraignants d'écoute. Nous avons identifié plusieurs conséquences à cette réalité :

Les langues sifflées définissent une méthodologie pertinente d'approche de la prosodie : elle est à géométrie variable suivant les propriétés phonologiques qui organisent les indices acoustiques et les relations perceptives les plus saillants d'une langue. 1.

Il est possible de tester des personnes ne connaissant rien des langues sifflées pour 2. montrer que ces dernières exploitent certains aspects clefs des indices acoustiques de toute langue. Du même coup on peut réinterpréter les données d'autres expériences perceptives de la parole, et cela à la lumière de la stratégie sifflée choisie. Nous avons développé cette possibilité lors d'un test psycholinguistique de perception des voyelles sifflées espagnoles par des sujets Français qui a montré que ces derniers catégorisent les fréquences des voyelles sifflées comme les siffleurs eux mêmes. Nous avons conclu qu'un des éléments primordiaux de la perception des voyelles tient à la répartition de l'énergie sonore dans le spectre. La perception du timbre de la voix semble privilégier les zones les plus compactes et intenses du spectre fréquentiel de la parole. Suivant le type de voyelle, ce ne sont pas les mêmes formants qui seront concernés.

On observe pour les langues sifflées, comme c'est le cas pour la perception de la voix3. parlée, une augmentation des taux d'identification lorsqu'on passe des logatomes (netteté de 20-50%) aux mots (intelligibilité de 70%) et enfin aux phrases (90% d'intelligibilité). Lors de l'identification des phrases, les modulations de AM et FM, qui sont utilisées de manière extensive par les langues sifflées, sont des atouts à la fois pour donner une cohérence d'ensemble à la phrase et pour permettre d'identifier les éléments segmentaux dans le bruit.

Les éléments du signal qui parviennent à l'oreille du récepteur à grande distance sont4. suffisants pour atteindre un bon taux d'intelligibilité dans les situations usuelles de pratique des siffleurs, malgré la dégradation évidente du signal. Comme pour la voix parlée et la voix criée, la perte d'intelligibilité n'est pas un phénomène qui varie linéairement avec la distance. Une émergence suffisante du sifflement par rapport au bruit de fond contenu dans la bande de fréquence des sifflements est nécessaire pour permettre l'intelligibilité de la langue.

Ces formes de la langue qui peuvent s'appliquer à tout le vocabulaire et permettent un taux d'intelligibilité des phrases de plus de 90 % représentent donc à notre avis *une émergence informative de la langue*. Le sifflement reçu au niveau de l'oreille est alors la partie visible d'un *iceberg linguistique et acoustique* dont la partie immergée est dans le cerveau des acteurs du dialogue. Malgré tous ces atouts les langues sifflées sont toutes en situation de perte de vitalité, les siffleurs sont de moins en moins nombreux à être très compétents. La mort des langues sifflées emporte le regard alternatif qu'elles permettent de porter sur le phénomène du langage qui a encore beaucoup de choses à dire tant au niveau culturel que scientifique.

Perspectives

Tout d'abord, nous avons commencé à montrer que ces langages se prêtent bien à la paramétrisation d'un signal ce qui laisse entrevoir des possibilités d'analyser de manière détaillée le rythme de la parole tout en permettant un parallèle avec les langages

tambourinés qui soulignent de manière inharmonique ce même aspect. Les particularités du signal sifflé permettent l'usage des techniques et des logiciels d'analyse sonore développés en bioacoustique pour étudier les sifflement des animaux (oiseaux et dauphins principalement). Dès lors, une comparaison est également possible avec les productions sifflées animales ce qui permet de mieux cerner l'idiosyncrasie du sifflement humain (Busnel, 1966 ; Meyer, 2004). De plus, comme les langues sifflées ont un lien étroit avec le milieu naturel et réalisent une *optimisation bioacoustique du signal*, elles permettent de confronter la parole humaine à l' « *hypothèse de l'adaptation acoustique* » qui dit que la structure générale d'un signal de communication animal sera différente suivant les milieux d'habitat ou les niches écologiques (Mathevon et al, 2004).

Ces formes des langues peuvent également servir actuellement d'indicateur humain fiable pour évaluer la vitalité d'un biotope et donc à la fois de la biodiversité et des connaissances traditionnelles des populations locales qui sont aujourd'hui essentielles si l'on veut comprendre ces milieux à protéger pour les générations à venir (Nettle et Romaine, 2003). L'approche que nous avons initiée sur l'oreille humaine, sur la dégradation de la parole sifflée béarnaise, sur le transfert de la technique à une nouvelle langue, sur l'analyse des profils sociolinguistiques de siffleurs et sur la comparaison typologique des langues sont autant de points qui peuvent participer à une réflexion sur l'évolution du langage humain, avec bien souvent des enseignements pour la phonétique (Demolin et Hombert, 1999). Nos données pourraient donc être complétées et analysées dans une perspective d'anthropologie cognitive. Ce développement semble souhaitable car les langues sifflées se sont développées dans des situations d'usages motivées par la survie d'un petit groupe d'individus, parfois dans des conditions très proches de nos ancêtres chasseurs-cueilleurs. A ce propos les langues sifflées ont le mérite de souligner le rôle fondamental que la contrainte du bruit ambiant a assurément joué dès l'origine du développement du langage humain.

De plus, la langue sifflée est *un style de parole* faisant partie intégrante du phénomène linguistique d'une langue locale. Dans ce cadre, les résultats d'une première étude de neurosciences utilisant la technique de résonance magnétique fonctionnelle (Carreiras & al 2005) ne sont pas étonnants. Ils ont montré que les aires neurologiques de la production (Broca) et de la perception (Wernicke) du langage sont activées chez des siffleurs entraînés, mais pas chez des sujets témoins, lors de l'écoute de phrases de Silbo : « *Our results show that the temporal regions of the left hemisphere that are usually associated with spoken-language functions are engaged during the processing of Silbo in experienced Silbadores.* » (Carreiras et al, 2005, p.31). Cela confirme l'intérêt de notre souci de toujours relier une langue sifflée à la voix parlée d'origine. Nos résultats suggèrent d'envisager une interprétation des données de cette équipe de recherche en comparaison avec celles d'études sur les bases neurales de l'écoute de la parole dans le bruit (Wong P. C.M. et al, 2005).

Enfin, dans le cas des langues sifflées comme dans la voix parlée, de nombreux éléments paralinguistiques sont liés à l'intelligibilité de la parole et relèvent aussi de la reconnaissance de formes auditives (reconnaissance du locuteur, de son sexe, de sa santé, de son état émotionnel). Nous l'avons constaté à plusieurs reprises avec nos informateurs siffleurs. Ce dernier aspect a été abordé de manière systématique dans deux

études sur les langues sifflées par Busnel (1970) et Busnel et Classe (1976). Ils ont identifié dix facteurs paralinguistiques de la voix parlée et trois ont été testés sur les siffleurs : le sexe, l'âge et l'identité du locuteur qui semblent être les plus résistants, même si des performances inférieures à la voix sont obtenues. De telles recherches méritent un approfondissement suivant la méthodologie déjà mise en place. Une extension aux autres facteurs comme la valence émotionnelle nous paraît prometteuse car les siffleurs nous ont montré que c'est un paramètre qu'ils perçoivent facilement.

Le langage est souvent présenté comme porteur d'une redondance d'information afin de lutter contre le bruit. La particularité des langues sifflées de ce point de vue est de définir un cadre dans lequel cette redondance est réduite de manière ciblée, c'est leur intérêt principal pour tous ces domaines d'étude car les paramètres importants de la parole humaine y sont sélectivement soulignés de manière évocatrice.

Bibliographie

- Anderson S. (1978). *Tone features*. In V. Frenklin (ed.) *Tone a linguistic survey*. New York Academic press, 133-176.
- Arripe R. (1985). *Les siffleurs d'Aas*. Imprimerie de la monnaie. Pau.
- Aubin T.(2004). Penguins and their noisy world. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76, 279-283.
- Barney, G. L., Smalley W.A.(1953). *Third Report on Meo: Orthography and Grammar*. (unpublished)
- Basden G. T. (1966). *Among the Ibos of Nigeria*. Frank Cass & Co.Ltd.
- Batteau D.W. (1967). The role of the pinna in human localization. *Proceedings of the Royal Society London*, 168 (series B), 158-180
- Bausani A. (1974). *Le lingue inventate*. Ubaldini Editore : Roma.
- Beaudet J.M. (1997). *Souffles d'Amazonie, les orchestras tule des Wayãpi*. Nanterre, Société d'Ethnologie.
- von Bekesy , G. (1960). *Experiments in Hearing*, New York: Wiley
- von Bekesy G. (1963). Hearing and complex sounds. *Journal of the Acoustical Society of America* 35, 588-601.
- Bert M. (2001). *Rencontre de langues et francisation : l'exemple du Pilat*. Thèse de doctorat, Université Lyon 2, Lyon.

- Bladon R.A.W. et Fant G (1978). A two-formant model and the cardinal vowels. *STL-QPSR*, 1-1, 1-12.
- Blauert J. (1997). *Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization*. Revised Edition. Cambridge, MA: MIT Press.
- Boilès-Lafayette C. (1973). Les chants instrumentaux des Tepehuas, un exemple de transmission musicale de signification. In *Musique en jeu* 12, 81-99.
- Boothroyd A. (1968). Statistical theory of the speech discrimination score. *Journal of the Acoustical Society of America*, 43, 362-367.
- Boothroyd A. (1978). Speech perception and sensoryneural hearing loss. In *Audition management of Hearing impaired Children*. M. Ross and T.G. Giolas Ed. University Park, Baltimore.
- Borden, G.J. & Harris, K.S. (1980) *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics and Perception of Speech*, Baltimore: Williams and Wilkins
- Bosman A. J. (1989). *Speech perception by the hearing impaired*. Doctoral thesis (University of Utrecht, Utrecht, hje Netherlands).
- Botte M. C. (1989). Perception de l'intensité sonore. In M. C. Botte, G. Canevet, L. Demany, C. Sorin. *Psychoacoustique et perception auditive*. Paris Inserm. Editions médicales internationales, 13-41.
- Bregman A. S. (1990). *Auditory scene analysis. The perceptual organization of sound..* Cambridge, Mass, MIT Press.
- Bregman A.S. et Campbell J.(1971). Primary auditory stream segregation and perception of order in rapid sequences of tones. *Journal of Experimental Psychology*, 89, 244-249.
- Bregman A. S. et Pinker S. (1978). Auditory streaming and the building of timbre. *Canadian Journal of Psychology*, 32, 19-31
- Bronkhorst A. W.(2000).The cocktail party phenomenon: a review of research on speech intelligibility in multiple talker conditions. *Acustica*, 86, 117-128
- Bronkhorst A. W., Bosman A. J., Smoorenburg G.F. (1993). A model for context effects in speech recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 499-509.
- Brunet J. (1972). *Laos, Musique du Nord*. Collection Musiques du monde. Galloway records GB 600531
- Brusis T. (1973). Über die phonetische structur der Pfeifsprache "Silbo Gomero" dargestellt an sonographischen Untersuchungen. *Zeitschrift für Laryngologie*, 52, 292-300.
- Busnel R. G. (1964). *Documents sur une langue sifflée pyrénéenne*.SFRS. Paris
- Busnel R. G. (1966). Information in the human whistled languages and sea mammal whistling. In K.S. Norris (Ed.), *Whales, Dolphins and porpoises*. Berkely and Los Angeles: University of California Press, 544-565.
- Busnel R.G. (1967). *Documents sur une langue sifflée turque*. SFRS, Paris
- Busnel R.G. (1970). Recherches expérimentales sur la langue sifflée de Kusköy. *Revue de Phonétique Appliquée* 14/15: 41-57.
- Busnel R-G (1974a). Bio-acoustique de la langue sifflée mazathèque. *Revue*

d'acoustique, 29, 94-100.

- Busnel R.G (1974b). L'intelligibilité et certaines données psychophysiques sous-estimées. *Proceedings of the 8th International Congress on Acoustics*, London, 123-148.
- Busnel R. G. Et Classe A. (1976). *Whistled Languages*. Springer-Verlag. Berlin.
- Busnel R.G. et Siegfried J.R.(1990). *Parole, Langages et Langues sifflées*. SFRS, Paris
- Busnel R.G, Moles A. and Vallencien B.. (1962a). Sur l'aspect phonétique d'une langue sifflée dans les Pyrénées françaises. *Proceedings of the International Congress of Phonetical Science*, Helsinki. The Hage : Mouton, 533-546.
- Busnel R.G, Moles A. et Gibert M. (1962b). Un cas de langue sifflée dans les pyrénées françaises. *Logos*, 5, 76-91.
- Busnel, R.G., Alcuri G., Gautheron B., Rialland A.(1989). Sur quelques aspects physiques de la langue à ton sifflée du peuple H'mong. *Cahiers de l'Asie du Sud-Est*, 26, 39-52.
- Calliope. (1989). *La parole et son traitement automatique*. Masson, Paris
- Canevet G.(1989). Audition binaurale et localisation auditive. In M. C. Botte, G. Canevet, L. Demany, C. Sorin. *Psychoacoustique et perception auditive*. Paris Inserm. Editions médicales internationales, 83-122.
- Campbell G.A. (1910). *Telephonic Intelligibility*. Phil. Mag. Janvier
- Carlson R., Fant, G. et Granström B. (1975). Two formant models, pitch and vowel perception. In Fant, G. and Taham, M.A.A. (Eds), *Auditory analysis and Perception of Speech*, academic Press, London, 55-62.
- Carlson R. , Granström B. et Fant, G. (1970). Some studies concerning perception of isolated vowels, STL-QPSR 2-3/1970, 19-35.
- Carlyon R.P.(1991). Discriminating between coherent and incoherent frequency modulation of complex tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89, 329-340.
- Carreiras M., Lopez J., Rivero F., Corina D. (2005). Linguistic perception : neural processing of a whistled language. *Nature*, 433, 31-32
- Carrington J. F. (1949). *The talking drums of Africa*. The Carey Kingstate press. London.
- Cartier M. (1989). Evaluation de la qualité de la parole codée et synthétisée. In *La parole et son traitement automatique* , Calliope (Ed) ; Masson, Paris
- Chaix R., Austerlitz F., Khegay T., Jacquesson S., Hammer M.F., Heyer E., Quintana-Murci L. (2004). *The genetic or mythical ancestry of descent groups: lessons from the Y chromosome*. *Am J Hum Genet*, 15, 6., 1113-1116.
- Charalambakis C.(1994). A case of whistled speech from Greece, *Current Theoryin linguistics*, 117, 389-396.
- Chavasse P. (1962). La notion d'intelligibilité. *L'audioprothésiste français*. 3.
- Cherry E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 98, 785-797
- Cherry E. L. (1953). Some Experiments on the recognition of speech, with one and with

- two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 925-979.
- Chistovitch, L.A. (1985). Central auditory processing of peripheral vowel spectra. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77, 789-805.
- Chistovitch, L.A. and Lublinskaja, V.V. (1979) The center of gravity effect in vowel spectra and critical distance between the formants: psychoacoustical study of the perception of vowel like stimuli. *Hearing research*, 1, 185-195.
- Chistovitch, L.A. Sheikin, R.L. and Lublinskaja, V.V.(1979). Centres of gravity and spectral peaks as the determinants of vowel quality. In *frontiers of speech communication research* (ed. Lindblom and S. Öhman). Academic Press, New York, 143-157.
- Chowning J.M. (2000). Digital sound synthesis, acoustics and perception: a rich intersection. *Proceedings of the COST G-6 Conference ont Digital Audio Effects*, Italy, Verona, p.1-6.
- Classe A. (1956). Phonetics of the Silbo Gomero. *Archivum linguisticum*, 9, 44-61.
- Classe A. (1957). The whistled langage of La Gomera, *Scientific American*, 196, 111-124
- Classe A. (1963). Les langues sifflées, squelettes informatifs du langage. In A.A. Moles A. et B. Vallancien (eds.) *Communications et langages*. Gauthier-Villars, Paris, 129-139.
- Cloarrec-Heiss (1997) Langue naturelle, langage tambouriné: un encodage économique (banda lida de Centrafrique). In *Diversité des langues et représentations cognitives*, 136-149
- Cowan G. (1948). Mazateco whistle speech. *Language* 24, 280-286.
- Cowan G. (1976). Whistled Tepehua. In Sebeok T. and Umiker-Sebeok D.J. (Eds). *Speech surrogates: drum and whistle systems*, Mouton, Paris, 1400-1409
- Darwin C. J. (1976). The perception of Speech. In *Handbook of Perception* (Vol. VII), EC Carterette, M. Friedman (Eds); Academic Press, 175-226.
- Darwin C.J. (1981). Perceptual grouping of speech components differing in fundamental frequency and onset time. *QJ Experimental Psychology*.33 A, 185-207.
- Darwin C.J. (1984) Perceiving vowels in the presence of another sound: constraints on formant perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 76, 1636-1647.
- Darwin C.J. et Sandell G.J.(1995) Absence of effect of coherent frequency modulation on grouping a mistuned harmonic with a vowel. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 3135-3138.
- Darwin C.J., Ciocca V. et Sandell G.R (1994). Effects of frequency and amplitude modulation on the pitch of a complex tone with a mistuned harmonic. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 2631-2636.
- Deacon A.B.(1976) Malekula. .In Sebeok T. and Umiker-Sebeok D.J. (Eds). *Speech surrogates: drum and whistle systems*, Mouton, Paris, 1199-1223.
- Demany (1989) La perception de la hauteur tonale. In M. C. Botte, G. Canevet, L. Demany, C. Sorin. *Psychoacoustique et perception auditive*. Paris Inserm Editions médicales internationales: 43-81.

-
- Demolin, D. & Hombert, J.M. (1999). The phonetics of the origin and evolution of speech, *Special issue of Evolution of Human Communication*, 3.
- Descola P.(2003). *Les lances du crepuscule, relation Haute Amazonie*. Collection Terres Humaines. Plon. Paris.
- Deutsch D. (1982). Grouping mechanism in music. In D. Deutsch, ed., *The psychology of music*, Academic Press, New York, 99-134
- Diara (2002) *Oerzar: Life cycle of Zaqnyiq peoples, animals and plants. Akha archaic text manual*, 1.MPCD-SEAMP, Chiang mai, Thailand.
- Dimou A.L., Dommergues J.Y.(2004) L'harmonie entre parole chantée et parole lue: comparaison des durées syllabiques dans un chant traditionnel grec. In. *Proceedings of Journées d'Etudes de la Parole*, 177-180
- Dodane, C. (2003). *La langue en harmonie, influences de la formation musicale sur l'apprentissage précoce d'une langue étrangère*. Thèse d'Etat.. Université de Besançon.
- Dorian N. (1977). Investigating Obsolescence. Studies in Language Contraction and Death. Cambridge, Cambridge University Press.
- Dorman M. F., Cutting J. , Raphael L. J. (1975). Perception of temporal order in vowel sequences with and without formant transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perceptive Performances* 2:121-129
- Dreher J.J. et O'Neill J.J.(1957). Effects of ambient noise on speaker intelligibility for words and phrases. *Journal of the Acoustical Society of America* 29, 12, 1320-1323.
- Dugast I.(1976) Le langage tambouriné ou sifflé chez les Banen. In Sebeok T. & Umiker-Sebeok D.J. (Ed). *Speech surrogates: drum and whistle systems*. La Haye and Paris, Mouton, 708-741
- Eboué F. (1935). La clef musicale des langages tambourines et sifflés. *Bulletin du Comité d'étude historiques et scientifiques de l'Afrique occidentale française*, 18, 353-360.
- Encyclopedia Universalis (2002). *Base de donnée universalis en ligne* : <http://www.universalis-edu.com>.
- Esling, J.H., Clayards, J., Edmondson, J.A., Fuyuan, Q., Harris, J.G. (1998). Quantification of pharyngeal articulations using measurements from laryngoscopic images, In *ICSLP-1998*, paper 0618.
- Essien A.J. (2000) *Contribution à la recherche sur la perception des tons du yoruba : évidences expérimentales à partir des tambours, des signaux de la parole et de la synthèse*. Thèse de Doctorat non publiée Université Paris III.
- Everett D.L. (1986). Pirahã. In *Hand book of Amazonian Languages I*. Edited by D. Derbyshire and G. Pullum. The Hague: Mouton de Gruyter, 200-226.
- Fant G. (1970). *Acoustic theory of vowel production*. Mouton, s'Gravenhage/The Netherlands.
- Fletcher H. et Steinberg J-C. (1929) Articulation testing methods. *BSTJ*, 8, : 806-853
- Fletcher, H. & Munson, W.A. (1933) Loudness, its definition, measurement and calculation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 5, 82-108.

- Fonagy Y. et Madgics K. (1963). Emotional patterns in intonation and music. In *Zeitschrift für Phonetik, Sprachwissenschaft und Kommunikationsforschung*, 16(1-3), 293-326.
- Fournel T. (2002) *Polyphonies Ari*. Collection Ocora/Radio France. Paris
- French et Steinberg J-C. (1947) Factors governing speech intelligibility. *Journal of the Acoustical Society of America*, 19, 90-119
- Gardner M.B. (1969) Distance estimation of 0° or apparent 0° oriented speech signals in anechoic space. *Journal of the Acoustical Society of America*, 46, 47-53.
- Gay T. (1978). Effect of speaking rate on vowel formant movements. *Journal of the Acoustical Society of America*. 63, 223-230.
- Germain J. (1984). *Peuples de la forêt de Guinée*, Académie des sciences d'Outre-mer.
- Glatke, T.J. (1973). Elements of auditory physiology, In F.D. Minifie, T.J. Hixon & F. Williams (eds.) *Normal Aspects of Speech, Hearing and Language*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall
- Gold B. Morgan N. (2000). *Speech and audio signal processing*. Wiley. New York
- Golston, C. et Wolfgang, K. (1998). Mazatec onsets and nuclei. *International journal of American linguistics*. 64, p. 311-317.
- Green, D.M. (1985) Temporal factors in psychoacoustics, In A. Michelsen (ed) *Time Resolution in Auditory Systems*, Springer-Verlag, Berlin, 122-140
- Grinevald Craig C. (1997). Language Contact and Language Degeneration. In Florian Coulmas ed. *Handbook of sociolinguistics*, Oxford, Blackwell, 257-270
- Grinevald C. (2001). Encounters at the brink : linguistic field work among speakers of endangered languages. In *lectures on endangered languages 2, Kyoto ELPR*, 285313.
- Grinevald C. (2004). Speakers and documentation of endangered languages.
- Hagège C. et Haudricourt A. (1978). *La phonologie panchronique*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Haggard, M (1985) "Temporal patterning in speech: The implications of temporal resolution and signal-processing", In A. Michelsen (ed) *Time Resolution in Auditory Systems*, Springer-Verlag, Berlin, 215-237
- Hanley T.D. and Steer J. (1949). *Journal of speech and Hearing disorders*. 14, 363-368.
- Harris, J.D. (1963). Loudness discrimination, *Journal .Speech Hearing Disorders Mon. Suppl.* 11, 1-63
- Harris, J.D. (1952). The decline of pitch discrimination with time. *Journal of Experimental Psychology*, 43, 96-99.
- Hartmann W. M., McAdams S., Gerzso A., Boulez P., (1986). Discrimination of spectral density. *Journal of the Acoustical Society of America*, 79: 1915-1925.
- Hasler J. A. (1960) El lenguaje silbado. In Sebeok T. and Umiker-Sebeok D.J. (Eds), (1976) *Speech surrogates: drum and whistle systems*, Mouton, Paris, 1412-1425
- Hombert J.M. Ohala J.J., Ewan W.G.(1979). Phonetic explanations for the development of tones, *Language* 55, 37-58.
- Hombert, J.M.& Maddieson , Y. (1998). A linguistic approach to language recognition.

- UCLA working papers in phonetics*, 96, 106-118.
- Hubbard B. B. (1996) *Ondes et ondelettes, la saga d'un outil mathématique*. Ed. Pour la science. Belin.
- Huggins A.W.F. (1975) Temporally segmented speech. *Perception Psychophysics* 18, 149-157
- Huttar G. (1996) sum. Whistled speech. *Linguist List* 7.1166, Sun Aug 18 1996: Internet.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (1999). La gente de nuestra lengua. El grupo etnolingüístico chjota étna (mazatecos). INI (Ed.) Configuraciones étnicas en Oaxaca perspectivas etnográficas para las autonomías, 19-23.
- Jakobson R. (1931). Die Betonung und ihre Rolle in der Wort- und Syntagmaphonologie. *Travaux du cercle linguistique de Prague* IV, reprinted in Selected Writings I. The Hague Mouton and co, 115-136.
- Johansson A.T. (2004). *Parametric modeling of cetacean calls*. PhD Thesis. University of Southampton, 2004.
- Junzo K. (1998). *La voix, étude d'ethno-linguistique comparative*. Ed. EHESS, Paris.
- Kersalé P. (1997) *Musique et chants des Hmong*. Collections peuples/VDE-Gallo.
- Klatt & Stefanski (1974). How does a mynah bird imitate human speech? *Journal of the Acoustical Society of America*, 55, 822-832.
- Koch R., and Piper H.M. (1979). Time segmentation in central analysis of complex signals, in Creutzfeldt et al, 1979, 128-132.
- Krauss, Michael E. 1975. St. Lawrence Island Eskimo Phonology and Orthography. *Linguistics* 152, 39-72.
- Labouret H. (1923) Langage tambouriné et sifflé. *Bulletin du comité d'études historiques et scientifiques de l'Afrique Occidentale Française*, 6, 120-158.
- Ladefoged P. et Maddieson I. (1996). *The sounds of the World's Languages*. Blackwell publisher. Oxford.
- Lajard M.(1891). Le langage sifflé des canaries. *Bulletin de la société d'Anthropologie*, Paris, 469-483.
- Laoye H. H. (1976) Yoruba drums. In Sebeok T. & Umiker-Sebeok D.J. (Eds). *Speech surrogates: drum and whistle systems*. La Haye and Paris, Mouton, 705-707.
- Lass, R. (1984) *Phonology : an introduction to basic concepts*. Cambridge University Press, Cambridge, 75-147.
- Lehiste I. (1970). *Suprasegmentals*. MIT Press. Cambridge
- LePage, E.L. (1987). A spatial template for the shape of tuning curves in the mammalian cochlea *Journal of the Acoustical Society of America*, 82, 155-164
- Leroy C. (1970). Étude de phonétique comparative de la langue turque sifflée et parlée. *Revue de Phonétique Appliquée* 14/15, 119-161.
- Lieberman P.(1975). *On the origins of language, an introduction to the evolution of human speech*. Macmillan Publishing, New York.
- Lindblom B. (1963). Spectrographic study of vowel reduction. *Journal of the Acoustical Society of America* 35, 1773-1781.

- Maddieson, Ian. (1972). Tone system typology and distinctive features. Proceedings of the 7th International Congress of the Phonetic Science, ed. A. Rigault, R. Charbonneau. The Hague: Mouton. 957-61
- Mannell, R.H. (1994). The perceptual and auditory implications of parametric scaling in synthetic speech, Ph D Dissertation, Macquarie University: Sydney.
- Mathevon N., Aubin T., Dabelsteen T., Vieillard J.M.E.(2004). Are communication activities shaped by environmental constraints in reverberating and absorbing habitats?. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76, 259-263.
- Marin C.M.H. et McAdams S.(1991). Segregation of concurrent sounds II, Effect of spectral envelope tracing, frequency modulation coherence, and frequency modulation width. *Journal of the Acoustical Society of Acoustical*. 89, 341-351.
- Marler P. (1955). Characteristics of some animal calls. *Nature*, 176, 6-8.
- McAdams S.(1984). *Spectral fusion, spectral parsing and the formation of auditory images*, unpublished Ph.D. dissertation, Stanford University.
- Meyer J. (2004). Bioacoustics of human whistled languages: an alternative approach to the cognitive processes of language. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76, 2, 406-412.
- Meyer J. (2005). Whistled speech: a natural phonetic description of languages adapted to human perception and to the natural environment. *Proceedings of Interspeech 2005*, Lisboa, 49-52.
- Meyer J. & Gautheron B. (2005). Whistled speech and whistled languages. In *Encyclopedia of Language and Linguistics 2nd Edition*. Elsevier.
- Miller G. A., Heise G. A., Lichten W. (1951). The intelligibility of speech as a function of the context of the test materials. *Journal of Experimental Psychology*, 41: 329-335.
- Miller J.D. (1989) Auditory perceptual interpretation of the vowel. *Journal of the Acoustical Society of Acoustical*. 85, 2114-2133.
- Moles A. (1970). Etude sociolinguistique de la langue sifflée de Kuskoy. *Revue de Phonétique Appliquée*, 14/15, 78-118.
- Moore D. (1998). Tonal system of the Gavião Language of Rondônia, Brazil, in Tupian Perspective. *Proceedings of cross-linguistic studies of Tonal Phenomena, ILCAA*. Tokyo.
- Moore, B.C.J. & Glasberg, B.R. (1983) Suggested formulae for calculating auditory filter bandwidths and excitation patterns, pp. 957-61 74, 750-753
- Moreau M. L. (1997). La communication sifflée chez les Diola (Casamance Sénégal). *DiversCité Langues*, 2, édition internet : <http://www.uquebec.ca/diverscite>.
- Moser et Dreher J.J. (1955) Effects of training on listeners in Intelligibility Studies. *Journal of the Acoustical Society of America*, 27: 1213-1219
- Moser et Dreher J.J. (1955) Phonemic confusion vectors. *Journal of the Acoustical Society of America*, 27: 874-880
- Nedzelnitsky, V. (1980) Sound pressures in the basal turn of the cat cochlear. *Journal of the Acoustical Society of America*, 68, 1676-1689
- Nekitel O. M. (1992). A perceptual analysis of Abu/-Wam Whistled Speech. *The*

-
- language Game: papers in memory of Donald C. Laycock*. Ed. Tom Dutton, Malcom Ross, & Darrell Tryon, 299-311.
- Nettle D. et Romaine S. (1998). *Ces langues, ces voix qui s'effacent*. Autrement Frontières.
- Nketia J.H.K.(1976) Surrogate languages of Africa. Sebeok T. & Umiker-Sebeok D.J. (Eds). *Speech surrogates: drum and whistle systems*. La Haye and Paris, Mouton, 825-864.
- Nooteboom S. G., Brokx J. L., De Rooij J.J. (1978). Contribution of prosody to speech perception. In *Studies in the perception of language*. B. Flores d'Arcais ed., 75-108.
- Ohala J.J. (1991). The integration of phonetics and phonology. *12ème congrès International des Sciences Phonétiques*, Aix-en-Provence, France, 1/5, 2-16.
- Oppenheim A.V. (1969) Speech analysis-synthesis system based on homomorphic filtering, *Journal of the Acoustical Society of America*, 45, 458-465.
- Oppenheim A.V., and Lim J.S. (1981) "The importance of phase in signals, *Proceeding of IEEE* 69, 529-541.
- Oppenheim, A.V., Lim, J.S., Kopec, G. & Pohlig, S.C. (1979) Phase in speech and pictures, *Proceeding of IEEE, ICASSP 1979*, 632-637
- Padgham M. (2004) Reverberation and frequency attenuation in forests - implications for acoustic communication in animals. *Journal of the Acoustical Society of America*. 115, 1, 402-410.
- Patel A.D., Peretz I., Tramo M., Labreque R. (1998) Processing prosodic and musical patterns: a neuropsychological investigation. *Brain and language* 61, pp 123-144
- Patel, A.D., Iversen, J.R., & Rosenberg, J.C. (2004). Comparing rhythm and melody in speech and music: The case of English and French. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116:2645
- Patterson, R.D. (1976) Auditory filter shapes derived with noise stimuli, *Journal of the Acoustical Society of America*, 59, 640-654
- Pedersen O.J., Lyregaard P.E., Poulsen T.E. (1977). The round robin test on evaluation of loudness level of impulse noise (report 22). Copenhagen, Technical University of Denmark, Acoustic Laboratory.
- Peretz I., Gagnon L., Hébert S., Macoir J. (2004). Singing in the brain : Insights from Cognitive Neuropsychology. *Music Perception*, 21, 3, 373-390.
- Peterson, K. E. et Barney H. I. (1952). Control methods used in the study of the vowels. *Journal of the Acoustical Society of Acoustical*. 36, 89-97.
- Picard F. (1991) Chine: le xiao, ou souffle sonorisé. Cahier de musiques traditionnelles. *Atelier d'ethnomusicologie Genève*:17-26.
- Pike K. L. (1948) *Tone Languages*. University of Michigan.
- Pike K. L. (1954, 1955 et 1960). Language in relation to a unified theory of the structure of human behavior, Parts I, II, III. Glendale, California: Summer Institute of Linguistics. 2nd Ed. The Hague: Mouton & co, 1967.
- Pike K. L. (1970) The role of nuclei of feet in the analysis of tone in Tibeto-Burman Languages of Nepal. Prosodic Feature Analysis, P. R. Léon, G. Faure and A. Rigault

eds.

- Pike K. L. (1970). The role of nuclei of feet in the analysis of tone in Tibeto-Burman Languages of Nepal. *Prosodic Feature Analysis*, P. R. Léon, G. Faure and A. Rigault eds. pages
- Pike, K. L. (1945). *The intonation of American English*. Ann Arbor, Michigna: University of Michigan Press.
- Pike, K.L. et Pike, E. (1947). Immediate constituents of Mazatec syllables. *IJAL* 13, 78-91.
- Plomp R.(1965). Detectability Threshold for combination tones. *Journal of the Acoustical Society of America* 37: 1110-1123.
- Plomp R. (1967). Pitch of complex tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, 41,1526-1533
- Plomp R. (1975). Auditory analysis and timbre perception. In Fant, G. and Taham, M.A.A. (Eds), *Auditory analysis and Perception of Speech*, academic Press, London, 7-22.
- Potter, R.K. and Steinberg J.C.(1950). Toward the specification of speech, *Journal of the Acoustical Society of Acoustical*, 807-820
- Ramus, F. (1999). *Rythme des langues et acquisition du langage*. Thèse d'état. EHES
- Rialland A. (2003) A New Perspective on Silbo Gomero, dans Solé M.J., Recasens D. & Romero J., édés., *Proceedings of the 15th ICPHS conference*, Barcelona, 2131-2134.
- Risset J. C. (1968). Sur certains aspects fonctionnels de l'audition, *Annales des Télécommunications*, 23, 91-120.
- Risset J. C. (1994) Quelques aspects du timbre dans la musique contemporaine. In A. Zenatti Ed. *Psychologie de la musique* PUF. Paris. 87-114.
- Risset (2000). Perception of musical sound: simulacra and illusions. In Tsumotu Nakada (ed.), *Integrated Human Brain Science: Theory, Method, Application* (Music), Elsevier, 279-289.
- Ritzenthaler R.E. et Peterson F.A. (1954) Courtship Whistling of the Mexican Kickapoo Indians. *American Anthropologist*. 56:1088-1089.
- Rosner B. S. & Pickering L. B. (1994). *Vowel Perception and Production*. Oxford science publications. Oxford.
- Sapir E. (1921) *Language. Introduction to the study of speech*. Ed. Harcourt Inc.
- Savin H. et Bever T.G. (1970) The non perceptual reality of the phoneme. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*. 3, 295-302
- Schneider M.(1976). Zur trommelsprache der duala. In Sebeok T. & Umiker-Sebeok D.J. (Eds). *Speech surrogates: drum and whistle systems*. La Haye and Paris, Mouton, 669-678
- Sebeok T. & Umiker-Sebeok D.J. (1976). *Speech surrogates: drum and whistle systems*. La Haye and Paris, Mouton
- Segui J. (1989). L'accès au lexique : données expérimentales et modèles. In *La parole et son traitement automatique*. Callioppe (Ed.). Masson, Paris, 215-231.
- Shannon C. E. (1951). Prediction and entropy of printed english. *The Bell System*

Technical Journal, 30 , 50-64

- Shannon C.E.(1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- Shannon R.V., Zeng F.G., Kamath V., Wygonsky J., Ekelid M.(1995). Speech recognition with primarily temporal cues. *Science* 270, 303- 304.
- Shepard R.N. (1968) Approximation to uniform gradients of generalization by monotone transformation of scale. In D. I. Moskowsky (Ed.) *Stimulus generalization*. Stanford University press, Stanford, 343-390.
- Silverman D. Pitch discrimination during breathy versus modal phonation. In. Local J., Ogden R. and Temple R. Ed. *Phonetic interpretation papers in Laboratory Phonology*, VI, Cambridge University press, Cambridge, 293-321.
- Sorin C. (1989) Perception de la parole continue. In M. C. Botte, G. Canevet, L. Demany, C. Sorin. *Psychoacoustique et perception auditive*. Paris Inserm Editions médicales internationales: 123-139.
- Stern T. (1957). Drum and whistle languages: an analysis of speech surrogates. *American Anthropologist* 59, 487-506.
- Stevens K. N. (1998) *Acoustic Phonetics* MIT Press. Cambridge
- Stevens K. N., House A. S., (1963). Perturbation of vowel articulations by consonantal context: an acoustic study. *Journal of Speech and Hearing Res.* 6: 111-128.
- Stevens S.S. et Davis H.(1938). *Hearing: its psychology and physiology*. Wiley, New York.
- Taylor W. L. (1953). Close procedure: a new tool of measuring readability. *Journalism Q.* 30: 415-433.
- Tisseyre A.(1998), Moulinier A, Rouard Y., (1998) Intelligibility in various rooms : comparing its assessment by (RA)STI measurement with a direct measurement procedure. *Applied Acoustics*, 53, 1-3, 179-191
- Thierry E. (2002). *Les langages sifflés*. Mémoire de DEA Philologie et linguistique. EPHE.
- Trujillo R.(1978). *El Silbo Gomero: analisis linguistico*. Ed. I. Canaria-I. Andres Bello, Tenerife.
- Unesco (2003). *Language Vitality and Endangerement*. Unesco Intangible Cultural Heritage Unit's Ad Hoc Expert Group on Endangered Languages. Unesco. Paris.
- Van Norden, L.P.A.S. (1975). *Temporal coherence in the perception of tone sequences*. Ph.D Thesis, Eindhoven University of Psychology, Eindhoven.
- Van Tassel D.J., Soli S.D., Kirby V.M., WidinG.P. (1987). Speech waveform envelope cues for consonant recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82, 1152-1161.
- Verfaillie V. (2003) *Effets audionumériques adaptatifs : théorie, mise en œuvre et usage en création musicale numérique*. Thèse de doctorat. Université Aix-Marseille II.
- Voorhis P.H. (1971) Notes on the Kickapoo whistle speech. *International Journal of American Linguistics*, 37/4.
- Warren R. M. (1970). Restoration of missing speech sounds. *Science*, 167, 392-393.

- Warren R. M. & Warren R. P. (1970). Auditory illusions and confusions. *Scientific American*, 223, 30-36
- Wedekind K. (1981). A Six-Tone language in Ethiopia: Tonal Analysis of Benc#4non4. *Journal of Ethiopian studies*, April 1981, 129-156.
- Wessell D.L.(1979). Timbre space as a musical control structure. *Computer music journal*, 3,
- Wilken G. C. (1979) Whistle speech in Tlaxcala (Mexico), *Anthropos* 74, 881-888
- Wong P.C.M, Lee K.M., Parrish T.B.(2005).Neural Bases of Listening Speech in Noise. Proceedings of the Interspeech 2005 Conference, Lisboa, 1745-1748
- Xian-Ming Y. (2002) The talking musical instruments of the province of Yunnan. *Ethnomusicology research seminar*. London: Goldsmith University.
- Xirometis N. et Spyridis C. (1989) A whistling language in the village Antias in the greek island of Evia, *Glossologia* 7-8: 219-224
- Xirometis, N.& Spyridis H.C.(1994). An acoustical approach to the vowels of the village Antias in the Greek Island of Evia, *Acustica*, 5, 425-516.
- Yip M.(2002). *Tone*. Cambridge University Press. Cambridge
- Zemp H. (1996) *Les voix du monde, une anthologie des expressions vocales*. Collection Musée de l'homme. Chant du Monde/Harmonia Mundi.
- Zenatti A. (1994). *Psychologie de la musique*. PUF. Paris. 87-114.
- Zeng F.G, Nie K, Stickney G.S., Kong Y. Vongphoe M., Bhargave A., Wei C., Cao K. (2005) Speech recognition with amplitude and frequency modulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 7, 2293-2298.
- Zwicker, E. & Fastl, H. (1990). *Psychoacoustics: Facts and Models*, Springer-Verlag: Berlin
- Zwicker, E. (1982). *Psychoakustic*. Springer-Verlag: Berlin

Annexes

A. Méthodologie d'étude des langues sifflées

« La fin et les moyens sont liés comme l'arbre à la graine » Mohandas Gandhi

A.1. Introduction

Les langues sifflées ont un aspect physique spécifique et ont lieu dans des cadres écologiques et sociaux particuliers. Leur documentation puis leur analyse, si elles s'adaptent à ces réalités, ont de meilleures chances de rendre compte du phénomène. D'autre part, suivant les endroits où elles se pratiquent encore, le cadre de recherche est très différent. C'est que, outre l'histoire de la recherche linguistique qui est très inégale suivant les langues, de nombreux facteurs sociaux et politiques interviennent sur un tel fait culturel.

D'une manière générale, l'expérience directe du phénomène est nécessaire pour se rendre compte de la place réelle que tient la langue sifflée au quotidien dans une communauté villageoise ainsi que la valeur culturelle que lui attribuent les locuteurs. Dans le cadre de notre étude elle s'est révélée importante à la fois pour recueillir des témoignages localement, pour évaluer la vitalité des langues, pour comprendre la

diversité des techniques employées, pour nous familiariser avec la structure de la langue parlée locale et pour constituer une base de donnée récente d'enregistrements souvent adaptée aux expériences spécifiques que nous voulions mener en linguistique ou en acoustique. C'est pourquoi afin de faciliter ce travail, une méthodologie spécifique aux conditions de pratique actuelle des langues sifflées a été mise en place.

A.2. Enquête préliminaire

Notre enquête a permis de découvrir quelques langues sifflées inconnues du monde scientifique et de situer des langues signalées il y a plus de 30 ans et non documentées depuis. Elle s'est appuyée sur différents moyens d'information. Dans un premier temps nous avons analysé les facteurs favorisant le développement d'une langue sifflée à partir des conclusions des recherches précédentes sur le sujet. Ceci nous a permis de déterminer des zones géographiques où le sifflement articulé était le plus susceptible d'être utilisé. Lors de cette phase préliminaire, nous avons fait une analyse systématique de la bibliographie puis nous avons contacté les chercheurs -principalement des linguistes, des ethnomusicologues, des anthropologues ou des acousticiens- ayant étudié des langues des régions ciblées. Nous avons ensuite contacté les scientifiques ayant étudié les langues sifflées ou travaillant dans des populations où nous avons repéré la présence d'une langue sifflée.

A.3. Travail local

Méthodologie d'enquête de terrain

Pour l'enquête de terrain, nous avons décidé dans chaque pays visité de nous rendre dans une zone où nous étions sûr qu'une langue sifflée avait existé et dans une zone où il était possible d'en découvrir de nouvelles. Le choix de ces dernières zones a été principalement motivé par une recherche systématique dans les organismes de recherche et de promotion des cultures indigènes du pays (musées des traditions, centres de formations à la linguistique, département de recherche des Universités nationales, instituts de promotion de la biodiversité, centres culturels, organisations non gouvernementales) mais aussi par des rencontres fortuites faites lors du voyage. Sachant également que dans une même zone géographique, plusieurs populations parlant des langues différentes cohabitent, nous avons également visité tous les villages alentours à ceux utilisant la langue sifflée que nous étions venus étudier et documenter. D'autre part, de retour en France, nous avons mené une enquête auprès de nombreuses communautés immigrées.

Méthodologie d'enregistrement

Corpus

Les corpus réunis dépendaient de la langue. Nous sommes partis à la base avec un

corpus de 8 phrases à faire traduire dans chaque langue. Ensuite, nous avons décidé de faire siffler des numéros, l'alphabet quand il existait. Puis nous sommes allés, en général avec un siffleur complice dans des zones où il devait provoquer des dialogues.

La spécificité du travail sur une langue utilisée à distance

L'enregistrement des langues sifflées nécessite de prendre en compte leurs spécificités d'usage à distance. Plusieurs raisons motivent ce choix : il s'agit tout d'abord de documenter le phénomène tel qu'il est émis et tel qu'il est perçu par les siffleurs. Ainsi lorsque nous en avons eu la possibilité, nous avons enregistré simultanément la même phrase sifflée à quelques mètres du siffleur et à la distance de communication moyenne que son sifflement permettait d'atteindre. Sinon, nous avons constitué des corpus différents de sifflements à distance et de sifflement prêt de l'émetteur.

D'autre part, le fait de recréer une ambiance réelle semble très important pour permettre aux siffleurs de réaliser une bonne performance linguistique. Ceux ci ne sont pas habitués à se mettre en scène et le fait de simuler une communication en allant dans les endroits où elle a lieu spontanément a permis de réaliser des enregistrements en ayant à donner un minimum d'instructions aux siffleurs.

Dans de rares cas, nous avons pu enregistrer une conversation en sifflements sur le vif. Ce type de travail suppose ensuite plusieurs vérifications, si possible avec les locuteurs. Mais aujourd'hui, les occasions d'entendre de longues conversations en sifflements sont réduites, sans compter que leur capture sonore nécessite d'être prêt au bon moment au bon endroit. D'où la solution la plus souvent adoptée de recréer un cadre d'usage pour faire un enregistrement.

Enfin, les langues sifflées permettant de se parler dans des conditions extrêmes, il a été nécessaire de trouver des lieux permettant de recréer ces situations où l'écho², le bruit d'un torrent³ (expérience réalisée en Turquie). C'est l'expertise des siffleurs qui nous a guidés vers tel ou telle configuration géographique.

D'une manière générale, les siffleurs ne sont pas habitués à siffler sur commande. Dans tous les lieux, certains ont refusé de se prêter au jeu, le plus souvent, nous pensons, par timidité ou par modestie car nous étions en bons termes avec eux. Cette réaction assez commune peut être due au fait que la langue sifflée ne se pratique pas en général devant un étranger. Dans tous les cas la langue sifflée a un caractère secret intrinsèque à son acoustique. Et dans de nombreux cas elle est utilisée pour des usages sociaux particuliers et intimes à la vie personnelle: c'est le cas par exemple des dialogues amoureux des Akhas ou des Hmongs. Notre principal informateur grec nous a expliqués avoir lui aussi demandé sa femme en mariage en sifflant, car c'est plus esthétique et témoigne d'un plus grand effort.

Chez les Akhas par exemple, nous avons réussi à recréer le cadre d'une communication amoureuse en dehors du village mais le récepteur refusait de traduire les

² Expérience réalisée à la Gomera, à la rencontre de deux vallées

³ Expérience réalisée en Turquie, dans une vallée voisine du village de Kusköy

propos car il affirmait ne pas être séduit par la femme qui sifflait. Pourtant ce locuteur est un des plus habiles à la feuille et aux instruments parleur car il est reconnu comme un poète local.

Matériel d'enregistrement

Matériel	Détail
Minidisc	Sony
Microphones	Audio Technica AT822 (non directionel)
	Microphones faits de petites cellules discrètes
Bonnette anti vent fait main	

Conclusion : proposition de collaboration

Des l'analyse documentaire et le projet pilote, il nous est apparu que la démarche qui consiste à enregistrer la langue ou les traditions orales et musicales d'une culture ne peut se faire qu'avec la collaboration entière des dépositaires de ce savoir. Elle doit aussi se réaliser dans le respect scrupuleux des autorités nationales et locales. Le travail d'un chercheur ou d'un journaliste qui vient, réalise son travail de recherche ou son documentaire et disparaît pour faire carrière dans son pays sans rien produire en retour pour la communauté qui l'a accueilli est reconnu dans la plupart des cultures comme du vol de patrimoine.

Notre projet de travail local stipule donc la participation des autorités culturelles et éducatives locales car il vise à faciliter et promouvoir la documentation et l'éducation de leurs traditions orales, sous leur contrôle et avec leur participation. Voici le texte de la proposition que nous avons formulée lors d'un premier entretien dans chaque lieu, soit par écrit, soit par oral en fonction des exigences de nos interlocuteurs (villageois, chefs locaux, assemblées indigènes, universitaires pouvant nous renseigner sur un lieu ou nous introduire dans une communauté). Cette méthodologie a eu deux avantages : poser un cadre de travail commun montrant à nos interlocuteurs que nous étions en terrain connu et en même temps leur permettre de réaliser que nous n'étions pas potentiellement dangereux pour leurs activités.

Explication du projet aux autorités nationales et/ou locales (obtention de l'autorisation 1. si nécessaire)

En collaboration avec les personnes maîtrisant les traditions orales des langues 2. sifflées ou des musiques parlantes, nous réalisons dans un premier temps une enquête sur l'utilisation et la santé de chacune de ces formes de communication qui constituent une transcription sonore de la langue locale.

L'enquête porte sur les 9 points mis en exergue à l'occasion de la première réunion 3. du comité de l'Unesco sur les langues en danger le 12 mars 2003. Ces 9 points concernent principalement les domaines d'utilisation de la langue et ses modalités de

transmission intergénérationnelle.

- | | |
|---|-----|
| Présentation aux personnes locales d'autres traditions orales similaires issues d'autres cultures. | 4. |
| Participation aux activités qui impliquent l'usage de ces formes de langage avec l'autorisation et la collaboration des acteurs locaux. | 5. |
| Sessions d'enregistrement Audio et Vidéo (parfois, en fonction des rencontres avec des associations culturelles disposant d'une vidéo) dans les conditions naturelles d'usage. | 6. |
| Traduction assistée dans la langue parlée locale et dans la langue officielle du pays des messages enregistrés. Explication du conte ou du mythe s'il est l'objet du message. Récit de l'origine de l'instrument ou de la technique concernée. | 7. |
| Tests perceptifs audio avec des locuteurs de différents âges et différentes expertises dans ces traditions orales. | 8. |
| Recherche de jeunes intéressés pour poursuivre ce travail avec l'assistance du réseau international (jeunes professeurs, musiciens ou étudiants issus de la communauté). | 9. |
| Si les locuteurs le désirent, signature d'un document commun afin de spécifier que le doctorant ne fera pas un usage commercial des sons, des photos et des vidéos. Le doctorant s'engage aussi à faire parvenir une copie de ces documents à leur auteurs et à l'école locale (exemples de ces documents disponibles sur demande). | 10. |
| Rapport au département du patrimoine immatériel de l'Humanité de l'Unesco, accompagné parfois d'une demande de soutien d'un projet local initié à cette occasion (2 cas pour l'instant: l'un au Mexique et l'autre à Vanuatu ; deux autres en préparation : en Thaïlande et au Ghana). | 11. |
| Rapport informel de travail sur le site internet http://www.lemondessiffle.free.fr | 12. |
| De retour dans une ville ou chez quelqu'un ayant le matériel informatique adéquat : réalisation de copie, envoi des copies. | 13. |
| Retour au laboratoire : numérisation, comparaison acoustique, linguistique et musicale avec les sons des autres cultures.. | 14. |
| Rédaction de dossiers auprès des organismes et des fondations qui soutiennent la documentation et la mise en valeur du patrimoine oral mondial menacé d'extinction. En particulier Fond International pour la Promotion de la Culture (FIPC). | 15. |

A.4. Méthodologie d'analyse en laboratoire

Introduction

La deuxième phase de l'étude des langues sifflées, qui consiste en l'analyse sonore et leur interprétation en termes acoustiques et linguistiques nécessite également un certain nombre de précautions inhérentes aux limites de la technologie utilisée et au

positionnement scientifique de chacun des domaines concernés.

D'une manière générale, la démarche effectuée a été de réaliser dans un premier temps un classement acoustique et une analyse des régularités du signal (cf. partie bioacoustique et partie typologie), puis un traitement statistique a permis d'approfondir la réflexion et finalement une interprétation phonétique a été donnée en fonction de la correspondance avec la voix parlée sur la base des résultats précédents.

Techniques d'observation du signal des langues sifflées

La notation musicale

Les premiers observateurs des langues sifflées n'avaient pas à leur disposition les facilités technologiques permettant les enregistrements. Pour garder une trace du signal entendu, ils ont souvent adopté la notation musicale. Les limitations d'un tel système tiennent à trois facteurs principaux : tout d'abord la dextérité musicale de l'auditeur, d'autre part, le système employé est forcément culturellement marqué ce qui risque de faire perdre une certaine précision dans le repérage des intervalles rythmiques et tonals. Enfin, la notation classique musicale n'est pas tout à fait adaptée à la précision des glissandos caractéristiques des modulations sifflées. « *La hauteur y est tellement fixée qu'un compositeur comme Bartok a dû introduire un nouveau symbole musical pour représenter les effets de glissement que l'on trouve dans les mélodies populaires* » (Dodane 2003, p.42).

Quedenfeldt relate une expérience qui illustre la difficulté de reproduire fidèlement le sifflement de la Gomera en notation musicale. Il recruta des musiciens qui notèrent des phrases sifflées. Les notations musicales furent ensuite re-sifflées à d'autres siffleurs avec un taux de succès de 0%. Busnel et Classe (1976) reproduisirent l'expérience à partir des notations de Quedenfeldt : « *at first they did not realize that they were attempts at the Silbo and when they did, had a low opinion of them* » (Busnel et Classe, 1976, p.8) En comparant le spectrogramme et la notation musicale de la Figure 1, on observe que le musicien n'a transcrit que les voyelles. Il a omis le [o] de « hoy » car celle ci est incluse dans une diphtongue et donc dans une modulation.

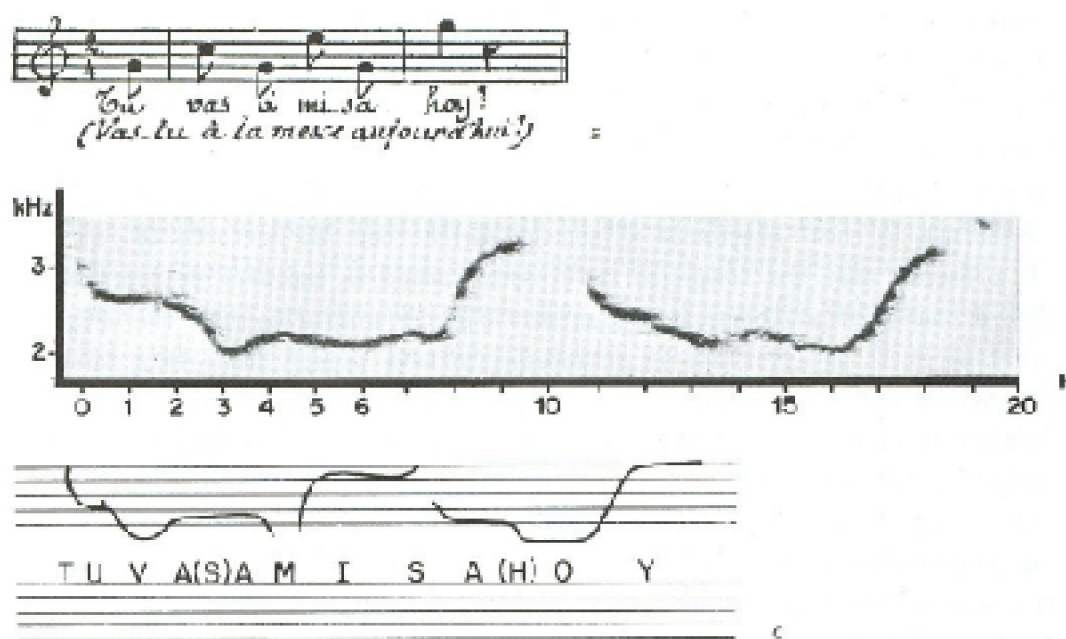


Figure 1 : Exemple de phrase demandée aux locaux par Quedenfeldt

(a) Notation musicale originale puis des représentations issues de sonagrammes réalisées par Busnel et Classe afin d'expliquer les limites de la notation musicale pour caractériser les modulations sifflées (Busnel et Classe 1976, p. 9).

Tout un ensemble d'éléments sont codés en termes de formes modulées en fréquence et en amplitude, « It follows that Quedenfeldt 's musicians could be expected to produce only notations of vowels "normalized" by being forced into the western musical scale with only the vaguest indications of consonants, if any. This would make the interpretation of their signals by whistlers not merely uncertain but practically impossible" (Busnel & Classe 1976, p.8). Les mêmes problèmes risquent d'être rencontrés pour des langues tonales utilisant des ton modulés. Les travaux répertoriés dans Sebeok et Umiker-Sebeok (1976) montrent que les modulations ne sont pas non plus reproduites en notations musicales. Au niveau rythmique, des considérations similaires sont en jeu.

Le spectrogramme

Dès les années 60 le spectrographe a permis aux scientifiques de visualiser les productions sonores de manière précise. Grâce à eux, un certain nombre d'observations nouvelles ont pu être produites dès les années 60, notamment sur les modulations intermédiaires entre les hauteurs fréquentielles des voyelles des langues non tonales. Cependant un certain nombre de précautions d'observation avec des spectrogrammes sont nécessaires, elles sont liées à la théorie mathématique sur laquelle ils reposent pour représenter le signal :

« La représentation visuelle sous la forme de sonagramme rend certainement de grands services, il visualise le signal et lui donne une forme préhensible. Toutefois, malgré les artifices des possibilités de filtrage (filtre étroit ou à large bande) il faut admettre une fois pour toutes, que l'image obtenue a des limites

dans sa définition acoustique, et qu'il ne faut pas attacher une extrême rigueur à la précision obtenue; enfin et surtout on doit avoir conscience que cet appareil est susceptible d'introduire des artéfacts » (Busnel 1970, p.50-51).

En effet, l'analyse de Fourier aide à résoudre des problèmes linéaires⁴. Les problèmes non linéaires sont difficiles à résoudre car une infime variation d'un paramètre peut bouleverser les conséquences sur le signal. Or de nombreux aspects de la production et de la perception des langues sont non linéaires. D'autre part, l'interprétation physique est difficile car les éléments d'analyse de Fourier sont des sinus et des cosinus qui oscillent éternellement. Une transformée de Fourier cache l'information sur le temps, elle n'est pas perdue mais elle est ensevelie sous les phases. L'analyse de Fourier à fenêtres permet de régler partiellement ce problème car il faut alors choisir la précision en terme de temps ou de fréquence, ce qui oblige à faire des compromis entre la précision spectrale et la précision temporelle. Une transformation à fenêtre étroite est précise en terme de temps mais n'est pas précise en terme de fréquences, surtout pour les plus grandes. Pourtant, comme le dit Gabor « *nos expériences quotidiennes –notamment nos sensations auditives –imposent une description en termes de temps et de fréquences* » (Gabor cité par Hubbard, 1996). Haggard rappelle que le découpage en temps et fréquence est motivé par une simplification explicative: "*We must remember ... that the contrast between time- and frequency-based structures is more a dichotomy of our explanatory framework than a dichotomy in the reality we seek to describe. Auditory events are spectrotemporal ...*" (Haggard, 1985, p. 215).

Au cours du traitement des données, nous avons eu besoin de caractériser le signal sifflé de manière fiable afin de pouvoir faire des calculs sur ses différentes dimensions: fréquence, amplitude, et durée. Nous avons remarqué que même s'il est possible de mesurer la fréquence à un instant donné par analyse spectrale à partir d'un oscillogramme, il est très difficile de suivre l'évolution précise en fréquence en fonction du temps. C'est pourquoi, nous avons cherché à développer des outils adaptés pour des mesures spectrotemporelles plus fiables que le spectrogramme.

Approche du signal par les ondelettes

Analyse par ondelettes

Les ondelettes sont une extension de l'analyse de Fourier. Elles permettent d'analyser un signal suivant une approche temps-fréquence plus robuste que l'analyse de Fourier. La transformation en ondelettes d'un signal compare une ondelette (un signal borné temporellement dont la forme est connue) aux divers morceaux d'un extrait sonore à analyser. Le produit d'un extrait du signal et de l'ondelette dont on connaît les caractéristiques donne une courbe. L'aire sous cette courbe est le coefficient d'ondelette dont l'analyse est la suivante: un extrait du signal qui ressemble à l'ondelette a un gros coefficient. Un extrait qui change plus lentement que l'ondelette donne un petit coefficient. Par conséquent, l'analyse par ondelettes permet de faire ressortir les variations du signal. Elle permet des analyses temps-fréquences qui sont particulièrement adaptées à

⁴ C'est à dire pour lesquels l'effet est proportionnel à la cause

l'analyse des changements rapides comme les transitions des consonnes sifflées.

Une première approche de ce type d'analyse a été effectuée. La conception de l'outil de traitement a été réalisée en collaboration avec Loïc Lemarrec.

Exemple de mesure pour regarder l'attaque du premier /t/ du mot /montañeta/ sifflé en espagnol.

Choix de l'ondelette : L'ondelette choisie est une ondelette de Morlet.

Règlage des paramètres de calcul en fonction des fréquences : Le calcul des coefficients d'ondelettes est amélioré par une bonne connaissance de certaines propriétés du signal. De plus, le choix du nombre de points de mesure, lié à l'échantillonnage est un facteur crucial.

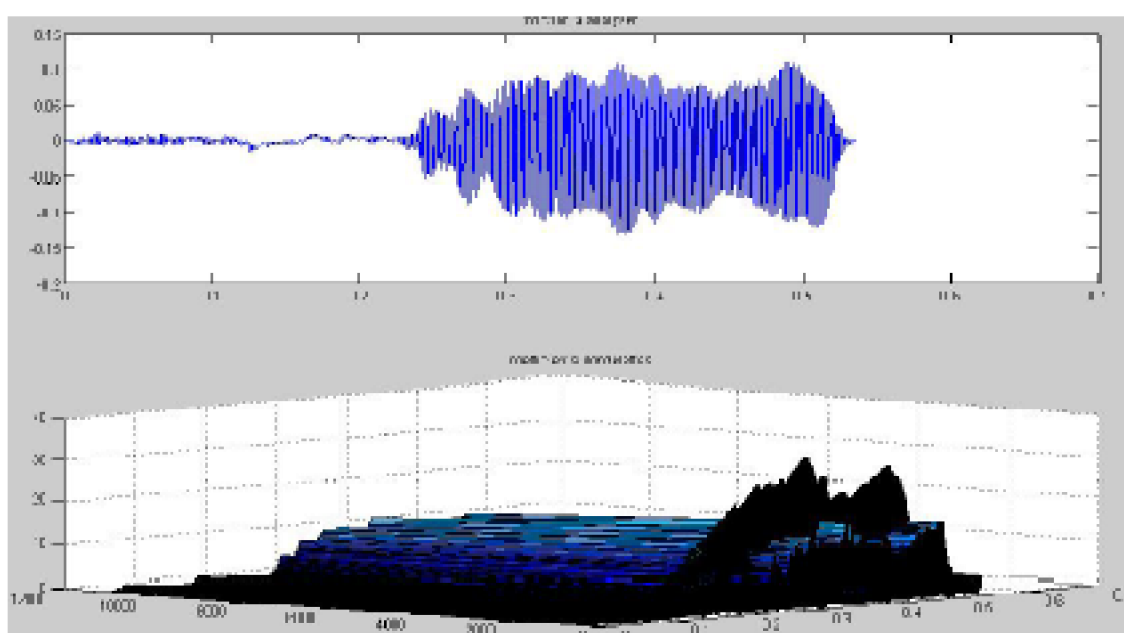


Figure 2 : Résultat préliminaire d'observation de l'attaque /ta/. Les fréquences vont de 0 à 12000 Hz, le temps de 0 à 0,7 s, les amplitudes sont en ordonnées.

Cet outil a été développé dans les derniers mois de la thèse et nous ne l'avons pas encore pleinement optimisé et exploité.

Développement d'un outil de modélisation paramétrique du sifflement

Principe

L'idée de base des techniques paramétriques est d'introduire dans l'algorithme d'analyse certaines propriétés du signal à détecter et caractériser. Par exemple les sifflements ont une bande de fréquence étroite, ce qui permet de fixer un des paramètres. En effet, la modélisation paramétrique « est un concept général de traitement du signal, lors duquel on applique au signal un modèle contrôlé par un petit nombre de paramètres.[...] Le modèle est progressivement adapté au signal en minimisant l'erreur de prédiction qui est

la différence entre le modèle prédictif et le signal. Un tel processus force l'information du signal dans le modèle »(Johansson 2004 p.10, traduction libre). Il est donc ensuite possible de récupérer les caractéristiques spectro-temporelles du modèle qui s'est conformé au signal.

Avantages

“The advantages of this method: high reliability and accuracy in frequency and amplitude estimation. A reasonably fast processing time”(com. pers. Johansson 2005). Les modèles paramétriques sont faciles d'usage ils ne sont pas très demandeurs en puissance de calcul.

Adaptation d'un outil de paramétrisation des sifflements des dauphins

Lors de son travail de doctorat, Johansson (2004) a mis au point un outil de paramétrisation des sifflements des dauphins. Nous avons donc collaboré avec lui pour l'adapter aux sifflements humains qui ont quelques caractéristiques différentes comme la largeur de la bande de fréquence. La technique mathématique qu'il a utilisée pour sa paramétrisation s'appuie sur un filtre à nœud adaptatif (Adaptative Notch Filter (ANF)).

Les sifflements humains ont nécessité la mise en place de certaines évolutions: la caractérisation de la deuxième harmonique (pour les feuilles sifflées) et la caractérisation de l'estimation mathématique de l'amplitude qui n'était pas extraite dans le programme des dauphins.

Exemple de résultat

Un exemple de résultat est présenté dans la partie sur la langue surui dans le corps du texte de la thèse (). Nous présentons ci-dessous les représentations graphiques obtenues à la fois avec un sonagramme et avec l'outil de paramétrisation.

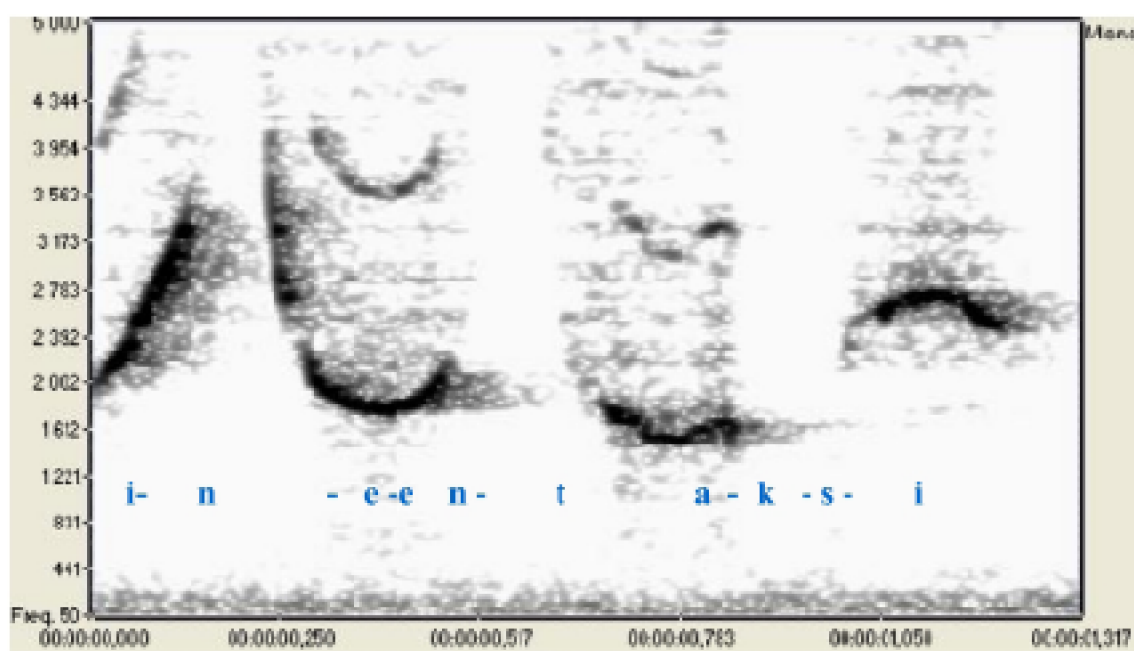


Figure 3 : Sonagramme de la phrase sifflée grecque : /ine entaksi/ (signifiant « d'accord »)

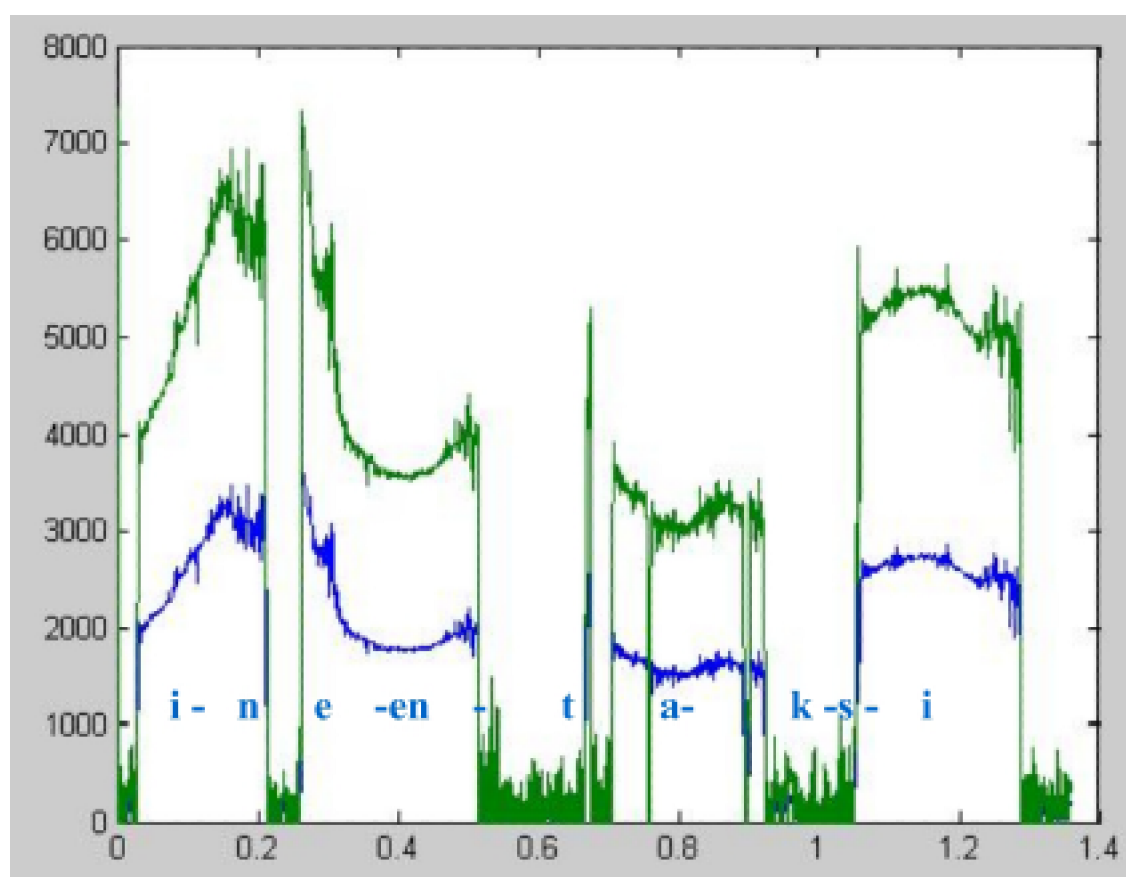


Figure 4 : Caractérisation par méthode paramétrique de la phrase sifflée grecque /ine entaksi/

Les deux représentations graphiques mettent en évidence des aspects parfois

différents de la phonétique du sifflement.

-Par exemple, le /n/ de /ine/ est présent sous une forme convexe suivie d'un silence Figure 4 alors qu'il n'est marqué que par une modulation vers les fréquences élevées et un silence sur le sonagramme Figure 3.

-de plus, la transitoire du /t/ est visible sur la Figure 4 alors qu'elle est absente du sonagramme Figure 3.

Perspectives

Les étapes que nous avons décrites ne sont que des étapes préliminaires d'une utilisation du logiciel développé. Un des objectifs du modèle est de permettre un calcul temporel précis afin de développer une analyse rythmique détaillée des sifflements humains. L'ensemble des analyses présentées dans les chapitres de cette thèse convergent vers l'intérêt d'une telle analyse.

A.5. Méthodologie d'approche phonétique

La méthode permettant d'identifier les éléments phonétiques et de réaliser une segmentation de la parole sifflée s'inspire des méthodes utilisées pour le langage. Mais en raison de la différence entre les deux types de signaux, les indices acoustiques sont parfois de nature différente. Les outils utilisés sont les mêmes que pour la parole : analyse spectrale, représentation sur sonagramme (logiciel SoundForge5, Logiciel CoolEdit, par exemple).

Segments vocaliques

Le fait que le sifflement réalise un découpage, presque syllabe par syllabe en reproduisant les liaisons et assimilations de la voix parlée de manière étalée dans le temps, principalement à travers les voyelles a grandement facilité notre travail. D'autre part, le fait que les voyelles soient sifflées de manière assez stable (aussi bien lorsque qu'elles transposent le ton que lorsqu'elles transposent le spectre vocalique) permet à la fois de les détecter facilement sur un spectrogramme et de calculer leur fréquence. L'évaluation des fréquences des segments vocaliques est plus fiable que celle d'évaluation des formants de la parole du fait de la largeur de la bande de fréquence d'une voyelle. Toutes les mesures statistiques que nous donnons ont été faites à partir de l'analyse spectrographique de voyelles stables. La valeur que nous avons retenu pour caractériser la fréquence de la voyelle est la fréquence du centre temporel de la partie stable. Les quelques voyelles réalisées par transition rapide entre deux consonnes n'ont pas été incluses dans nos calculs, nous avons tout de même vérifié qu'elles évoluaient dans le même ordre de grandeur que les voyelles stables.

Modulation de consonnes, de transitions tonales ou de contours de tons

Pour décrire les modulations des tons ou des consonnes, nous avons dans un premier temps fait des classements dans chaque langue par forme visuelle sur sonagramme

sachant que celles ci contiennent à la fois des informations temporelles et des informations spectrales. La description de la classification des modulations en fonction de chaque type de langue et en fonction de chaque langue est donnée dans la partie typologie. Pour les langues non tonales, les modulations des consonnes nous ont permis de cibler des lieux d'articulation. Pour les langues tonales, les contours de tons et les transitions entre deux registres ont été essentiellement décrits par leur forme et leurs fréquences initiales et finales. Le fait que le signal soit une sinusoïde presque pure nous a permis de détecter les changements de fréquence modulée. Cependant le changement de fréquence modulée n'est pas systématiquement lié à un événement phonétique.

Lorsque des considérations temporelles ont été avancées, les mesures ont été faites sur la base de l'oscillogramme de parole. Les indices temporels qui nous ont intéressés étaient portés par des modifications notables soit dans la forme fréquentielle (cassure, interruption, changement de direction et point d'inflexion) soit dans la courbe d'amplitude.

B. Positionnement des langues sifflées

B.1. Musique et langage

Langue et musique quelles frontières?

L'expression « langue musicale » discutée dans le corps du texte de la thèse soulève le problème des liens et des différences entre la musique et la langue. Il est difficile de tracer une frontière nette entre musique et langue à cause de leur convergence de forme sonore qui permet des enchevêtrements réciproques dans de nombreuses pratiques relativement communes (discours, poésie, voix chantée : opéra, chant grégorien...) ou plus rares aujourd'hui comme le montrent les langues sifflées ou le phénomène des musiques parlantes qui est encore vivant sous une forme traditionnelle principalement dans des zones rurales d'Asie, d'Amazonie, et d'Afrique.

Sémantique et musique

Le plus souvent il est reconnu que la différence majeure entre le langage et la musique tient à la sémantique. Mais même sur ce point là, la différence semble être une question de degré plutôt que de distinction nette. Les formes sonores linguistiques sont porteuses de sens d'une manière plus précise et plus conventionnelle que la musique mais cette dernière véhicule parfois des notions très concrètes en fonction du contexte culturel, même si l'on se limite au domaine de la musique occidentale tonale. Tout est alors une question de pratique et d'expérience de l'auditeur.

L'usage traditionnel des musiques parlantes qui survivent encore dans de nombreuses cultures isolées donne quant à lui un témoignage direct de l'imbrication de la musique et du langage dans une même pratique. De nombreux instruments de musiques

sont en effet utilisés à la fois pour parler et pour jouer des airs musicaux, parfois dans un même élan.

Dans le cas où la parole est jouée sur l'instrument, les possibilités de production sonores variées de l'instruments sont exploitées dans leur plus grande complexité pour reproduire des éléments phonétiques de la voix parlée. Les plus connues de ces pratiques concernent les tambours mais il n'est pas rare que soient utilisés des flûtes (Asie et Amazonie), des guimbardes (Asie), des orgues à bouches, des didgeridoo (Australie) et même des instruments à cordes comme le dum Akha, le violon Tepehua (Boillès-Lafayette 1973) ou l'arc en bouche (encore très répandu en Afrique et dans certaines populations d'Amazonie comme chez les Gaviaõ)⁵. La plupart du temps, il ne s'agit pas d'engager un dialogue comme dans le cas des langues sifflées, l'objectif principal est d'exprimer son sentiment sur un événement fort de la vie, de rappeler le point de vue de la tradition orale en la récitant, de mettre en scène les acteurs de l'action ou d'organiser un rituel. C'est pourquoi ces modes d'élocution jouent un rôle important dans la transmission de la tradition orale. Ils interviennent en particulier dans la poésie locale qui s'exprime lors des fêtes, lors des demandes en mariage, lors des décès ou lors de la visite d'un étranger. La manière codifiée de l'expression permet de poser un cadre à un événement donné. Nous avons eu la chance de rencontrer ces productions dont nous ne soupçonnions pas l'existence dans certains lieux. Les témoignages recueillis convergent tous vers le même type de pratique: le locuteur musicien alterne moments de parole et moments d'improvisations musicales. Les phrases de paroles ou les phrases musicales parfois répétées.

A partir de ces productions nous avons pu constater plusieurs tendances acoustiques qui semblent distinguer, au moins en partie la pratique musicale de la parole⁶ :

- La dynamique générale des intervalles de parole est plus complexe que ceux qui sont uniquement à caractère musical.
- Au niveau des fréquences et donc des sensations de hauteur, les passages d'une hauteur à une autre se font de la manière la plus continue possible dans le cas de la parole alors qu'en musique, les intervalles sont marqués par des sauts plus nets.
- Au niveau des intervalles rythmiques, la périodicité de la langue est bien moins évidente que celle des parties musicales.

Une différence par degrés

Ces manifestations témoignent d'une différence de degré de mélodicité et de rythmicité entre musique et langage qui correspondent aux observations des chercheurs s'étant

⁵ Nous avons été très étonnés de constater que de très nombreux travaux d'ethnomusicologie (à vrai dire la majorité, même parmi les plus récents) analysent parfois en détails des enregistrements de ces instruments sans même évoquer le fait que la parole y est reproduite.

⁶ Ces résultats sont issus d'une analyse préliminaire d'enregistrements de flûte Bora, d'orgue à Bouche Akha et de Guimbarde Akha.

intéressé au rythme et à la mélodie dans les deux domaines. Ainsi Dodane (2003, p.55) remarque : « Dans la musique et dans la langue, les sons qui composent la ligne mélodique entretiennent entre eux des rapports d'intervalles, c'est-à-dire une distance entre leurs hauteurs respectives. Cependant, c'est dans la transition entre les sons que réside « la » différence toujours invoquée entre la langue et la musique : en musique, le passage d'une note à une autre se fait de manière discontinue, alors que dans la langue, il se fait de manière progressive et continue, de telle manière que les hauteurs ne peuvent être clairement délimitées et isolées par l'oreille ». D'après Fonagy (1983, p 155) « c'est le degré de mélodicité plus ou moins élevé qui distingue les différents genres du discours : chant, récitatif, sermon, déclamation, discours politique, exposé, conversation » (Figure 117). Les musiques parlantes traditionnelles que nous avons rencontrées se positionnent ainsi sur cette échelle de degré : les tambours servent pour les discours politiques, pour des déclamations ou pour des récitatifs ; les flûtes servent pour des chants ou des déclamations ; les guimbardes et l'orgue à bouche Akha pour des chants ou des récitatifs.

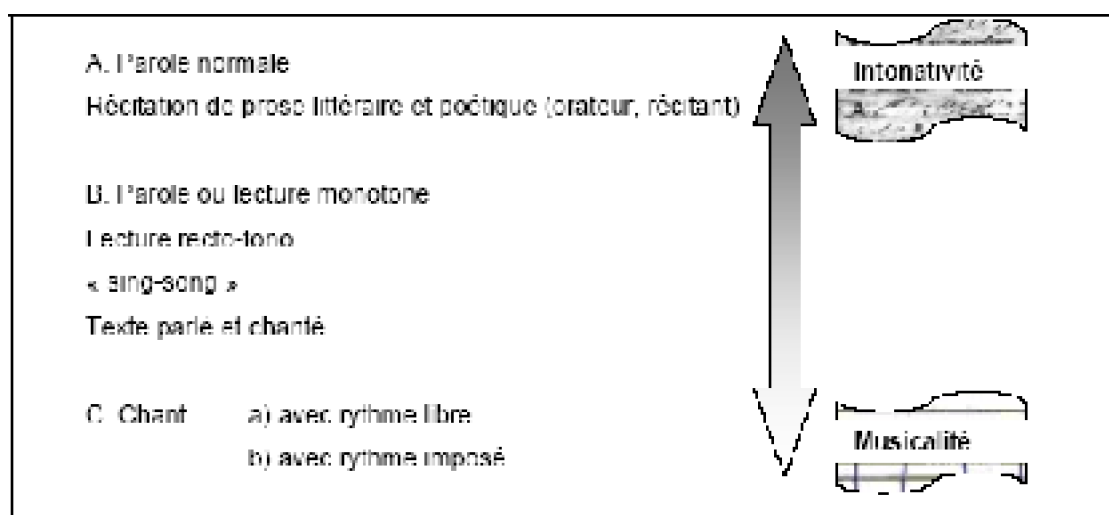


Figure 5 : Typologie des différents types de communication par Van Waesberghe (1957) citée par Dodane (2003), p. 55.

B.2. Explication du tableau récapitulatif du §

Les langues des signes et les langues signées

La langue sifflée répond à la contrainte de la distance et du bruit comme les langues des signes répondent à l'incapacité pathologique d'entendre. Comme ces dernières, elles nécessitent un apprentissage spécifique. Par contre, les langues des signes naturelles ne reposent pas sur la langue parlée. Ce sont les langues signées artificielles comme, par exemple, le Français Signé qui ont cette propriété en commun avec les formes sifflées des langues.

Styles de parole

La plupart du temps la langue sifflée est assimilable à un style de parole comme le chuchotement, la parole criée ou la parole chantée. La langue sifflée est difficilement intelligible sans apprentissage spécifique. Cela est moins vrai lors d'une écoute en champ proche lorsqu'on entend certaines productions articulatoires du siffleur qui ne se propagent pas à moyenne ou grande distance (comme par exemple les transitoires graves issues des coups glotte qui se perdent ensuite dans le bruit de fond). De plus le sifflement bilabial est presque totalement intelligible après quelques minutes de pratique si le locuteur est un bon siffleur.

Langages tambourinés (voir aussi en Annexe D.8)

La stratégie de transposition des langues sifflées est la plupart du temps indépendante du type de discours employé, alors que les langages tambourinés utilisent une syntaxe qui leur est propre. Comme les langues tambourinées, les langues sifflées permettent de raccourcir les distances de communication. Mais les langues sifflées sont surtout utilisées entre individus alors que les langages tambourinés sont utilisés pour un discours public ou pour parler entre communautés villageoises. Parmi les langages tambourinés, il existe des systèmes transposant en percussions la langue locale (type I du tableau) et des systèmes tambourinés développant un langage parallèle, réservé seulement au tambour (type I du tableau). Ce dernier type est très répandu en Océanie. Malgré cela, la plupart des cas connus de langages tambourinés s'appuient sur la langue locale. Ces techniques nécessitent chacune un apprentissage spécifique à la fois en production et en perception en plus de la connaissance du système linguistique local. Les témoignages ayant observé des langues sifflées créant des codes parallèles complexes qui puissent être combinés suivant une syntaxe propre sont très rares et sont le fait la plupart du temps de sociétés d'initiés à un type de rituel local (comme chez les Ibos au Nigeria par exemple).

Sifflements sous forme de codes

Dans de nombreux endroits il existe des systèmes sifflés élaborés pour la communication entre humains ou pour donner des ordres à des animaux. Mais ces systèmes sont des codes qui n'ont que très rarement la possibilité d'être combinés facilement entre eux.

Espéranto

Comme celle de l'espéranto, la parole sifflée a toute la complexité d'une langue mais l'espéranto ne repose pas sur une seule langue locale, c'est une langue artificielle créée à partir d'un grand nombre de systèmes linguistiques. La langue sifflée, quant à elle, est issue de l'évolution naturelle d'un système.

Les systèmes de télécommunication

Historique en lien avec les phénomènes étudiés

Les langages sifflés sont, avec les langages tambourinés, les plus anciens systèmes de communication sonore véhiculant le langage à distance. A cet égard, ce sont les ancêtres

de nos systèmes modernes de télécommunication: ils préfigurent l'invention de la télégraphie acoustique, du morse et du téléphone qu'ils ont inspirés comme en témoignent un certain nombre d'inventions intermédiaires :

- La trompette ou « Tube Stentorophonica » de Sir Samuel Morland (1626-1696) permettant au roi d'Angleterre d'entendre des nouvelles à 1,5 miles anglais

- Les cloches des villages dont les sonneries qui étaient parfois très précises

- Certains instruments parleurs relatés dans les archives Dudley : « *Un groupe d'inventeurs parmi lesquels on trouve Kircher (1601-1680), Scheventer (1636) et les deux frères Bernoulli, ont essayé de transmettre des nouvelles sur de longues distances en utilisant des instruments de musique, chaque note représentant une lettre. Un des frères Bernoulli inventa un instrument, composé de cinq cloches qui permettait aux principales lettres de l'alphabet d'être transmises* » (extrait des archives Dudley reproduit par Gold et Morgan, 2000).

Le point commun important entre les langues sifflées et les systèmes technologiques développés en télégraphie acoustique tient au fait qu'une certaine pratique d'écoute est nécessaire pour atteindre un taux d'intelligibilité élevé (acoustique très différente de la voix habituelle). Cependant, avec de l'entraînement, les performances d'intelligibilité obtenues sont très bonnes comme en témoignent de nombreux témoignages sur le morse par exemple (Warren et Warren, 1970 ; Sapir, 1921)

La différence essentielle entre des systèmes artificiels comme ceux que nous avons cités et des systèmes naturels comme les instruments parleurs d'Afrique ou d'Asie ou comme les langues sifflées tient au fait que les premiers, lorsqu'ils s'appuient sur la langue le font par l'intermédiaire de la langue écrite décomposée en un alphabet alors que les systèmes naturels imitent les spécificités sonores de la voix en exploitant le champ de possibilités d'un autre mode de production acoustique. Dugast le remarquait en 1955 à propos du langage tambouriné ou sifflé des Banen du Cameroun : « *Il n'a rien de commun avec notre signalisation morse, qui transmet les phonèmes de langues écrites. Les langues africaines, à l'origine parlées seulement, attachent une importance très grande aux tons des différentes syllabes des mots* » (Dugast 1976, p.708). De même l'explorateur anglais Lindt remarqua dans un court traité sur les tambours africains : « *Puisqu'ils n'ont pas de langage écrit, ils sont incapables de diviser les mots en lettres. Le tom-tom (sic) ne traduit donc pas lettre par lettre* » (Lindt cité dans un extrait des archives Dudley reproduit par Gold et Morgan, 2000).

Téléphone, tambours et langues sifflées, choix de la bande de fréquence

Le problème de la voix humaine est qu'elle ne porte pas très loin, même dans sa version criée et même si elle est canalisée par des guides d'ondes comme cela fut réalisé dès 1785 Gauthoy et Biot avec des tubes acoustiques permettant de transmettre des sons intelligibles jusqu'à 400 m. C'est pourquoi l'invention du téléphone révolutionna les communications acoustiques humaines. Même si Bell, développa un système appelé « *Harp telephone* » (qui fait penser aux instruments parleurs, cf. Annexe B.1), les avancées principales de la technologie de la téléphonie tiennent en partie à l'utilisation de méthodes de réduction de la bande de fréquence dans le canal de transmission. Les

langues sifflées et que les langages tambourinés sont également efficaces de ce point de vue, avec des stratégies naturelles. La raison en est que, plus la bande de fréquence d'un système de communication est étroite plus le signal peut être transmis loin sans risquer d'être dégradé.

Les tambours utilisent un domaine de fréquence qui se place dans le bas des domaines de fréquences utilisés par la voix, à la limite inférieure de la bande du téléphone, et que la largeur de leur bande de fréquence est d'environ 200 Hz⁷. Par contre les langues sifflées se placent dans un domaine de fréquence dans le haut de la bande de fréquence du téléphone (vers 2000 Hz) et utilisent bande de fréquence d'une largeur de 1500 Hz environ. Leurs stratégies respectives utilisent différemment les propriétés de l'acoustique qui ont toutes été utilisées pour le téléphone :

Les langues tambourinées ont une portée qui peut atteindre plusieurs dizaines de kilomètres en plaine et une dizaine de kilomètre en forêt car les basses fréquences sont moins perturbées par les objets rencontrés par les ondes sonores. Les percussions inharmoniques, qui ont une bande de fréquence très étroite sont facilement distinguées du bruit de fond de la nature qui est lui aussi principalement dans les basses fréquences (cf. Annexe D.8 pour plus de précision sur les techniques de transposition phonétiques des langages tambourinés).

Comme nous l'avons vu, les langues sifflées optent pour une stratégie un peu différente, elles maintiennent une bande de fréquence relativement étroite située dans une zone où la perception humaine est optimale et elles se placent au-dessus du bruit de fond de la nature. Par rapport au tambours, la langue sifflée a l'avantage d'être extrêmement souple car elle est utilisable à tout moment sans autre outil que la bouche et la technique de production du son sifflé. Elle a aujourd'hui perdu un avantage qu'elle a longtemps conservé par rapport au téléphone : celui d'être portable. Elle reste cependant gratuite, ce qui d'après certains siffleurs de la Gomera est un facteur de maintien.

C. Typologie des siffleurs

C.1. Variables qui permettent de distinguer les siffleurs

Le niveau de compétence en langue sifflée repose sur un grand nombre de facteurs liés à l'histoire personnelle et au tempérament de chaque individu. Mais ce n'est pas le seul facteur qui nous a permis de localiser de bons siffleurs. Une vue synthétique de notre analyse est présentée dans le Tableau 1. C'est un document de travail qui doit être remplis en fonction de chaque lieu.

⁷ Les données sur les langues tambourinées que nous présentons ici sont issues d'un corpus que nous avons constitué parallèlement au corpus sur les langues sifflées. Deux langages tambourinés ont été partiellement analysés à ce jour : le langage bora d'Amazonie péruvienne et le langage ewe du Ghana.

Tableau 1 : Typologie générale des siffleurs

Description typologique et intelligibilité des langues sifflées, approche linguistique et bioacoustique

VARIABLE SIFFLÉE	Compétence	Acquisition	Type de métier ou d'activité	Date de naissance par rapport au renversement linguistique	Date de naissance par rapport au renversement d'exode rural	Milieu de résidence	Usage (quotidien-régulier-épisodique)
Siffleur traditionnel	complètes	Continue et passive depuis l'enfance, (comme la version parlée)	Berger, chasseur, Responsable culturel local, musicien traditionnel	Avant	Avant pendant ou après suivant les lieux	Rural, maison isolée à flanc de montagne ou village au milieu d'une forêt	Quotidien Ou régulier
âgés Siffleurs tardifs jeunes	Presques complètes à complètes Presque complètes	Passive dans l'enfance, active ensuite Active	Musicien traditionnel, Responsable culturel local, Ecrivains locaux, Imigrant dans la région	Avant Après	Avant pendant ou après suivant les lieux Après	Rural : a souvent déménagé dans une zone de siffleurs	Régulier ou épisodique
Siffleurs fantômes	Complètes, ou parfois complètes en perception uniquement	Passive ou active	En contact fréquent avec les siffleurs : souvent le cas des femmes	Avant ou après	Avant ou après	Rural	Quotidien en tant que siffleur passif ou juste dans son foyer
Anciens siffleurs	Complètes mais limitées avec la raréfaction du souffle et la perte des dents	Passive complète	Anciens bergers, chasseurs	Avant pendant ou après suivant les lieux	Avant pendant ou après suivant les lieux	Rural Village Ou ayant déménagé en ville	Episodique (surtout siffleur passif)
âgés Semi-siffleurs jeunes	Complètes perception et légères	Passive et active partielle Passive	Avant pendant ou après suivant les	Pendant Après	Avant pendant ou après suivant les	Citadin Ou village	Episodiques ou 0

VARIABLE SIFFLÉE	Compétence	Acquisition	Type de métier ou d'activité	Date de naissance par rapport au renversement linguistique	Date de naissance par rapport au renversement d'exode rural	Milieu de résidence	Usage (quotidien-régulier-ép)
	en production Légères en production et perception	partielle et active limitée	lieux Après		lieux Après		
Sous-siffle	Très faibles	Très Faibles	Après	Après		Citadin Ou village	Episodique à 0 (quelques mots)

D. Données complémentaires pour la partie Typologie

[meyer_j_annexe_d.pdf](#)

E. Résultats de l'expérience de perception des voyelles sifflées

E.1. Résultats par sujets

Tableau 2 : Matrice de confusion type de résultats : les bonnes réponses sont sur la diagonale et les confusions erronées sont dans les autres cases.

		voyelles	répondues		
		o	a	é	i
voyelles	o	o joué/o rep	o joué/a rep	o joué/é rep	o joué/i rep
	a	a joué/o rep	a joué/a rep	a joué/é rep	a joué/i rep
jouées	é	é joué/o rep	é joué/a rep	é joué/é rep	é joué/i rep
	i	i joué/o rep	i joué/a rep	i joué/é rep	i joué/i rep

[meyer_j_tableau3.pdf](#)

E.2. Courbes d'analyses complémentaires

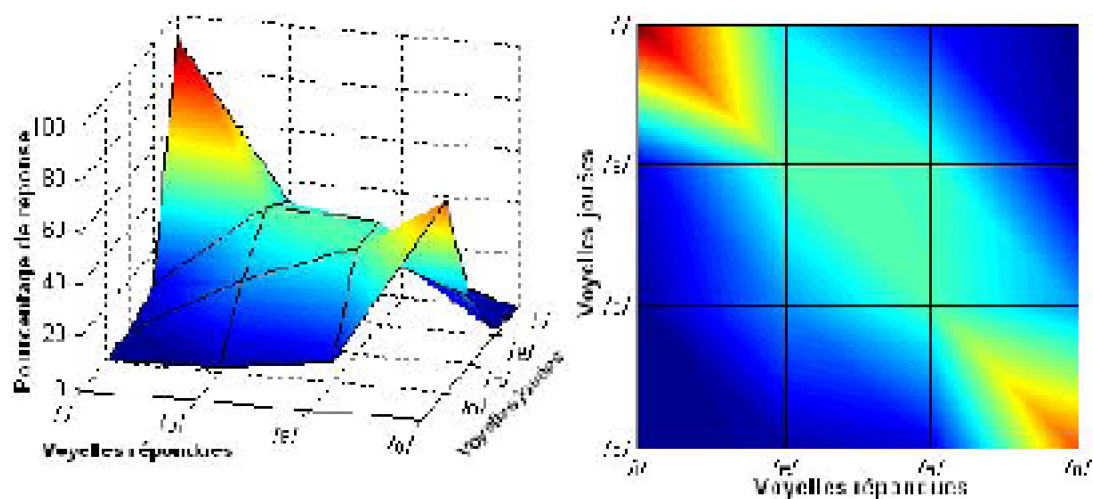


Figure 6 : Performance d'identification des voyelles sifflées avec contexte pour les musiciens

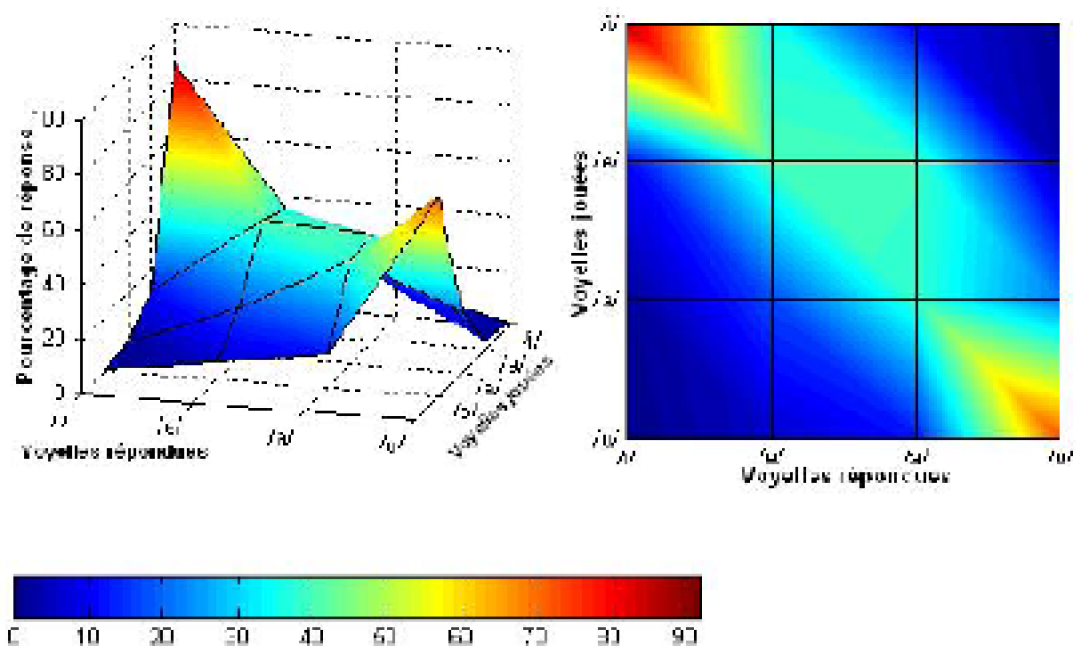


Figure 7 : Performance d'identification des voyelles sifflées avec contexte pour les non musiciens

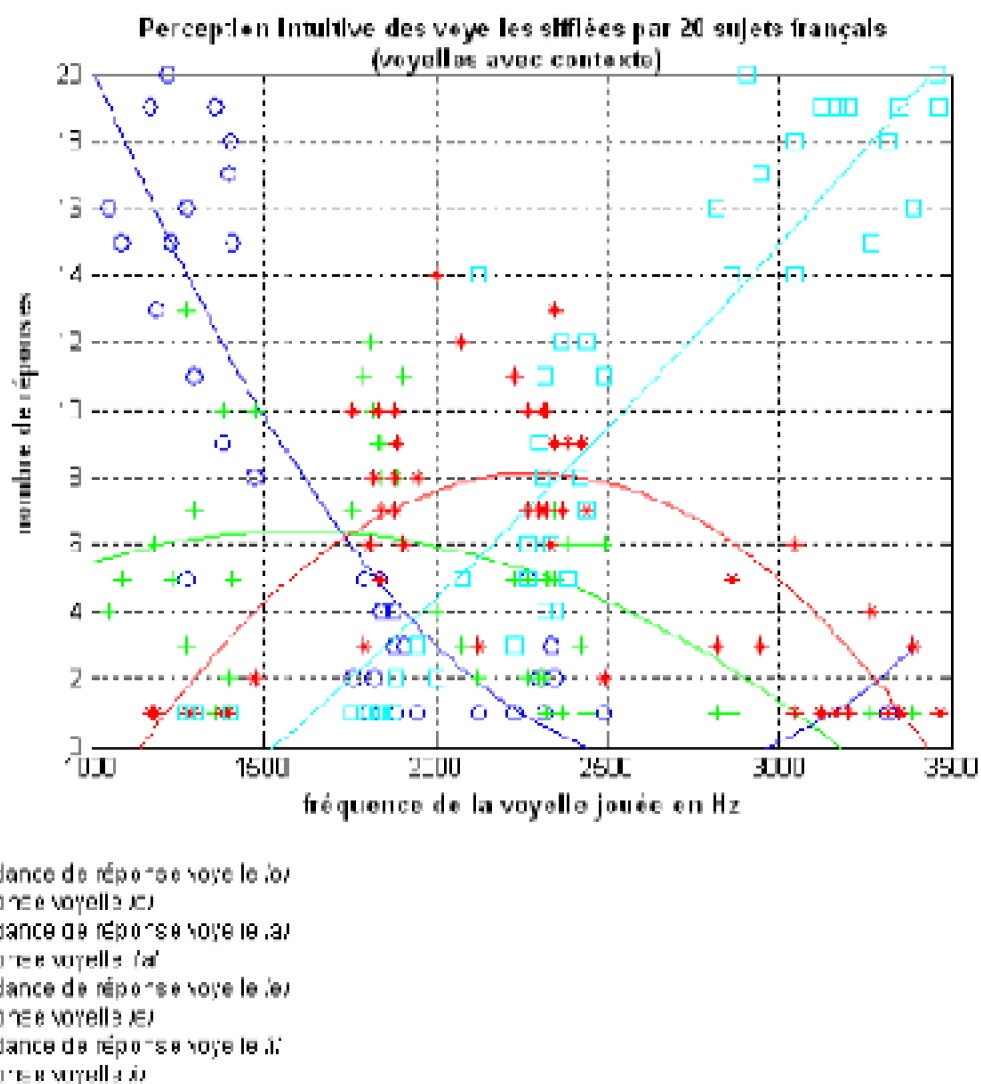
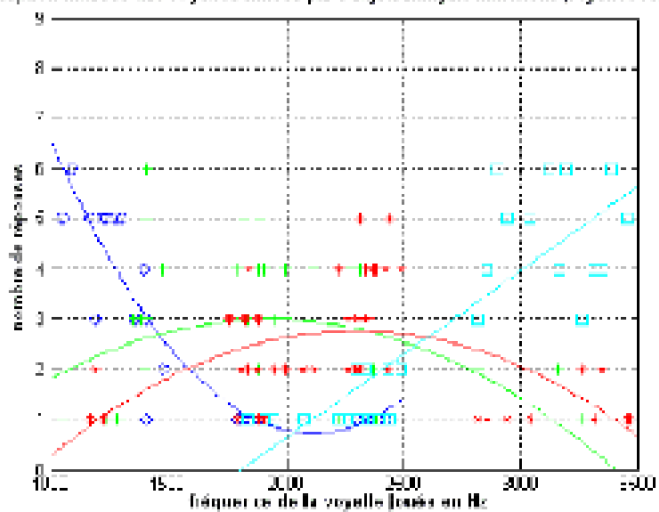
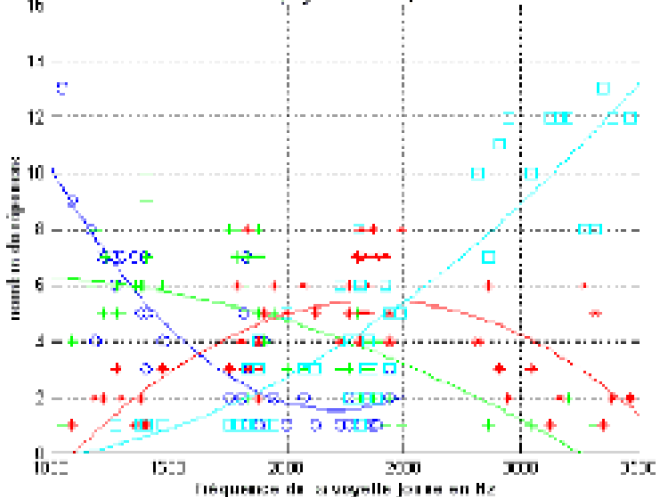


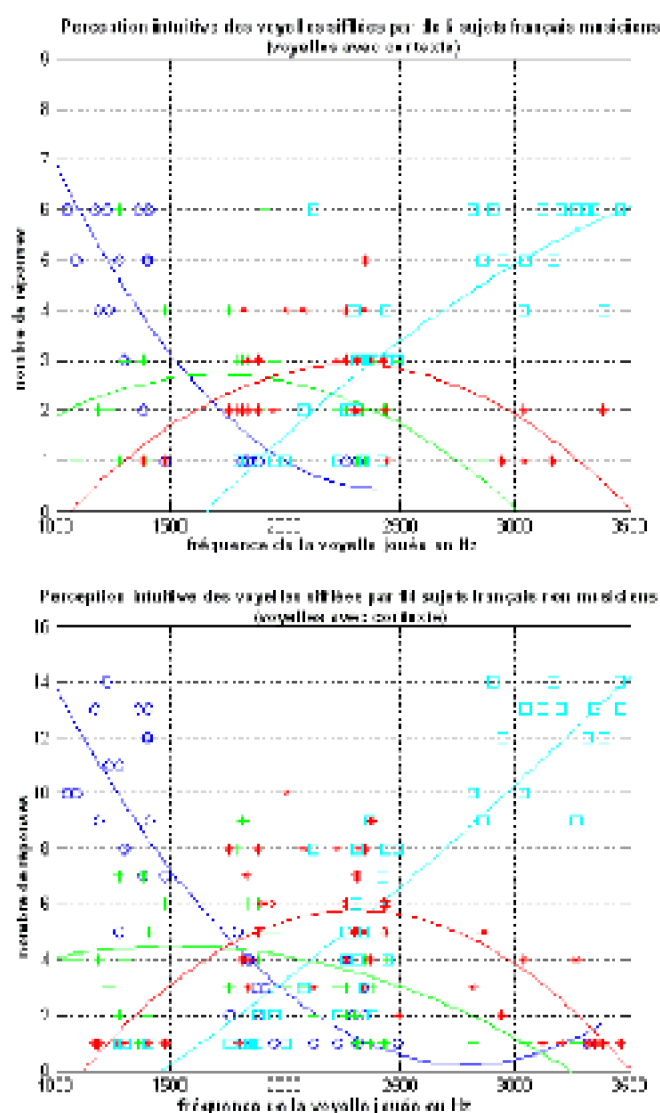
Figure 8 : Répartition des réponses perceptives en fonction des voyelles jouées, données complémentaires : (1), (2), (3), (4), (5).

Perception intuitive des voyelles utilisées par 8 sujets français natifs (voyelles seules)



Perception intuitive des voyelles utilisées par 14 sujets français natifs (voyelles seules)





F. Deux expériences sur l'intelligibilité

F.1. Analyse pilote en pays Mazatèque

De l'intelligibilité de phrases Mazatèques à plusieurs distances

Au cours de notre travail de terrain, nous nous sommes rendu compte que la dégradation de l'intelligibilité des siffleurs semblait ne pas être linéaire. L'observation de ce phénomène n'est pas évidente car elle est perturbée par le fait que les siffleurs modifient leur technique et leur puissance de sifflement avec la distance. Malgré tout, à partir d'une certaine distance de communication, le siffleur émetteur est au maximum de sa puissance

d'émission alors que le siffleur récepteur peut encore reculer sans rien perdre au niveau de l'intelligibilité des phrases. Pour confirmer le bien fondé de cette constatation, nous avons mené une expérience perceptive simple avec deux siffleurs de la Sierra Mazatèque :

Nous avons demandé à un père et son fils de dialoguer dans un même lieu à trois distances différentes : 50 m, 300 m et 550 m. Or, en Pays Mazatèque le sifflement sert à courte distance (5 à 100m) et à distance moyenne (de 100 jusqu'à 500m). Seules deux techniques sont utilisées dans cette région : avec les lèvres à courte distance ou avec un sifflement labiodental à moyenne distance. A partir de 300m les siffleurs sont en général au maximum de leur puissance d'émission avec la technique labiodentale, mais suivant la topographie l'interlocuteur peut percevoir le message jusqu'à plus de 700 m. Dans le cas de l'expérience que nous avons menée, la mesure du taux d'intelligibilité était très rudimentaire mais a permis d'obtenir des résultats intéressants. Un expérimentateur était situé à côté de chacun des siffleurs et enregistrait les phrases dites avec un appareil Minidisc. Afin d'avoir un contrôle précis, le siffleur situé à distance devait poser une question à l'expérimentateur posté prêt de son interlocuteur. A chaque fois que l'un des interlocuteurs faisait répéter la phrase qui venait d'être énoncée, la phrase était jugée comme non comprise. Une vingtaine d'échanges ont été enregistrés à chaque distance. Après comparaison et traduction des enregistrements avec les siffleurs, nous avons constaté que toutes les phrases non répétées étaient bien comprises. Le taux d'intelligibilité des phrases s'est révélé être le même à 300m et à 550 m. Pourtant les signaux de parole sont largement plus dégradés à 550 m qu'à 300 m. Cela signifie que la dégradation de l'intelligibilité avec la distance n'est pas linéaire.

Cette expérience qui mériterait d'être menée de manière plus rigoureuse confirme que comme pour la voix parlée, la dégradation du signal de parole sifflée n'entraîne pas immédiatement une dégradation du taux d'intelligibilité.

Nous avons constaté un autre phénomène intéressant à cette occasion : alors que les expérimentateurs étaient tous les deux ignorants de la langue Mazateque sifflée, ni l'un ni l'autre n'a eu l'impression que le signal sifflé étaient plus bas à 550m qu'à 300m. Ceci semble indiquer que mis en condition de communication, le cerveau corrige en fonction de la distance perçue, ce qui montre son grand pouvoir de préhension même avant l'étape de décodage linguistique.

F.2. Les expériences révélatrices des Warren

Effets de transformation verbale et de reconstruction cognitive de la parole

Les expériences des Warren (1970) sur les illusions et les confusions auditives de mots anglais font partie des études classiques portant sur la reconstruction cognitive de la parole. Nous la décrivons rapidement ici en reprenant une description de Busnel (1974b) à laquelle nous ajoutons quelques éléments :

Si on écoute en boucle répétitive sans silence un très bon enregistrement d'un mot ou d'une phrase, sans autre contexte, il apparaît assez rapidement une illusion perceptive qui

fait comprendre d'autres mots que ceux enregistrés. Tout mot ou toute phrase dans ces conditions est sujet à produire des illusions, avec des distorsions phonétiques considérables et fréquemment avec des associations sémantiques. Ces mots illusoire sont perçus auditivement et centralement, ils sont intelligibles et les sujets trouvent difficile de croire qu'ils ont entendu un mot ou un signal isolé répété sur la boucle enregistrée. Par exemple: un sujet écoutant le mot « tress » répété sans silence entend et comprend distinctivement après quelques minutes, des mots illusoire tels que: « dress, stress, joyce, floris, florist, purse ». Cette illusion a été appelée par ces auteurs : « *effet de transformation verbale* »; elle met bien en relief que l'intelligibilité s'émancipe facilement de la physique du signal. Ils ont de plus montré que l'âge du sujet avait des incidences importantes sur les résultats quantitatifs obtenus dans la mesure de ces « *illusions acoustiques* »; ceci reflète que les processus d'analyse centraux changent avec l'âge; les enfants de cinq ans n'ont que peu ou pas de transformations verbales. A six ans des enfants entendent les illusions, et les plus âgés de cette tranche d'âge les obtiennent le plus vite. A huit ans, tous les enfants les ont. Le taux de ces illusions reste à peu près constant jusque vers les vingt ans et décline ensuite progressivement, et pour les sujets de plus de 65 ans, le taux d'illusions est seulement de 1/5ème de celui des jeunes adultes, soit approximativement égal à celui des enfants de six ans. Il n'y a cependant aucune corrélations avec une perte auditive.

Il est également intéressant d'observer les mots perçus pour déterminer quelles sont les unités d'organisation perceptuelles utilisées par les sujets. Les enfants répondent par des sons de langue anglaise, mais peuvent les grouper dans des associations qui n'existent pas dans cette langue. Par exemple avec le mot « tress » un enfant comprendra le mot « sreb » bien que la séquence initiale « sr » n'existe pas en anglais. Le groupe de jeunes adultes assemble les sons seulement selon les règles de l'anglais, mais ils reconnaissent des syllabes sans signification. Avec « tress » il signalent « tresh ». Les sujets plus âgés au contraire ne donnant que des vrais mots de la langue. Ils entendent presque continuellement le mot « tress » et si des illusions apparaissent, ils perçoivent des formes proches comme « dress ». Il est très intéressant de signaler, que si, à ces mêmes sujets âgés on donne la répétition d'un mot sans signification (« flime » par exemple), ils le déforment en le rapprochant d'un mot de la langue anglaise courante comme « slime » et tendront toujours à rester à des mots illusoire ayant un sens.

L'absence du phénomène d'illusion à cinq ans suggère que les jeunes enfants n'ont pas atteint le niveau de l'apprentissage du langage dans lequel la mémorisation est associée avec les possibilités de combinatoire. Les sujets âgés qui résistent à l'illusion auditive montrent qu'ils n'ont plus les capacités fonctionnelles de ce mécanisme qui doit être associé à la mémoire instantanée qui, ont le sait, est moins efficace chez les sujets âgés quand une tâche requiert l'usage du contexte. En effet comme le font remarquer les auteurs de cette étude, la tâche de la reconnaissance de mots fait intervenir un temps de latence qui correspond à la perception de l'intelligibilité grâce au contexte et à l'intégration de la réponse dans une action motrice. Ils vérifièrent cette affirmation lors d'autres expériences en remplaçant certains phonèmes de mots par du bruit. En général les performances d'intelligibilité des mots ne sont pas atteintes par ce phénomène, sauf dans le cas où le phonème brouillé laisse plusieurs possibilités d'interprétation du mot. Mais si

le mot est placé en contexte lexical dans une phrase, alors l'interprétation est toujours exacte (Warren 1970).

G. Matériel de diffusion sonore pour les trois expérimentations à distance

Un dispositif a été monté pour pouvoir diffuser les sons jusqu'à plus de 500m à des niveaux similaires à ceux des émissions des siffleurs. Un ordinateur portable (Asus A 6000) a été relié à un amplificateur (Realistic MPA-20 Solid State PA Amplifier)⁸ lui-même alimenté par une batterie de voiture et branché en sortie sonore sur un haut parleur (TVM Medium ARM190-00/8 à haut rendement).

La mesure des niveaux a été effectuée avec un sonomètre Bruël & Kjaer 2240.

L'enregistrement a été effectué avec un micro Audiotechnica AT822 et un enregistreur Minidisc Sony (sans compression).

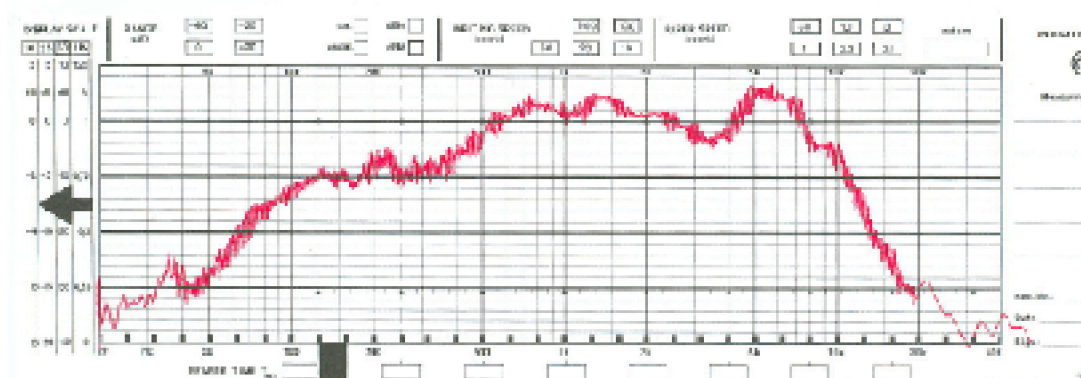


Figure 9 : Réponse du haut-parleur TVM Medium ARM à une stimulation à 1/3 d'octave. Ce haut-parleur a été choisi car il possède un haut rendement entre 200Hz et 10000 Hz

⁸ Nous remercions Bernard Gautheron du Laboratoire expérimental de l'institut de Phonétique de Paris pour le Prêt de l'amplificateur.