

LES SOURCES DE VARIATION DU SPECTRE A LONG TERME DE PAROLE: REVUE DE LA LITTÉRATURE

Bernard Harmegnies

Département de phonétique et psychoacoustique
Université de Mons-Hainaut,
B-7000 Mons, Belgium.

ABSTRACT

The paper presents a survey of the literature dealing with long term speech spectra. The various contributions are presented and discussed from the viewpoint of the information they give about the sources of variation of long term spectra. Effects of individual characteristics (sex, profession, emotional states, individuality as a whole), of the languages spoken, and of various pathologies are successively taken into account.

SOMMAIRE

L'article présente une revue de la littérature en matière de spectres à long terme de parole. Les diverses contributions sont présentées et discutées du point de vue de l'information qu'elles fournissent à propos des sources de variation des spectres à long terme. Les effets de caractéristiques individuelles (sexe, profession, états émotionnels, individualité comme un tout), des langues parlées et de diverses pathologies sont successivement pris en considération.

1. INTRODUCTION

Nombre d'études ponctuelles ont montré - parfois directement, parfois indirectement - que les Spectres Moyens à Long Terme (SMLT) tirés des signaux de parole subissent les effets de diverses variables. Elles ont, ce faisant, tracé des perspectives d'utilisations pratiques de cet outil dans des secteurs très diversifiés de la recherche appliquée. Les études en la matière s'avèrent cependant très disparates, tant dans leurs buts que dans leurs méthodologies et leurs résultats. Cette situation explique sans doute qu'aucun essai de

synthèse générale n'ait été tenté à ce jour. Un examen approfondi des publications en la matière révèle, comme nous allons le montrer, qu'une grande ignorance mutuelle prévaut parmi les expérimentateurs. C'est précisément cette lacune que nous voudrions contribuer à combler par la présente étude, où nous tenterons d'opérer une large revue des recherches impliquant le spectre moyen à long terme.

Afin de doter d'un caractère raisonné l'examen d'un domaine si multiple, nous centrerons notre analyse sur une interrogation unique. Notre

préoccupation constante sera, d'une part, de rechercher quelles sont les sources qui produisent la variabilité des spectres moyens tirés des signaux de parole et, d'autre part, d'apprécier les contributions relatives de chacune d'entre elles. Cette étude bibliographique s'articulera en trois sections.

Dans la première, nous étudierons les réactions du SMLT à l'action de variables externes aux fonctions langagières. Les données de la littérature en la matière se limitent essentiellement à l'étude des effets de l'identité du locuteur sur le SMLT. Celle-ci sera envisagée d'abord comme une somme d'attributs (sexe, profession, etc.) dont les répercussions peuvent s'étudier isolément. Elle sera ensuite considérée comme un tout indifférencié exerçant, dans sa globalité, des effets d'ensemble.

Dans la seconde section, nous nous centrerons sur les éventuels effets des langues pratiquées par les locuteurs. Nous viserons plus spécifiquement à lever la controverse qui prévaut à l'heure actuelle : certains auteurs affirment en effet que le SMLT est insensible à la langue alors que d'autres prônent l'idée inverse.

Notre troisième section, enfin, envisagera les conséquences de divers phénomènes en rapport direct avec les mécanismes de production de la parole. Nous nous pencherons ainsi sur les répercussions de modifications apportées en plusieurs points de la boucle audio-phonatoire. Nous examinerons successivement les effets sur le SMLT d'altérations (intentionnelles ou non) des systèmes émetteur et récepteur.

2. EFFETS DES CARACTERISTIQUES INDIVIDUELLES

Un individu donné peut être défini par les relations d'appartenance permettant de le ranger dans diverses classes. Celles-ci

prennent alors le statut d'autant d'attributs qui permettent de décrire le sujet. Lorsqu'on cherche à déterminer si un descripteur quelconque constitue un bon marqueur d'individualité, on peut donc commencer par se demander s'il est sensible aux variables permettant de qualifier l'individu. Tel sera l'objet de la première partie de cette section. Nous y envisagerons successivement des variables d'ordre sexuel, psychologique et, enfin, socio-professionnel. Nous nous demanderons dans quelle mesure chacune d'entre elles exerce des effets sur le SMLT.

Au contraire de la démarche précédente, qui consiste à réduire et atomiser, nous adopterons, dans la deuxième partie de cette section, un point de vue de nature holistique. Nous y examinerons en effet une série de recherches destinées à déterminer dans quelle mesure le SMLT révèle l'individualité du locuteur considéré comme un tout indifférencié plutôt que comme la réunion d'un ensemble d'attributs. Les expériences que nous examinerons dans cette partie de notre travail concernent, pour la plupart, la reconnaissance de locuteur. Elles consistent à utiliser le SMLT en tant qu'indicateur acoustique de l'individualité et neutralisent ou ignorent les variables qui concourent à l'établissement de cette dernière.

2.1. Effet de traits individuels isolés

Effets du sexe

La tendance générale la plus nette qui se dégage de la littérature concerne les basses fréquences. La plupart des auteurs s'accordent à y observer des différences entre SMLT masculins et SMLT féminins. Les valeurs fréquentielles annoncées varient certes d'une expérience à l'autre, mais il est clair que les spectres d'hommes présentent une zone de concentration énergétique centrée entre 100 et 140 Hz, alors que dans les spectres de femmes, cette zone apparaît plutôt vers 200 à 250 Hz

(Tarnoczy, 1958; Tarnoczy, 1962, Harris et Waite, 1965; Banuls-Terol, 1971; Lorand et Minier, 1975; Kiukaanniemi et al., 1982; Boullosa et Perez Ruiz, 1984). Dans tous les cas, le phénomène est imputé aux caractéristiques du fondamental, dont la fréquence moyenne et la dispersion varient en fonction du sexe. Plusieurs auteurs font en outre référence à une structure en deux pôles caractérisant les SMLT féminins. Les pics en question apparaissent vers 200 et 500 Hz (Tarnoczy, 1962; Harris et Waite, 1965; Banuls-Terol, 1971) ou 250 et 600 Hz (Boullosa et Perez Ruiz, 1984). Ils sont séparés par un minimum présentant l'aspect d'une vallée plus ou moins profonde. Dans toutes les recherches où apparaît cette structure, les spectres de voix d'hommes sont moins accidentés; ils tendent à présenter un premier maximum de fréquence plus basse, suivi d'une zone de concentration énergétique assez étale s'étendant jusque 700 Hz environ.

En haute fréquence, les différences sexuelles n'apparaissent guère ou s'avèrent, tout au plus, très ténues. Lorsqu'il en est fait mention, les auteurs ne sont d'ailleurs guère unanimes à leur sujet. Certains concluent à la supériorité du niveau du SMLT féminin sur celui du SMLT masculin; ils ne s'accordent cependant pas sur la zone fréquentielle où le phénomène est observable : à partir de 3000 Hz (Fletcher, 1953) ou à partir de 4000 Hz (Banuls-Terol, 1971), voire encore à partir de 8000 Hz (Boullosa et Perez Ruiz, 1984). D'autres suggèrent par contre des relations en sens inverse. Formby et Monsen (1982) notent ainsi que les SMLT féminins tendent à présenter une pente plus importante que les SMLT masculins; Harris et Waite (1965) évoquent, quant à eux, une supériorité du SMLT masculin à partir de 2000 Hz. D'autres, enfin, observent simultanément les deux types de relations. Ainsi, pour Dunn et White (1940), le niveau du SMLT masculin est supérieur à celui du SMLT féminin entre 750 et 4000 Hz et le rapport s'inverse au-delà de 4000 Hz. Kiukaanniemi et

al. (1982) relèvent au contraire une supériorité du SMLT féminin de 600 à 1000 Hz et un rapport inverse au-delà. En outre, les différences observées ne sont en général que peu expliquées. Les seules hypothèses avancées font intervenir la notion de formant (Bordone-Sacerdote et Sacerdote, 1969; Fant, 1973) ou encore une importance prégnante accordée aux sibilantes dans le chef des femmes (Fletcher, 1953).

Effet de l'appartenance à une catégorie socio-professionnelle

Esling semble être le seul auteur qui ait tenté d'étudier, au moyen du SMLT, l'effet de l'appartenance à certaines catégories sociales (Esling, 1986; Esling, 1987). Il étudie les voix de soixante-quatre sujets (32 hommes et 32 femmes) rangés en quatre groupes socio-économiques. Tous sont anglophones et résident à Vancouver. Des analyses descriptives multivariées sont appliquées aux SMLT. Celles-ci révèlent que, dans le groupe féminin, le spectre moyen permet d'opposer la catégorie 1 à la catégorie 2 ("lower working class" et "upper working class") et la catégorie 2 à la catégorie 4 ("upper working class" et "upper middle class"). Cette dernière opposition, au contraire de la première, se retrouve également dans le groupe des hommes. On y observe aussi un contraste entre les classes 3 et 4 ("lower middle class" et "upper middle class"). Aucune autre différence n'est significative. Esling a, par ailleurs, comparé les spectres de ses sujets à des SMLT tirés de ses propres réalisations produites au moyen de 12 "settings" (les configurations articulatoires définies par Laver, 1976) différents. Il découvre que les groupes sociaux 1 et 2 ("lower working class" et "upper working class") peuvent être associés avec les "settings" uvularisés et vélarisés. Le groupe 4 ("upper middle class") présente, quant à lui, des SMLT plus similaires à ceux obtenus avec les "settings" de nasalisation et de vélarisation.

Quelques études laissent par ailleurs à penser que certains professionnels de l'expression orale présentent des caractères vocaux spécifiques, décelables par le SMLT. La plupart de ces recherches concernent les voix de chanteurs.

Janson et ses collaborateurs, à l'occasion d'une recherche générale sur les utilisations du SMLT dans le domaine musical (Janson et Sundberg, 1975; Janson, 1976; Sundberg et Janson, 1976), présentent un SMLT de voix chantée, tiré des productions d'un professionnel. Une zone de concentration énergétique très prononcée y apparaît vers 3000 Hz. Les auteurs attribuent le phénomène au "singing formant" antérieurement décrit par Sundberg (1974). Wedin et al. (1978) ont recouru à dix professionnels pour établir l'efficacité d'une méthode d'entraînement vocal. Aucune différenciation n'est cependant opérée par rapport aux voix de locuteurs ordinaires. Un détail se révèle néanmoins intéressant : c'est dans sa modalité parlée - et non chantée - que la voix des chanteurs paraît subir l'évolution la plus importante. Il semble donc assez net, non seulement qu'un entraînement spécifique peut influencer sur le SMLT, mais encore que l'enseignement d'un comportement vocal déterminé (ici, celle du chant), peut amener à une meilleure stabilité du SMLT. L'effet de l'enseignement semble en outre d'autant plus ample que le mode de production visé (ici, la parole) est peu éduqué au plan de la qualité vocale.

Enfin, à notre connaissance, la seule mention d'une profession autre que celle de chanteur apparaît dans la recherche de Kuwabara et Ohgushi (1984). Ils ont enregistré les voix de cinq sujets ordinaires et de dix présentateurs professionnels. Tous les locuteurs étaient de sexe masculin et les dix spécialistes exerçaient leur profession depuis dix ans au moins. La différence essentielle consiste en l'apparition d'une zone énergétique vers 3-4kHz dans les

SMLT de professionnels, aucune structure de ce type n'étant discernable dans le chef des locuteurs ordinaires. Kuwabara et Ohgushi relient ce phénomène à celui désigné sous le nom de "singing formant", qui apparaît aux mêmes fréquences dans les spectres de voix chantée. Ils estiment que ce pic est en rapport avec la bonne qualité vocale des professionnels et peut-être avec la clarté ("brightness") de leur voix.

Effets de variables psychologiques

Ostwald (1965) a tenté d'objectiver l'effet d'un stress olfactif sur la qualité vocale. Des sujets normaux sont ainsi amenés à s'exprimer avant et après avoir inhalé les vapeurs d'une solution d'ammoniaque concentrée. D'après l'auteur, le stress ainsi occasionné provoque une diminution de l'énergie spectrale dans la bande centrée sur 500 Hz. Ostwald a également étudié l'évolution des voix de divers patients avant et après traitement psychiatrique. Il retient, pour ce faire, trois types d'échantillons vocaux : d'une part, deux extraits d'une conversation avec le patient, l'un présentant un fondamental haut ("high voice"), l'autre un fondamental bas ("low voice"); d'autre part, un extrait tiré d'une lecture du corpus test ("reading voice"). L'auteur fait état de plusieurs cas où les différences entre les SMLT tirés des trois types de voix ont évolué différemment sous l'effet du traitement.

Popov et al. (1971, in Williams et Stevens, 1972) étudient les voix de sujets se trouvant sans conteste dans un état émotionnel de crise: les enregistrements qu'ils étudient sont tirés des conversations de cosmonautes soviétiques aux moments cruciaux d'un vol spatial. Ces auteurs constatent un accroissement du rapport des énergies en faveur des hautes fréquences. Ils remarquent en outre que le centroïde du SMLT s'accroît alors pour atteindre des fréquences comprises entre 300 et 1200 Hz.

Williams et Stevens (1972) emploient, quant à eux, trois acteurs professionnels qu'ils mettent en situation d'exprimer diverses émotions. Parmi de nombreuses analyses, les auteurs présentent trois ensembles de spectres en bandes d'octave (125 - 4000 Hz). Ceux-ci se composent, pour chaque sujet, de SMLT recueillis à partir d'échantillons vocaux produits en situation neutre, de tristesse, de peur ou de crainte. Dans la bande de 125 Hz, les spectres présentent moins d'énergie lorsqu'ils dérivent de productions réalisées en situation de colère ou de crainte que lorsqu'ils proviennent d'une situation neutre. Les auteurs soulignent également qu'en situation de colère, les fréquences supérieures à 1000 Hz présentent des niveaux plus hauts que ceux des basses fréquences. En situation de tristesse, une configuration inverse apparaît.

Hollien et coll., dans plusieurs publications, répliquent une expérience de reconnaissance vocale en mettant leurs locuteurs en état de stress (Hollien et al., 1974; Hollien et Majewski, 1977; Doherty et Hollien, 1978). Pour ce faire, ils envoient aux sujets, durant la séance d'enregistrement, des chocs électriques d'intensité croissante. Les scores d'identification obtenus à partir des SMLT issus des voix des sujets stressés sont inférieurs à ceux provenant des mêmes locuteurs s'exprimant en situation normale. Ils varient en effet de 72 % à 92 %, alors que les scores ordinaires sont en général de l'ordre de 100 %.

2.3. Effets de l'individualité considérée comme un tout

Nombre d'auteurs, sans toujours focaliser particulièrement leur recherche sur l'aptitude du SMLT à différencier les individus, observent une grande variabilité spectrale de sujet à sujet (Rudmose et al., 1948; Benson et Hirsh, 1953; Byrne, 1977, etc.). Ce genre d'observation n'apparaît cependant systématisée que dans les recherches en matière de reconnaissance de locuteurs.

Divers travaux isolés, recourant à des méthodes et des techniques différentes, concluent à la bonne qualité du SMLT, en tant qu'outil de reconnaissance vocale (Pruzansky, 1963; Hargreaves et Starkweather, 1963; Gubrynowicz, 1971; Clarke et Becker, 1969; Bunge; 1977). Les taux de reconnaissance correcte, bien que relativement variables, sont rarement inférieurs à 90 %, et peuvent même atteindre des valeurs très proches de 100 %.

Plusieurs articles ou communications émanent de Furui et ses collaborateurs. Toutes les expériences envisagées recourent au même type de dispositif : les SMLT y sont obtenus par calcul au moyen d'un ordinateur et ensuite transformés en cepstres. En général, dans ces recherches, les comparaisons s'opèrent entre un cepstre test et plusieurs cepstres références. Diverses mesures de dissimilarité sont utilisées; elles dérivent de la distance euclidienne calculée par rapport à la moyenne des cepstres de référence ou sont spécialement étudiées pour prendre en considération la variabilité de ces derniers.

Furui et al. (1972, 1975) ont en particulier étudié l'effet du délai introduit entre la production des corpus test et celle des corpus référence. Ils observent que la variabilité des coefficients correspondant aux basses fréquences est plus importante pour les intervalles plus longs. Cette dernière constatation indique que des changements d'ensemble dans la forme même du SMLT s'opèrent au fil du temps. Furui et al. concluent que le SMLT présente une bonne stabilité intra locuteur pour des périodes allant de quelques jours à trois semaines, mais que, passé ce délai, une variabilité certaine s'installe graduellement. Il apparaît dès lors utile, lorsque l'on désire recourir au SMLT à l'occasion d'une tâche de reconnaissance, de collecter plusieurs références à divers moments éloignés dans le temps. Furui (1978) confirme d'ailleurs l'utilité de cette procédure en faisant état d'une expérience de

vérification de locuteur ayant conduit à un taux de reconnaissance de 95 %, alors que cinq ans s'étaient écoulés entre le recueil de la dernière référence et celui du test. Furui (1986) commente ainsi les variations observées: "la variation du SMLT durant les périodes de moins de trois mois peut être considérée comme une promenade aléatoire multidimensionnelle, dans laquelle la distance à la structure originelle grandit statistiquement comme une fonction de l'intervalle temporel. Cependant, quand la structure [à reconnaître] est échantillonnée par intervalles supérieurs à trois mois, la variation peut être assimilée à une variation aléatoire autour d'une structure connue" (Furui, 1986: 191).

Majewski et Hollien (1975) mènent en parallèle deux expériences identiques sur deux groupes indépendants de 50 sujets de sexe masculin. Dans l'un des groupes, les sujets sont américains et lisent un texte anglais d'environ deux minutes et demie. Dans l'autre groupe, les sujets sont polonais et lisent une traduction polonaise de ce texte. La dissimilarité entre le SMLT test et les SMLT référence est évaluée au moyen de la distance euclidienne. Majewski et Hollien obtiennent des taux d'identification correcte variant de 96 % à 98 % dans le groupe polonais (97.5 % en moyenne) et de 84 à 96 % dans le groupe américain (91 % en moyenne). Les auteurs répliquent la même expérience sur 3 sous-groupes additionnels de 25 sujets américains chacun et 2 sous-groupes de 25 sujets polonais. Dans chacun de ces ensembles, les 3 premiers SMLT sont moyennés et considérés comme référence, alors que le quatrième joue le rôle de test. Des scores d'identification correcte de 100 % sont atteints dans les deux nouveaux groupes polonais, alors que ceux des trois groupes américains sont, respectivement, de 96, 96 et 92 %.

Zalewski, Majewski et Hollien (1975) recourent à un dispositif expérimental très similaire à

celui de l'expérience précédente. La seule différence significative entre les deux expériences tient dans le choix de l'indice de mesure utilisé pour évaluer la ressemblance des spectres. Il s'agit, dans ce cas, du coefficient de corrélation de Bravais-Pearson. De cette manière, les auteurs obtiennent des scores d'identification de 96 % dans le groupe américain et 92 % dans le groupe polonais. Référant aux résultats de Majewski et Hollien (1974), les auteurs constatent que le coefficient de corrélation permet l'obtention de résultats équivalents à ceux provenant de l'utilisation de la distance euclidienne dans le groupe américain, mais pas dans le groupe polonais où le coefficient de corrélation paraît plus discriminant. Les auteurs remarquent, en outre, que les erreurs d'identification constatées ne touchent pas les mêmes sujets, selon que l'on recourt à la corrélation ou à la distance euclidienne. Ils suggèrent ainsi d'envisager une approche permettant de combiner les deux indices.

Doherty (1976) recourt à 50 sujets anglophones de sexe masculin. Il leur applique un dispositif expérimental très proche de ceux utilisés dans les expériences précédentes (même texte, même dispositif d'analyse, 4 SMLT par sujet couvrant chacun 32 s de signal). Grâce à une méthode d'analyse discriminante (non décrite dans l'article), Doherty compare l'efficacité du SMLT à celle d'autres indicateurs acoustiques. Ceux-ci sont dérivés, pour part, de la fréquence fondamentale et, pour part, de la durée d'expression. Il conclut à la supériorité du SMLT sur les autres indicateurs. Les scores de reconnaissance obtenus s'élèvent à 100 % pour le SMLT lorsque tous les canaux d'analyse sont utilisés. Lorsque 11 d'entre eux seulement (315 - 3150 Hz) sont pris en considération, le taux de reconnaissance correcte baisse à 76 %.

2.4. Discussion

A l'occasion de nos investigations relatives à

un éventuel dimorphisme sexuel du SMLT, nous avons constaté, en haute fréquence, d'importantes divergences entre les résultats des différentes études passées en revue. Devant de telles variations, il importe de souligner que les recherches impliquées présentent de grandes différences méthodologiques. Les dispositifs d'analyse, les corpus, les conditions expérimentales y sont très hétérogènes; les langues que parlent les sujets sont multiples; les effectifs des échantillons, en général très réduits, accroissent la probabilité d'émergence de caractéristiques individuelles. On ne peut donc conclure valablement à l'existence ou à la non existence d'effets sexuels dans cette partie du spectre. Les incohérences de la littérature pourraient donc s'expliquer par l'absence totale d'effets, par l'existence d'effets propres aux langues, voire encore par l'existence d'effets généraux ténus et oblitérés par l'hétérogénéité des méthodologies. En outre, les causes de tels effets apparaissent assez obscures et la théorie ne peut donc ici pallier les lacunes de l'expérimentation. Par contre, en basse fréquence, les différences sexuelles - dont l'étiologie est claire - sont suffisamment fortes et générales pour apparaître dans l'ensemble des recherches.

Les quelques recherches relatives aux variables d'ordre psychologique nous ont fait évoluer des états les plus graves de la clinique psychiatrique à des variations très ténues de l'état émotionnel du sujet sain. Dans toutes les études passées en revue, des modifications du SMLT ont été constatées. Il convient cependant de souligner que, dans la plupart des cas, un manque de rigueur méthodologique pourrait avoir biaisé les résultats. D'une part, en effet, plusieurs expérimentations ont été réalisées au moyen d'analyseurs assez frustes. Dans le cas d'Ostwald, les SMLT ont même été construits par un expérimentateur observant visuellement les déviations d'une aiguille sur un cadran pour chaque bande investiguée. D'autre part, les recherches portent en général

sur peu de sujets: quelques cas cliniques (Ostwald, 1965), deux locuteurs (Bordone Sacerdote et Bordone, 1969), ou trois (Williams et Stevens, 1972). Dans certains cas, on peut en outre suspecter que le jeu d'autres variables ait été confondu avec celui des variables proprement psychologiques. Ainsi, dans l'étude d'Ostwald (1965), les enregistrements des malades sont effectués à plusieurs semaines (voire mois) d'intervalles, alors qu'on connaît l'existence d'une variation spontanée du SMLT dans le temps. Les distributions phonémiques des corpus - qui constituent manifestement une source de variation du SMLT - sont en outre parfois variables: dans la recherche d'Ostwald, les SMLT de "low voice" et "high voice", issus de conversations, représentent fort probablement des corpus éminemment différents du texte utilisé en "reading voice". Enfin, il s'avère très malaisé d'apprécier l'ampleur et, partant, le caractère significatif des phénomènes observés, puisqu'ils sont généralement présentés sans aucune référence aux variabilités inter ou intra sujet naturelles.

Les études relatives aux variables d'ordre sociologique ont souligné l'idée que le SMLT pourrait, dans une certaine mesure, s'avérer sensible aux stratifications socio-économiques, voire encore, porter la marque de l'exercice de certaines professions. Sans doute le thème mériterait-il d'être étudié de manière plus approfondie et dans le cadre d'autres groupes linguistiques. Nous retiendrons, faute de plus amples informations, que ces variables méritent en tout cas d'être prises en considération lors de l'élaboration d'un plan expérimental.

Ces recherches corrélant les variations du SMLT à divers traits individuels soulignent certes la sensibilité du SMLT. Leurs résultats restent cependant peu opératoires - voire, dans certains cas, suspects -, faute d'être exprimés en termes quantitatifs. Les recherches en matière de reconnaissance de locuteur paraissent présenter, de ce point de vue, une

A State-of-the-Art Advance from Larson Davis Labs!



The Model 2800 Realtime SLM:

*A Precision Sound Level Meter and a
1/1, 1/3 Octave/FFT Realtime Analyzer*

*with statistical analysis capability and on-board room
acoustics software in a lightweight, notebook-size
package including:*

- Battery Operation
- 256 KB CMOS memory
- External 3 1/2" floppy disk drive,
MS-DOS™ compatible
- RS 232 Interface

The Model 2900 Handheld Dual Channel Analyzer:

*All of the features of the Model 2800 plus a tachometer
input and cross-channel measurement capability for:*

- Acoustic Intensity
- Frequency Response
- Coherence
- Impulse Response



LARSON • DAVIS
LABORATORIES

Dalimvar

Instruments Inc.

89, boul. Don Quichotte - suite #12
11 F. PERRON (QUÉBEC) 17V 6X2

importante supériorité, puisqu'elles ne peuvent se dispenser de l'usage d'outils de quantification. Dans leur ensemble, elles confirment l'idée que le SMLT constitue un excellent indice acoustique d'individualité vocale - à tout le moins dans les conditions des expériences réalisées, à savoir, en laboratoire. Outre que sa qualité a été prouvée à souhait, sa supériorité par rapport à d'autres indicateurs acoustiques a été mise en évidence à plusieurs reprises. Néanmoins, on constate, d'une recherche à l'autre, d'importantes variations des taux de reconnaissance. Celles-ci s'accompagnent, la plupart du temps, de considérables variantes des techniques et procédés mis en oeuvre. On peut naturellement suspecter ces différences méthodologiques d'être à l'origine de la variabilité des taux de reconnaissance. C'est hélas par de nombreuses options que les diverses expérimentations diffèrent les unes des autres. Dans l'impossibilité d'isoler les effets de chacun de ces choix, on ne peut donc évaluer leurs contributions respectives aux variations du pouvoir discriminant du SMLT. Pourtant, toutes les décisions relatives à la mise au point d'un plan expérimental peuvent constituer autant de sources de variations potentielles du SMLT et, plus particulièrement, de son aptitude à discriminer les individus. Ces sources de variation méritent sans aucun doute qu'on les étudie de manière spécifique.

3. EFFETS DE LA LANGUE

Diverses études permettent d'établir des liens, plus ou moins directs, entre la langue parlée par le locuteur et les SMLT dérivant de ses productions. La littérature présente des apports qui, en première analyse, peuvent être regroupés en deux catégories. Dans la première, les auteurs tentent sciemment de décrire un effet de langue spécifique, éventuellement, en comparant deux ou plusieurs langues. La langue y est donc considérée à part entière comme une variable indépendante de l'expérimentation. Dans la

seconde, les auteurs sont, à des titres divers, confrontés à une situation de reconnaissance de locuteur interlangue; ils cherchent donc à adopter une démarche moins descriptive que quantitative, et considèrent l'éventuel effet langue comme le résultat de l'action d'une variable exogène parasitant le processus de reconnaissance. Enfin, d'autres travaux tentent de concilier les deux courants: ils empruntent aux recherches en reconnaissance leur arsenal quantitatif, tout en poursuivant le but unique de statuer sur l'existence et l'ampleur éventuelle des effets induits par la langue.

3.1. La langue en tant que variable indépendante de la recherche

Les recherches concernant la langue anglaise sont nombreuses (Dunn et White, 1940; French et Steinberg, 1947; Rudmose et al., 1948; Benson et Hirsch, 1953; Byrne, 1977; etc.), et on est frappé de constater combien les SMLT qu'elles produisent diffèrent entre eux. En fait, il semble bien difficile de décider si les recherches concernant d'autres langues fournissent des spectres plus différents les uns des autres que ne le sont entre eux les spectres anglais. Une norme, établie par l'ANSI, n'apporte à cet égard que peu de renseignements et le spectre qu'elle présente est si "idéalisé" qu'on aurait peine à ne pas le trouver plus ou moins similaire à n'importe quel SMLT de parole (ANSI, 1969). Il paraît difficile, en tout cas, de voir émerger de ces expériences une structure de SMLT qui serait propre à la langue anglaise. Cette impuissance à mettre au jour des caractéristiques spectrales propres à l'anglais ne doit cependant pas nécessairement conduire à la conclusion que la langue n'influe pas sur le SMLT. La plupart des recherches sur l'anglais utilisent en effet des techniques vieillies, dont on peut douter de la précision. Les options méthodologiques qu'elles mettent en oeuvre sont en outre variables. Souvent, le nombre de sujets est réduit (11, dans le cas de Dunn et White, par exemple, qui sont pourtant si

souvent cités à titre de référence); la composition phonémique des corpus semble incontrôlée dans une large mesure; les durées de production sont variables, et en général plutôt réduites; les facteurs différenciant les types d'analyses acoustiques sont multiples (échelles fréquentielles, bandes passantes, etc.). En outre, la plupart de ces recherches n'ont pas pour objectif primordial de mettre en évidence l'éventuel effet de l'anglais sur le SMLT. Bref, toutes les conditions sont réunies pour que, même si effet de l'anglais il y a, celui-ci soit masqué par d'autres sources de variation. Byrne (1977) semble cependant pouvoir apporter quelque lumière sur ce terrain. Il utilise en effet des moyens modernes et une méthodologie qui semble fiable. Ses conclusions paraissent pourtant aller à l'encontre de l'idée d'un effet de la langue sur le SMLT. Bien qu'il ait constaté quelques discordances entre ses propres SMLT et ceux d'autres recherches relatives à l'anglais, il souligne en effet leur ressemblance avec ceux d'Anianson (1974) provenant du suédois. Des recherches menées sur d'autres langues poussent aussi à conclure à l'absence d'"effet-langue" sur le SMLT. Ni Boullosa et Perez-Ruiz (1983), ni Lorand et al. (1975) ou Lorand et Minier (1975) ne soulignent en effet de différences entre leurs SMLT dérivés, respectivement, de l'espagnol et du français, avec ceux provenant d'autres langues. En outre, si Kiukaanniemi et Mattila (1980) semblent dans un premier temps, mettre en évidence des différences systématiques entre les SMLT finnois et les SMLT anglais, un raffinement de leur méthodologie les conduit, plus tard (Kiukaanniemi et al., 1982) à un échec en la matière.

A côté de ces recherches, d'autres paraissent au contraire plaider en faveur de l'action d'effets langagiers spécifiques sur le SMLT. Ainsi, Tarnoczy (1958, 1962) met en évidence des différences entre les SMLT du hongrois, de l'anglais et de l'allemand. Banuls-Terol (1971) analyse les dissimilarités que présentent ses

propres SMLT de l'espagnol et ceux de Tarnoczy, provenant du hongrois. De plus, sa démarche (qui consiste à prendre en considération un nombre important de SMLT représentant chacun une langue en vue de mettre en évidence le SMLT de la parole humaine) montre bien qu'il croit à un effet de la langue sur le SMLT : dans le cas contraire, il lui eût suffi de multiplier le nombre de SMLT de sujets quelconques auxquels il aurait eu un accès aisé. Les recherches de Halle et al. (1984) ainsi que celles de de Boysson-Bardies et al. (1986) suggèrent, quant à elles, l'existence de processus très profonds à l'oeuvre dans ce cadre, puisqu'elles montrent que dès 10 mois, le SMLT du babil des enfants est déjà influencé par la langue du groupe social auquel ils appartiennent. Enfin, l'expérience d'Esling (1983) présente, elle aussi, des différences très marquées entre les SMLT des langues étudiées.

3.2. La langue considérée comme variable parasite d'une recherche

Tosi (1979) rapporte deux recherches auxquelles il a collaboré (Bordonne et al., 1974; Tosi et al., 1977) et qu'il qualifie d'expériences pilotes. Toutes deux s'adressent à des locuteurs multilingues (14 hommes et 6 femmes) s'exprimant en piémontais, italien et français. Neuf spectres moyens, couvrant chacun une période de 20 secondes, sont calculés pour chaque sujet et diverses techniques de reconnaissance interlangue sont ensuite appliquées. Les résultats obtenus varient de 30 à 5 % de fausses identifications dans un cas (Bordone et al., 1974) et ne présentent aucune erreur d'identification dans l'autre (Tosi et al., 1977). Tosi conclut : "each speaker possesses relative invariance in his/her choral spectrum, irrespective of the text or language spoken" (Tosi, 1979 : 94).

Les recherches de Hollien et coll. citées plus haut produisent, quant à elles, des résultats plaidant en faveur de l'existence d'un effet

différentiel des langues sur le SMLT (Zalewski et al., 1975; Majewski et Hollien, 1974; Hollien et Majewski, 1977). Les auteurs conviennent qu'une sorte de facteur inter langue est à l'oeuvre et qu'il améliore la sensibilité de la procédure dans le cas des locuteurs polonais. Ils concluent que la puissance du SMLT en tant qu'outil d'identification est "at least somewhat language dependent" (p. 979).

Il est intéressant d'opposer les résultats de ces deux ensembles de recherches. En effet, poussant à l'extrême les conclusions de Tosi, on pourrait en venir à penser que les langues n'exercent guère d'effet sur le SMLT, puisqu'on arrive à reconnaître les sujets même lorsqu'ils parlent des langues différentes. Au vu des résultats de Majewski, Hollien et al., on se sent au contraire fondé à conclure à l'existence d'effets de langue systématiques, puisque des scores de reconnaissance fondés sur le SMLT sont régulièrement supérieurs lorsque la langue polonaise est utilisée. Nolan (1983) examine les résultats rapportés par Tosi (1979), Majewski et Hollien (1975) et Hollien et Majewski (1977). Il souligne l'apparente divergence qui s'en dégage, mais remarque que les résultats ne sont pas directement contradictoires. La différence majeure entre les deux séries d'expériences réside dans l'échantillonnage : on a, dans un cas, affaire à des sujets multilingues, et dans l'autre, à deux groupes indépendants de sujets unilingues. Nolan ajoute cependant qu'un conflit indirect oppose les deux séries d'expériences, car "alors que Tosi prédirait probablement que si les 50 sujets de Majewski et Hollien s'avéraient être bilingues et étaient enregistrés en anglais, leur taux d'identification resterait inchangé, Majewski et Hollien s'attendraient à ce que l'utilisation de l'anglais abaisse les scores d'identification" (Nolan, 1983 : 131).

3.3. Une approche mixte

Ainsi qu'on a pu le constater à souhait, l'analyse de la littérature révèle des tendances

opposées qui ne permettent pas de conclure définitivement à l'existence - ou à la non existence - d'effets de langues sur le SMLT. Plusieurs expériences visant à lever ces incertitudes ont été réalisées au Département de Phonétique et Psychoacoustique de l'Université de Mons. Elles ont principalement recouru à des locuteurs bilingues français/néerlandais. Leurs résultats ont établi, d'abord qualitativement (Harmegnies et Landercy, 1985), ensuite, quantitativement (Landercy et Harmegnies, 1986), l'existence de différences - ténues, mais significatives - entre les spectres du français et ceux du néerlandais.

Les corpus produits par les locuteurs dans les deux langues étaient phonétiquement équilibrés, ils présentaient, ipso facto, des compositions différentes. Nous avons dès lors, à la faveur d'une expérience additionnelle (Harmegnies, 1988), tenté de raffiner notre étude en opposant les comparaisons inter langue de l'expérience de 1986 à des comparaisons inter texte. Nous avons constaté que la variabilité imposée par le changement de langue est supérieure à celle induite par des variations de composition phonétique au sein d'une langue donnée (en l'occurrence, le français).

A l'issue de ces trois premières expériences, un faisceau de preuves semblait concourir à accréditer la thèse de l'existence d'effets spectraux spécifiques aux langues. Ces constatations ne suffisaient cependant pas à lever l'apparente contradiction soulignée par Nolan (1983) entre les conclusions de Tosi et coll. et celles d'Hollien et coll.. Nous avons, dès lors, simulé, à la faveur d'une nouvelle expérience (Harmegnies et al., 1987; Harmegnies, 1988), une tâche de reconnaissance de locuteurs se rapprochant des travaux des auteurs en question. Celle-ci a montré que les deux langues à l'étude produisent des taux de reconnaissance différents. Elle a cependant également

confirmé qu'une reconnaissance inter langue est possible.

3.4. Discussion

Les résultats des expériences montoises semblent permettre de concilier les conclusions de Tosi et celles de Hollien. Le SMLT est certes influencé par la langue, mais moins, en moyenne, que par le sujet. Le changement de langue diminue la probabilité de reconnaissance correcte, mais pas au point d'empêcher toute identification.

Jusqu'à présent, nous avons surtout cherché à savoir si la langue influe sur la forme du SMLT. Il apparaît ici intéressant de raisonner aussi en termes de variabilité de cette forme, puisque nos dernières observations nous poussent à conclure que les langues influent aussi sur le rapport des variations intra sujet aux variations inter sujet. La langue conditionnerait donc non seulement la forme du SMLT mais encore la constance de celle-ci.

Notre conclusion est bien sûr essentiellement fondée sur nos travaux relatifs aux deux principales langues nationales de Belgique. L'existence du processus ayant été confirmée, on peut cependant raisonnablement penser qu'il peut être à l'oeuvre dans d'autres langues, à des degrés qui restent à étudier.

D'autre part, on pourrait considérer le recours à des sujets bilingues comme une source potentielle de biais. Il y a de bonnes raisons de penser, en effet, que de tels locuteurs tendent à neutraliser leurs modes d'expression, et, par là même, minimisent les différences entre les deux langues qu'ils parlent. Ce biais éventuel n'oblitére cependant pas nos conclusions : il ne peut en effet qu'avoir amoindri les différences que nous avons observées.

Cette dernière réflexion ne peut donc, a fortiori, que renforcer nos conclusions.

4. EFFETS D'ALTERATIONS EN DIVERS POINTS DU SYSTEME AUDIO-PHONATOIRE

Nous aborderons ici deux ensembles de travaux: d'une part, une série de recherches faisant état d'effets sur le SMLT de diverses pathologies vocales; d'autre part, quelques études relatives à l'effet d'altérations de la fonction auditive. Au sein du premier ensemble de publications, nous serons amenés à distinguer deux courants. Dans le premier, les auteurs tentent d'associer une pathologie, un traitement, un mode de fonctionnement, spécifiques à un aspect du SMLT. Les altérations du système phonatoire sont mises en relation directe avec des modifications du SMLT. Dans le second courant, les auteurs cherchent plutôt à associer l'information véhiculée par le SMLT à des concepts. Ceux-ci consistent en notions et termes habituellement usités pour mener à bien l'examen auditif de la qualité vocale (tels que "voix rauque", "voix soufflée", etc.). La mise en relation du SMLT et du trouble passe donc par l'intermédiaire d'un système de description.

4.1. Effets de pathologies vocales

Fritzell et al. (1974) présentent le cas d'un patient de sexe masculin âgé de 49 ans. Celui-ci est atteint d'une paralysie permanente du nerf récurrent gauche résultant d'une thyroïdectomie. L'atrophie des muscles laryngiens concernés qui en résulte l'empêche de réaliser l'adduction des cordes vocales. Les auteurs ont réalisé un SMLT du sujet produisant un texte de 40 s. Le spectre (défini dans la bande 0 - 2 kHz) présente un maximum dans la zone du fondamental, mais pas dans celle du premier formant. La zone du second formant (vers 1500 Hz) semble cependant légèrement plus énergétique. A la suite de ce premier examen, une injection de .4 ml de Glycerol est pratiquée dans la corde vocale paralysée. Deux injections successives de respectivement .6 ml et .5 ml de Téflon sont

ensuite réalisées. Le but poursuivi est d'accroître le volume de la corde handicapée afin que l'autre puisse s'y accoler et réaliser l'adduction. Les interventions sont suivies d'une rééducation au terme de laquelle la voix du patient semble perceptivement normale. Un deuxième examen acoustique est alors pratiqué. Le SMLT qui en résulte est très différent du premier : le niveau général du spectre a considérablement augmenté, particulièrement dans les zones des premier (+ 20 dB) et second (+ 15 dB) formants. Les auteurs jugent qu'il présente l'apparence d'un spectre de voix normale. L'étude est assortie d'un essai réalisé à partir d'un sujet sain : celui-ci a produit un message à l'aide de sa voix normale, d'une part, et en voix soufflée, d'autre part. Deux SMLT, calculés à partir de chacune de ces productions, présentent un aspect similaire à ceux qui caractérisaient le patient avant et après traitement au Téflon. Les auteurs concluent à la grande utilité du SMLT dans l'établissement de diagnostics précis et le choix de mesures thérapeutiques adaptées.

Froekjaer-Jensen et Prytz (1976) ainsi que Froekjaer-Jensen (1979) s'intéressent également aux paralysies récurrentielles. Ils y distinguent deux groupes potentiels de patients. Dans le premier ensemble, les sujets présentent une hyperfonction phonatoire qui accroît l'importance relative des parties hautes du spectre et diminue la stabilité de la fréquence fondamentale. Dans le second groupe, les patients sont, au contraire, caractérisés par une hypofonction phonatoire: les cordes se ferment mal et le passage de l'air à la glotte est fréquemment source de bruit. La partie haute du spectre est moins énergétique que dans le premier cas. Les auteurs présentent des cas ayant donné lieu à une investigation acoustique. Les SMLT des deux types de patients, observés avant et après thérapie montrent, respectivement, une diminution (groupe 1) ou un accroissement (groupe 2) sensibles de l'énergie au-delà de 1

kHz. Désireux de pouvoir quantifier l'atteinte observable par le biais du SMLT, Froekjaer-Jensen et Prytz définissent un nouveau paramètre, "alpha", qui exprime le rapport de l'intensité au-dessus de 1000 Hz à l'intensité au-dessous de 1000 Hz. Dejonckere et Cuvelier (1983) et Dejonckere (1984) ont affiné la technique de Froekjaer Jensen et Prytz en faisant varier la fréquence de coupure qui caractérisait le rapport alpha. Ils ont appliqué la technique à un groupe de sujets sains et à un groupe de sujets consultant pour raucité. Le nouveau rapport mis au point ("W ratio") s'est avéré présenter un maximum de discriminativité pour une fréquence de coupure de 6 kHz.

Weinberg et al. (1980) se sont intéressés au cas des voix oesophagiennes. Ils montrent que le SMLT oesophagien est en général plus plat que celui de la voix normale et d'un niveau inférieur, surtout de 0 à 3 kHz et de 6 à 9 kHz; les auteurs remarquent, entre 1500 et 3000 Hz, une pente de 10 dB par octave, dans le cas des sujets normaux, et de 3 dB par octave dans le cas des locuteurs oesophagiens. Ces données suggèrent, d'après Weinberg et al., un renforcement du caractère impulsif de la fonction de source. Le premier formant apparaît en outre à des fréquences plus élevées chez les locuteurs oesophagiens (pic du SMLT vers 425-500 Hz) que chez les locuteurs normaux. Cette observation est imputée à la diminution de la taille du tractus vocal causée, chez les locuteurs oesophagiens par la position particulière de la néoglotte. Le déficit énergétique dans la région 6 kHz - 9 kHz est, quant à lui, attribué à la capacité limitée du réservoir d'air oesophagien, qui ne permet pas l'apport nécessaire à la production normale des sons consonantiques (principalement fricatifs, sans doute).

Les travaux d'Izdebski (1980, 1984) constituent une sorte de moyen terme entre les deux courants de recherche que nous distinguons au début de cette section. S'il s'est en effet

W Norsonic
BY NORWEGIAN ELECTRONICS A.S.

Cabin and Pass-by noise: Sound - or unsound?

Norsonic introduces the ideal cost-effective high quality vehicle noise and vibration analyzer for car manufacturers and suppliers of tires and car parts.

The new Vehicle Noise Analyzer VNA 836 is designed for easy reliable in-car operation by single test drivers. It offers separate registration of pass-by noise from the right and left-hand side of the car, as well as separate registration of all cabin noise.

Norsonic offers a complete solution, with optical rpm pick-up, light barriers, and vehicle position radar.

The entire VNA 836 system is set up in a few minutes, and it can supply all information necessary to satisfy the most demanding engineering staff. Instant calculation and presentation of all relevant data makes the Norsonic Vehicle Noise Analyzer 836 the ideal cost-effective light-weight test tool for the world's automotive industry.



SCANTEK, INC.

916 Gist Avenue
Silver Spring MD 20910
(301) 495-7738
Fax (301) 495-7739

Industriekliniek a.s.

intéressé à un type spécifique de pathologie, cet auteur a cependant cherché à le décrire au moyen des corrélats acoustiques d'observations perceptives. C'est aux dysphonies spastiques que s'intéresse Izdebski. Les résultats qu'il présente concernent vingt-trois patients, huit hommes et quinze femmes. Ceux-ci ont été priés, avant et après intervention chirurgicale de produire un corpus équilibré. Un SMLT a été tiré de chaque production et sa forme globale réduite à un seul nombre par une technique empruntée à Sundberg et Gauffin (1978). Cinq juges entraînés ont en outre opéré une analyse perceptuelle des voix à l'étude quant à leur caractère surpressé (litt.: "overpressure") ou soufflé (litt.: "breathiness"). Les voix atteintes de surpression présentent un SMLT peu pentu et de niveau général élevé. On observe de hauts niveaux entre 0 et 5 kHz, suivi d'une baisse d'énergie dans la bande 5 - 8 kHz. Des tendances inverses se font jour dans le cas des voix soufflées. Le SMLT y présente une pente importante, qui cause une chute de l'énergie dans la bande 2 kHz - 5 kHz. De hauts niveaux, attribués aux turbulences glottales, peuvent apparaître entre 5 et 8 kHz. Une bonne corrélation est observée entre les jugements perceptifs et les indices de forme dérivés des SMLT. L'auteur conclut à l'utilité du SMLT comme outil d'aide au diagnostic.

Hammarberg et al. (1980) cherchent à mettre en relation l'information véhiculée par le SMLT et un large éventail de jugements perceptifs de qualité vocale. Ils recourent, pour ce faire, à 17 sujets (8 hommes et 9 femmes) atteints de diverses pathologies. Chacun est prié de lire une courte histoire, d'une durée approximative de 40 s. Quatorze juges décrivent les qualités vocales des 17 patients enregistrés en utilisant une liste composée des 28 termes suédois les plus fréquemment utilisés dans le cadre de la clinique vocale. Une analyse factorielle est ensuite appliquée aux jugements et 5 axes principaux sont mis en évidence : 1. "unstable versus steady" (instable versus stable); 2.

"breathy versus overtight" (soufflé versus surtendu); 3. "hyperfonctionnal versus hypofonctionnal" (hyper versus hypofonctionnel); 4. "coarse versus light" (rude versus délicat); 5. "head register versus chest register" (registre de tête versus de poitrine). Les échantillons font également l'objet d'analyses acoustiques : chacun fournit un SMLT dont sont uniquement retenues les valeurs maximales, respectivement dans les bandes 0 - 2 kHz, 2 - 5 kHz et 5 - 8 kHz. Le facteur 2 ("breathy-overtight") s'avère corrélé avec le SMLT : dans le cas des voix soufflées ("breathy"), l'énergie spectrale chute rapidement de la bande 0 - 2 kHz à la bande 2 - 5 kHz où elle atteint un niveau à peu près équivalent à celui de la bande 5 - 8 kHz; par contre, dans le cas des voix surtendues ("overtight"), c'est entre la bande 2 - 5 kHz et la bande 5 - 8 kHz que la baisse d'énergie est importante. Le facteur 3 ("hyper-hypofonctionnal") est également corrélé au SMLT : les voix hyperfonctionnelles sont caractérisées par une énergie importante dans les 3 bandes de fréquence, mais surtout de 2 à 5 kHz; les voix hypofonctionnelles présentent les mêmes caractères que les voix soufflées. Le facteur 5 ("chest-head register") est, quant à lui, associé au SMLT dans la mesure où l'affectation de la qualité "registre de poitrine" ("chest") va de pair avec une perte d'énergie dans la bande 5 - 8 kHz. Les autres facteurs ne présentent guère de liaison au SMLT.

Wendler et al. (1980) cherchent eux aussi à mettre en rapport SMLT et qualité vocale perceptuelle de la voix pathologique. Leurs sujets sont 30 adultes (20 hommes et 10 femmes) présentant divers types de pathologies vocales (15 types en tout) et 10 adultes (4 hommes et 6 femmes) normaux. Tous sont germanophones. Leurs voix ont été évaluées par un spécialiste, en fonction de 4 degrés de "hoarseness", 6 degrés de "roughness" et 3 degrés de "breathiness". Une fois la classification établie, les voix des sujets ont

été enregistrées et analysées au moyen d'un banc de filtres de tiers d'octave couvrant la bande de 31.5 Hz à 16 kHz. Une méthode d'analyse discriminante est utilisée pour obtenir des classements a posteriori en fonction des variables perceptuelles ayant servi au classement des voix. Deux sujets sur 40 sont mal reclassés dans les 4 catégories de "hoarseness", un seul sujet est mal reclassé dans les classes de "roughness" et un seul également dans les catégories de "breathiness". Les auteurs ont également tenté de reclasser les SMLT individuels en fonction de 16 classes correspondant aux diverses pathologies en présence. Wendler et al. soulignent que pour six des 16 classes considérées, toutes les observations concernées ont été bien reclassées. Les auteurs considèrent ces résultats comme prometteurs en matière de diagnostic acoustique des pathologies vocales.

4.2. Effets d'altérations de la fonction auditive

Weiss (1985) a étudié les répercussions vocales de diverses actions expérimentales sur l'audition de trois sujets (2 femmes et 1 homme). Le traitement est dérivé de l'entraînement audio-vocal de Tomatis (1960). Les sujets ont été enregistrés avant et après le traitement, lors d'une lecture d'un texte dramatique en français. Des SMLT furent tirés de ces enregistrements, d'une part au moyen de l'analyseur Brüel Kjaer 2033, et d'autre part, au moyen de l'Intégrateur de Densité Spectrale (IDS) de Leipp (1977). Weiss observe, après traitement, une baisse d'énergie dans la zone du fondamental et un gain d'énergie dans la bande de 800 à 1800 Hz. L'auteur souligne que ces modifications sont observables dans tous les SMLT étudiés. Il conclut qu'en tout cas, le SMLT de la voix d'un individu peut être modifié par le biais d'un entraînement audio-vocal.

Sundberg et al. (1987) étudient quant à eux les répercussions vocales d'une rétroaction

auditive altérée. Dix-huit sujets adultes de sexe masculin (neuf chanteurs et neuf non-chanteurs) sont priés de lire un texte avec ou sans casque. Dépourvus de casque, les locuteurs sont enregistrés sous trois conditions différentes de voix parlée (niveau conversationnel normal, niveau d'expression en public, le plus haut niveau possible). Lorsqu'ils portent le casque, ils entendent leur propre voix éventuellement additionnée d'un bruit blanc filtré passe-bas; la fréquence de coupure est fixée à 2.2 kHz et la pente est de 18 dB par octave. La voix peut en outre être modifiée de manière telle que ses composantes supérieures à 2 kHz soient accrues de 15 dB, diminuées de 15 dB, ou encore laissées inchangées. Les SMLT montrent que les deux types de locuteurs élèvent leur niveau sonore lorsqu'ils sont confrontés au bruit. Cet accroissement s'accompagne en général d'une élévation de la fréquence fondamentale de 5 à 7 demi-tons. Cette hausse de la fondamentale est amoindrie par l'amplification des hautes fréquences du retour vocal. Le filtrage des hautes fréquences provoque aussi un accroissement du niveau général du SMLT. Il semble également que les chanteurs tendent à produire des sons de niveau général plus élevé et plus riches en hautes fréquences. Enfin, bien qu'en de nombreux cas, les sujets aient montré divers signes de stress vocal, aucun élément significatif en cette matière n'a pu être détecté dans le SMLT, que Sundberg et al. considèrent en conséquence comme un mauvais indicateur de fatigue vocale. De manière générale, on ne trouve guère, dans cette recherche, de résultats attestant de changements significatifs de la forme du SMLT sous l'action du feed-back altéré.

Plant (1983) se penche sur le cas d'un jeune sujet de 14 ans atteint d'une déficience auditive résultant d'une méningite contractée à l'âge de 11 ans. Diverses mesures acoustiques sont pratiquées sur deux échantillons vocaux produits par le patient : une narration et une lecture du "rainbow

passage". L'auteur calcule, entre autres, un SMLT sur chacune des productions. Il y constate l'émergence d'un pic à 500 Hz, suivi d'une chute rapide de l'énergie vers 1 kHz. La pente du spectre est ensuite plus douce (7 dB par octave) jusque 8 kHz. La seule différence marquée entre les deux SMLT tient dans le renforcement des pics à 500, 1500 et 2500 Hz, dans le cas de la narration. Ce phénomène trahit, pour l'auteur, une tendance marquée du sujet à centrer ses voyelles : l'articulation plus précise que requiert la lecture du "rainbow passage" aurait produit plus de voyelles périphériques et amoindri le phénomène.

Formby et Monsen (1982) étudient les voix de dix adolescents normaux et 20 adolescents atteints de troubles auditifs. Ces derniers se partagent en deux sous-groupes différenciés par leur intelligibilité (bonne ou mauvaise). Les sujets lisent une à une plusieurs phrases de 5 à 6 mots. Leurs productions sont traitées par un analyseur dont les filtres présentent une largeur de bande constante de 60 Hz dans la gamme de 0 à 10 kHz. Les SMLT des adolescents normaux (des deux sexes) présentent des structures régulières de pics correspondant à la fondamentale et à ses harmoniques (environ 250 Hz et ses multiples). Les spectres des malentendants caractérisés par une bonne intelligibilité sont assez semblables en structure à ceux des sujets normaux. Seuls les SMLT de deux sujets ne présentent pas la structure de pics réguliers observée antérieurement. Les pentes moyennes des SMLT de cette catégorie sont légèrement plus importantes que dans le cas des sujets normaux. Dans le groupe de sujets peu intelligibles, par contre, la structure harmonique du SMLT est le plus souvent irrégulière et mal définie. Quelques-uns de ces locuteurs, cependant, produisent des SMLT dont les harmoniques sont plus étroits et mieux définis que ceux des adolescents normaux. La pente du SMLT des malentendants peu intelligibles est en outre plus importante que celle du SMLT des sujets normaux. Les

différences de pentes relevées pourraient, d'après les auteurs, être imputées en première analyse, à des différences de forme de l'onde de source: celle-ci produirait des SMLT d'autant plus pentus qu'elle serait symétrique. Les spectres de sujets sourds présentant une structure harmonique très détaillée sont, quant à eux, imputés à un manque de variation du pitch; les SMLT dont les harmoniques sont mal définis peuvent au contraire provenir de voix présentant une importante labilité du pitch.

Harmegnies (1985) relate une expérience visant à étudier les variations de qualité vocale entraînée, chez des sourds, par la suppression de l'appareillage prothétique. Des SMLT furent calculés à partir des productions de chaque locuteur, tantôt pourvu, tantôt dépourvu de ses prothèses. Deux types de comparaisons furent effectuées: des comparaisons intra locuteur inter condition de production, d'une part, et, d'autre part, des comparaisons entre les SMLT recueillis et ceux provenant de locuteurs ne présentant pas de déficience auditive. Chaque confrontation de deux spectres donna lieu au calcul d'un coefficient de corrélation interspectrale. Les valeurs d'indices ainsi recueillies furent comparées à des distributions de référence préétablies. Ce travail a permis d'identifier les locuteurs sensibles à la privation de prothèse et aussi d'attribuer une "valence" aux modifications de la qualité vocale. Il a ainsi été montré que la privation auditive agit de manière très hétérogène sur les voix des malentendants. Pour certains en effet, elle semble n'exercer aucune action; d'autres y semblent au contraire très sensibles; d'autres encore présentent une réaction mitigée. En outre, lorsque la voix du malentendant est modifiée sous l'effet de l'appareillage prothétique, elle l'est dans le sens d'un rapprochement en direction des voix normales. On a aussi pu constater que les sujets dont la voix est fortement modifiée par l'appareillage sont considérés comme des locuteurs peu intelligibles par leur entourage éducatif. Par

contre, les sujets ne présentant pas de différence vocale inter condition sont considérés comme moyens ou bons locuteurs. Une hypothèse de type fonctionnel a été avancée pour rendre compte des phénomènes observés. Nous la résumerons brièvement ici. Certains sujets auraient déjà atteint un stade d'équilibre fonctionnel de la phonation, d'autres pas. Les premiers présentent une bonne intelligibilité, leur voix n'est pas très éloignée d'une voix normale et, finalement, une privation momentanée de leur prothèse auditive ne modifie guère la qualité de leur émission vocale : les comportements phonatoires, étant bien installés, ne nécessitent que peu de contrôle auditif. Sans doute les informations de nature proprioceptive jouent-elles un rôle important pour ces individus. Chez les seconds, les comportements phonatoires sont mal stabilisés, ils nécessitent beaucoup de régulation et toutes les sources de contrôle sont, par conséquent, importantes : la privation de la prothèse constitue donc un handicap qui détériore les performances vocales; ces sujets sont ceux qui présentent en général une mauvaise intelligibilité et des caractéristiques acoustiques vocales éloignées de celles des sujets ordinaires.

4.3. Discussion

Ainsi que le montrent la grande majorité des recherches envisagées ici, le SMLT s'avère très sensible aux pathologies de la production vocale. De plus, ses variations ont pu être corrélées aux catégories de divers modèles descriptifs de la qualité vocale. Au contraire de ceux-ci, basés la plupart sur des assises perceptives, le SMLT présente cependant l'avantage de constituer un instrument d'observation objectif. Il apparaît clairement qu'en cette matière, si l'objectivation des phénomènes ne pose plus guère de problèmes majeurs, un effort significatif reste à entreprendre dans le domaine de la mesure au

sens propre. Trop souvent, en effet, les comparaisons restent essentiellement perceptuelles, même si, la plupart du temps, l'observation est rationalisée par une analyse plus ou moins détaillée de certains aspects quantitatifs des spectres. Par ailleurs, lorsque la comparaison est entièrement mathématisée (rapports alpha et W, technique de Sundberg et Gauffin), c'est au prix d'une réduction drastique de l'information contenue dans le spectre, ce dernier pouvant, par exemple, être réduit à un seul nombre .

Dans le cas des expériences relatives aux altérations des fonctions auditives, les effets sont manifestement plus ténus, voire douteux, dans certains cas. Ainsi que l'a montré notre expérience (Harmegnies, 1985), l'usage des techniques importées de la reconnaissance automatique du locuteur peut ici être d'un grand secours. Bien que n'opérant aucune réduction de l'information contenue dans les spectres, ces techniques permettent cependant de concentrer en un seul nombre le résultat de la comparaison de deux spectres. L'un des avantages de la traduction en nombres est bien entendu la possibilité d'appliquer à ces derniers des raisonnements mathématiques; en particulier, ici de comparer les nombres entre eux. Néanmoins, la notion même de comparaison postule l'existence d'un référentiel de base, permettant de statuer sur la "normalité" des différences observées.

5. CONCLUSIONS

Au terme de cette synthèse, on ne peut qu'être frappé par la grande sensibilité du SMLT, non seulement à l'individualité du locuteur, mais encore à tous les attributs qui concourent à déterminer cette dernière. On conçoit aisément, dès lors, que l'utilisation du SMLT ait, très tôt, été envisagée dans le cadre de diverses recherches appliquées. Des perspectives prometteuses semblent d'ailleurs se dessiner, en particulier dans les domaines psychologique, phoniatrique et logopédique.

Nous avons néanmoins, au cours de notre revue de la littérature, regretté à plusieurs reprises que des variations observées sous l'effet de diverses variables (état psychologique, appartenance sociale, pathologies diverses, etc.) n'étaient pas comparées aux variations naturelles du SMLT. Cette carence a été imputée au fait que les auteurs concernés, d'une part, ne possédaient pas les outils de mesure nécessaires et, d'autre part, ne disposaient pas des valeurs de référence permettant d'établir une sémiologie des indices de (dis)similarité concernés.

Notre étude de la littérature en matière de reconnaissance de locuteur a, certes, montré quelles mesures peuvent être utilisées pour juger de la (dis)similarité entre les SMLT. Nous devons cependant constater que les auteurs utilisant ces techniques se bornent à fournir des scores de reconnaissance et omettent de présenter les valeurs d'indices obtenues lors de leurs comparaisons.

En outre, dans la plupart de ces recherches, on n'accorde curieusement qu'une attention très réduite à la variabilité intra sujet. Ainsi, dans certaines recherches de Hollien et coll., par exemple, chaque sujet est caractérisé par une seule comparaison intra sujet. Il apparaît donc clairement qu'en l'absence d'informations précises sur les distributions des valeurs d'indices de (dis)similarité inter et intra sujet, il s'avère impossible d'échapper aux écueils que nous avons soulignés. Avant que d'entreprendre de nouvelles recherches sur l'effet de diverses variables sur le SMLT, avant que de tenter d'utiliser le spectre moyen à des fins diagnostiques ou pronostiques, il nous semble dès lors primordial d'établir les caractéristiques des distributions de valeurs d'indices obtenues lors de comparaisons ne faisant intervenir que la variabilité naturelle du SMLT.

Par ailleurs, peu de langues -excepté l'anglais- ont fait l'objet d'études intensives en la

matière. L'arabe et le chinois apparaissent dans deux recherches, l'espagnol fait l'objet de trois publications. Le français, qui apparaît en second rang d'importance après l'anglais, est abordé dans une dizaine de travaux. Dans cet ensemble, on trouve cependant plusieurs redondances. En outre, les SMLT provenant de la langue française ne sont pas toujours la préoccupation majeure des auteurs de ces publications. Souvent, le français y apparaît parmi d'autres langues (Bordone et al., 1974; Tosi et al., 1977; Halle et al., 1984; de Boysson-Bardies et al., 1986; Esling, 1983). Enfin, le nombre total de locuteurs étudiés dans le cadre de ces expériences est de l'ordre d'une centaine, tout au plus. Le nombre de SMLT établis, quant à lui, n'atteint pas trois cents. En conséquence, il nous paraît urgent que de nouvelles recherches relatives au SMLT soient entreprises dans un cadre linguistique diversifié.

Il nous semble important, d'autre part, que toute recherche à venir implique des sujets des deux sexes. Ainsi que l'a montré notre revue de la littérature, il semble bien que le sexe influe sur les caractéristiques du SMLT. Nous avons cependant souligné que les modalités de cette influence ne font pas l'unanimité des auteurs. D'autre part, nous avons noté que les différences sexuelles sont, la plupart du temps, exprimées en termes de tendances centrales. L'hypothèse de Kiukaanniemi et al. (1982), qui suggèrent que la variabilité du SMLT dépend du sexe, mériterait sans aucun doute d'être testée systématiquement. Mis à part la recherche de ces auteurs, on ne dispose en effet d'aucune donnée en la matière. Quoi qu'il en soit, dès l'instant où l'existence d'un dimorphisme sexuel du SMLT apparaît patente, on voit mal comment des expériences futures pourraient sciemment ignorer l'une des deux moitiés du genre humain.

Enfin, au plan technique, il nous semble capital que soient menées des expérimentations concernant les effets, sur le SMLT, du contenu

et de la durée du corpus. Une attention toute particulière devrait également être réservée à l'étude des pouvoirs discriminants respectifs des indices de (dis)similarité, et plus généralement à celle de l'ensemble des sources de variabilité que constituent les choix technologiques et méthodologiques opérés au départ de toute expérimentation.

6. BIBLIOGRAPHIE

ANIANSOON, G., Speech discrimination predicted from tone audiometry and articulation index, Act Otolaryng., S 320, 36-43, 1974.

ANSI, American national standard methods for the calculation of the articulation index, S.3.5, 1969.

BANULS-TEROL, V., "Weighted average spectrum of human speech : an approach", Proc. of the 7th Int. Congr. on Acoustics, 253-256, 1971.

BENSON, R., HIRSH, I., "Some variables in audio spectrometry", J. Acoust. Soc. Amer., 25, 499-505, 1953.

BORDONE, C., DUBES, R., PISANI, R., SACERDOTE, G., TOSI, O., Invariances of talkers' choral spectra, communication au 87th meeting of the Acoustical Society of America, New York, 1974.

BORDONE-SACERDOTE, C., SACERDOTE, G., "Some spectral properties of individual voices", Acustica, 21, 199-210, 1969.

BOULLOSA, R.R., PEREZ RUIZ, S.J., "Long-term average spectrum of Spanish", Appl. Acoust., 17, 3, 1984.

BOYSSON-BARDIES, B. de, SAGART, L., HALLE, P., DURAND, D., "Acoustic investigations of cross-linguistic variability in Babbling", in Lindblom B., Zetterström R., (Ed.),

Precursors of early speech, Southampton, Stokton, 113-126, 1986.

BUNGE, E., "Herkenning van sprekers door een computer", Philips Technical Review, 37, 179-192, 1977, b.

BYRNE, D., "The speech spectrum - some aspects of its significance for hearing aid selection and evaluation", Br. J. Audiol., 11, 40-46, 1977.

CLARKE, F.R., BECKER, R.W., "Comparison of techniques for discriminating among talkers", J. Speech Hear. Res., 12, 747-761, 1969.

DEJONCKERE, P.H., "Comparison between long-time-average-spectra of the voice and the sonographic degree of hoarseness according to Yanagihara's classification", International Journal of Rehabilitation Research, 7(1), 73-74, 1984.

DEJONCKERE, P.H., CUVELIER, F., "Spectrographie moyenne de longue durée de la parole: Discrimination entre la voix normale et la voix pathologique", Acta Oto-Rhino-Laryngologica Belgica, 37, 5, 784-795, 1983.

DOHERTY, E.T., "An evaluation of selected acoustic parameters for use in speaker identification", Journal of Phonetics, 4, 321-326, 1976.

DOHERTY, E.T., HOLLIEN, H., "Multiple-factor speaker identification of normal and distorted speech", Journal of Phonetics, 6, 1-8, 1978.

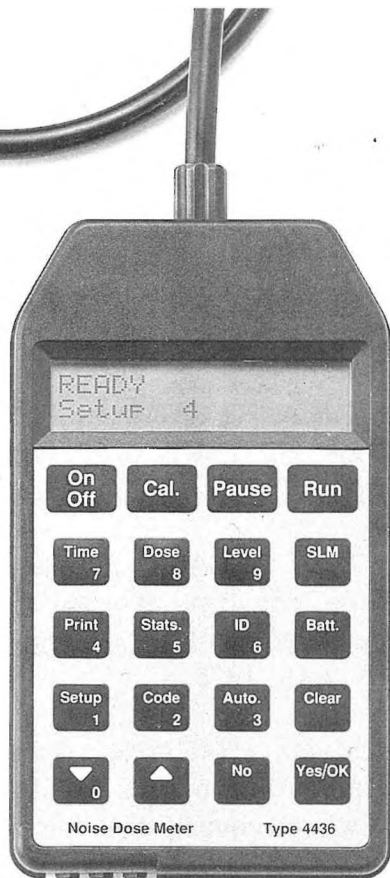
DUNN, H., WHITE, S., "Statistical measurement on conversation speech". J. Acoust. Soc. Amer., 11, 278-288, 1940.

ENDRESS, W., BAMBACH, W., FLÖSSER, G., "Voice spectrograms as a function of age,

- voice disguise, and voice imitation", J. Acoust. Soc. Amer., 49, 6, 1842-1848, 1970.
- ESLING, J.H., Quantitative analysis of acoustic correlates of supralaryngeal voice quality features in the long time spectrum, Project Report, University of Victoria, 1983.
- ESLING, J., The Setting Component of accent in Vancouver, Social Sciences and humanities research council of Canada, Research grant, 410-85-0481, Final Report, 1986.
- ESLING, J., "Vowel shift and long term average spectra in the Survey of Vancouver English", Proceedings of the 11th International Congress of the Phonetic Sciences, 4, 243-246, 1987.
- FANT, G., Acoustic theory of speech production, The Hague, Mouton, 1959.
- FLETCHER, H., Speech and hearing in Communication, Princeton, Van-Rein, 1953.
- FORMBY, C., MONSEN, R.B., "Long-term speech spectra for normal and hearing-impaired adolescents", J. Acoust. Soc. Am., 71, 196-202, 1982.
- FRENCH, N., STEINBERG, J., "Factors governing the intelligibility of speech sounds", J. Acoust. Soc. Amer., 19, 90-119, 1947.
- FRITZELL, B., HALLEN, O., SUNDBERG, J., "Evaluation of teflon injection procedures for paralytic dysphonia", Folia Phoni., 26, 414-421, 1974.
- FROEKJAER - JENSEN, B., "Acoustic-statistical analysis of voice quality", Annual Report of the Institute of Phonetics, University of Copenhagen, 13, 189-200, 1979.
- FROEKJAER-JENSEN, B., PRYTZ, S., "Registration of voice quality", Bruël & Kjaer Technical Review, 3, 3-17, 1976.
- FURUI, S., "Effects of long-term spectral variability on speaker recognition", J. Acoust. Soc. Amer., 64, suppl 1., paper NN28, 183, 1978.
- FURUI, S., "Research on individuality features in speech waves and automatic speaker recognition techniques", Speech Communication, 5, 183-197, 1986.
- FURUI, S., ITAKURA, F., SAITO, S., "Talker Recognition by the long time Averaged Speech Spectrum", Trans. IECE, 55-A, 10, 550, 1972.
- FURUI, S., ITAKURA, F., SAITO, S., "Personal information in the long time average speech spectrum", The electrical communication Laboratories, 23, 9-10, 1975.
- GUBRYNOWICZ, R., "Méthode d'analyse statistique du spectre de la parole: Application à la reconnaissance automatique du locuteur", Proc. 7th Int. Congress. Acoust., 3, 25-28, 1971.
- HALLE, P., de BOISSON BARDIES, B., SAGARD, L., "Utilisation des spectres à long terme pour dégager des propriétés acoustiques des langues : étude comparative et développementale", Actes des 13èmes journées d'études sur la parole, GALF, Bruxelles, 147-148, 1984.
- HAMMARBERG, B., FRITZELL, B., GAUFFIN, J., SUNDBERG, J., WEDIN, L., "Perceptual and acoustic correlates of abnormal voice qualities", Acta Otolaryng., Stockholm, 90, 441, 1980.
- HARGREAVES, W.W., STARKWEATHER, J.A., "Recognition of speaker identity", Language and Speech, 6, 63-67, 1963.
- HARMEGNIES, B., "Contribution à la caractérisation de pathologies audio-phonatoires par le spectre vocal moyen", Actes des 14èmes Journées d'Etude de la Parole, Paris, GALF, 51-54, 1985.

A SOUND DECISION!

This dose meter withstands the rigors of the modern industrial environment, yet provides accurate and dependable readings.

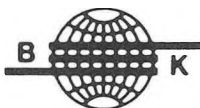


The Type 4436 dose meter can be used as a Type 2 integrating sound level meter.

Put the latest sound technology in your pocket and protect your employees from damaging noise exposure with a dose meter. The Type 4436 incorporates the latest technology and yet is rugged enough to withstand the most hostile industrial environments.

Bruel & Kjaers's Type 4436 microphone is protected inside the instrument casing where the hazards of the workplace cannot reach it. A strong, flexible rubber tube attached to the instrument, guides sounds to the microphone.

Specially-created software, known as the BZ 7028, allows information to be downloaded into a PC for analysis or data logging.



BRUEL & KJAER CANADA LTD.

90 Leacock Road, Pointe Claire, Quebec H9R 1H1

Tel.: (514) 695-8225

Fax: (514) 695-4808

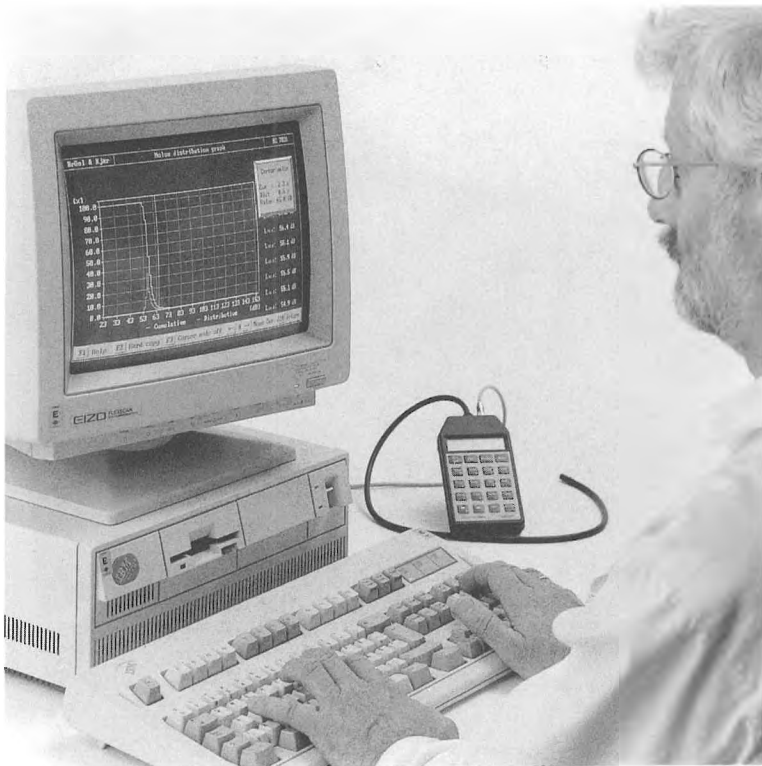
Telex: 05-821691 b k pcir

THE BEST SOFTWARE FOR THE BEST DOSE METER.

Permanent records in two minutes.

Application software BZ 7028 supporting the

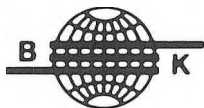
Type 4436
Noise Dose Meter
makes for an unbeatable
combination.



This dynamic new product provides:

- permanent records in two minutes or less.
- color graphs and tables
- time history
- statistical analysis
- cumulative distribution
- level distribution

In short, these are the tools with which you can quickly pinpoint problem noise exposures and provide full documentation.



BRUEL & KJAER CANADA LTD.

90 Leacock Road, Pointe Claire, Quebec H9R 1H1

Tel.: (514) 695-8225

Fax: (514) 695-4808

Telex: 05-821691 b k pcir

ACOUSTICAL INTERFACE™ SYSTEM

precision acoustical measurements
with your FFT, scope or meter

PS9200 POWER SUPPLY

- Dual Channel
- 9V "Radio" Battery
- Portable
- 50 Hours Operation
- Low Noise
- LED Status Indicator

7000 SERIES MICROPHONES

- Type 1 Performance
- 1/4, 1/2 and 1 Inch Models

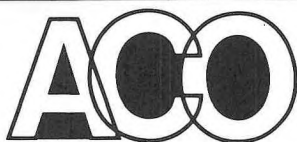
4000 SERIES PREAMPLIFIERS

- 2Hz to 200kHz ± 0.5 db
- Removable Cable
- PS9200 and 7000 Series Compatible



NEW LOW COST PRECISION MEASUREMENTS

- SINGLE CHANNEL SYSTEM UNDER \$1,200
- DUAL CHANNEL SYSTEM UNDER \$2,000
(1/2 or 1 inch microphones)



ACO Pacific, Inc.
2604 Read Avenue
Belmont, CA 94002
(415) 595-8588

© 1984

ACOUSTICS BEGINS WITH ACO

- HARMEGNIES, B., Contribution à la caractérisation de la qualité vocale; analyses plurielles de spectres moyens à long terme de parole., Dissertation doctorale, Université de Mons, 1988.
- HARMEGNIES, B., LANDERCY, A., "Language features in the long-term average spectrum", Revue de Phonétique Appliquée, 73-5, 69-80, 1985.
- HARMEGNIES B., LANDERCY, A., BRUYNINCKX, M., "An experiment in inter-languages speaker recognition using the SDDD index", Proceedings of the 11th International Congress of the Phonetic Sciences, Tallinn, 241-244, 1987.
- HARRIS, C. , WAITE, W., "Measurement of speech spectra recorded with a close-talking microphone", J. Acoust. Soc. Amer., 97, 926-927, 1965.
- HOLLIEN, H., MAJEWSKI, M., "Speaker identification by long-term spectra under normal and distorted speech conditions", J. Acoust. Soc. Amer., 62, 975-80, 1977.
- HOLLIEN, H., MAJEWSKI, W., HOLLIEN, P.A., "Perceptual identification of voices under normal stress and disguise speaking conditions", J. Acoust. Soc. Amer., 56, 553-556, 1974
- IZDEBSKI, K., "Long-Time-Average-Spectra (LTAS) applied to analysis of spastic dysphonia", in LAWRENCE, V., (Ed.) Transcripts of the 9th symposium care of the professional voice, New York, the voice foundation, 89-94, 1980.
- IZDEBSKI, K., "Overpressure and breathiness in spastic dysphonia : an acoustic (LTAS) and perceptual study", Acta oto-laryngologica, 97 (3-4), 373-378, 1984.
- JANSSON, E.V., "Long-time average spectra applied to analysis of music III, A simple method for surveyable analysis of complex sound sources by means of a reverberation chamber", Acustica, 34, 5, 275-280, 1976.
- JANSSON, E.V., SUNDBERG, J., "Long time average spectra applied to analysis of music I, Method and general applications", Acustica, 34, 1, 15-19, 1975.
- KIUKAANIEMI, H.J., MATTILA, P., "Long term speech spectra : a computerized method of measurement and a comparative study of finnish and english data", Scandinavian Audiology, 9 (2), 67-72, 1980.
- KIUKAANNIEMI, H., SIPONEN, P., MATTILA, P., "Individual differences in the long-term speech spectrum", Folia Phoniatica, 34, 21-28, 1982.
- KUWABARA, H., OHGUSHI, K., "Acoustic characteristics of professional male announcers speech sounds", Acustica, 55, 4, 233, 240, 1984.
- LANDERCY, A., HARMEGNIES, B., "Quantification interlocuteur de la variabilité spectrale interlangue", Proceedings of the 12th International Congress on Acoustics, Toronto, 1986.
- LAVIER, J., The phonetic description of voice quality, Cambridge, Cambridge University Press, 1980.
- LEIPP, E., "L'intégrateur de densité spectrale IDS et ses applications", Université de Paris VI, Bulletin du groupe d'acoustique musicale, 94, 1977.
- LORAND, P., MINIER, G., SALIOU, A., "Détermination du spectre à long terme de la parole (langue française)", Recherches en Acoustique, II, CNET, 15-25, 1975.
- MAJEWSKI, W., HOLLIEN, H., "Speaker identification by means of long-term speech

spectra", 8th Int. Congress on Acoustics, London, 274, 1974.

MAJEWSKI W., HOLLIEN H., "Euclidean distances between long term speech spectra as a criterion for speaker identification", In : FANT, G., (ed.), Speech Communication, 3, Stockholm, Almqvist and Wiksell, 303-310, 1975.

NOLAN, F., The Phonetic bases of speaker recognition, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.

OSTWALD, P.F., Acoustic methods in psychiatry, Scientific american, 212, 82-91, 1965.

PLANT, G., "The effects of an acquired profound hearing loss on speech production", British Journal of Audiology, 18, 1, 39-48, 1983.

POPOV, V.A., SIMONOV, P.V., FROLOV, H.V., KHACHATUR'YANTS, L.S., "Frequency spectrum of speech as an indicator of the degree and nature of emotional stress", ZH. Vysshey Nervnoy Deyatel'nosti, 1, 104-109, 1971.

PRUZANSKY, S., "Pattern-matching procedure for automatic talker recognition", J. Acoust. Soc. Amer., 35, 354-358, 1963.

PTACEK, P.H., SANDER, E.K., "Age recognition from voice", J. Speech and Hear. Res., 9, 273-277, 1966.

RAMIG, L.A., RINGEL, R.L., "Effects of physiological aging on selected acoustic characteristics of voice", J. Speech Hearing Res., 26 (1), 22-30, 1983.

RUDMOSE, W., CLARK, K., CARLSON, F., EISENBERG, N.J., WALKER, R., "Voice measurements with and audiospectrometer", J. Acoust. Soc. Amer., 20, 503-512, 1948.

SUNDBERG, J., "Articulatory interpretation of the "singing formant", J. Acoust. Soc. Amer., 55, 838-844, 1974.

SUNDBERG, J., GAUFFIN, J., "Waveforms and spectrum of the glottal voice source", Quarterly Progress and Status Report Speech Transmission Laboratory, 2-3, 35-50, 1978.

SUNDBERG, J., TERNSTROM, S., PERKINS, W.H., GRAMMING, P., "Long-term Average Spectrum analysis of phonatory effects of noise and filtered auditory feedback", Quarterly Progress and Status Report Speech Transmission Laboratory, 1, 57-80, 1987.

SUNDBERG, J., JANSSON, E.V., "Long-time average spectra applied to analysis of Music II, An analysis of organ stops", Acustica, 34, 5, 269-274, 1976.

TARNOCZY, T., "Determination du spectre de la parole avec une méthode nouvelle", Acustica, 8, 392-395, 1958.

TARNOCZY, T., "Sprachliche verschieden erhalten durch sprech- hormethode", 4th Int. Congr. on Acoustics, Copenhage, G27, 1-4, 1962.

TOMATIS, L.A., "Conditionnement audio-vocal", Bulletin de l'Académie de médecine, 144, 11-12, 197-200, 1960.

TOSI, O.I., Voice identification : Theory and Legal Applications, Baltimore, University Park Press, 1979.

TOSI, O., PISANI, R., DUBES, R., JAIM, A., "An objective method of voice identification", Communication à l'International Phonetic Sciences Congress, Miami, 1977.

WEDIN, S., LEANDERSON, R., WEDIN, L., "Evaluation of voice training spectral analysis compared with listeners judgements", Folia Phoniatica, 30, 103-112, 1978.

WEINBERG, B., HORII, Y., SMITH, B.,
"Long-time spectral and intensity
characteristics of oesophageal speech", J.
Acoust. Soc. Am., 67, 1781-1784, 1980.

WEISS, W., "Long term average spectra of
continuous speech before and after Tomatis
audio-vocal training", Revue de Phonétique
Appliquée, 507-523, 1985.

WENDLER, J., DOHERTY E.T., HOLLIEN, H.,
"Voice classification by means of Long-Term
Speech Spectra", Folia Phoniatic., 32, 51-60,
1980.

WILLIAMS, C.E., STEVENS, K.N., "Emotions
and speech, some acoustical correlates", J.
Acoust. Soc. Amer., 52, 1238-1250, 1972.

ZALEWSKI, J., MAJEWSKI, W., HOLLIEN, H.,
"Cross-correlation of long-term speech spectra
as a speaker identification technique",
Acustica, 34, 20-4, 1975.

7. REMERCIEMENTS

Cette analyse de la littérature a beaucoup
bénéficié de la complicité intellectuelle qui me
lie au Prof. Albert Landercy. Puisse t'il en
trouver ici un témoignage d'amicale
reconnaissance.

PALM SIZE FFT



*Amazingly smaller
and lighter than a
lap-top*

Our new SA-77 FFT Analyzer is a
true miniature. Yet it is very big
in capability.

- 0 - 1 Hz to 0 - 50 kHz.
- Zooms to 800 lines.
- FFT, phase and PDF analysis
and time waveform.
- External sampling for order
analysis.
- Stores 150 screen displays
plus 30K samples of
time data.
- Single/double integration
or differentiation.
- Arithmetic/exponential
averaging or peak-hold.
- Built-in RS-232C.
- 8 $\frac{1}{4}$ X 4 $\frac{3}{8}$ X 1 $\frac{1}{2}$ inches.
- 23 ounces.

Call today. Discover how much
noise, vibration and general
signal analysis capability you
can hold in the palm of your
hand. And at how reasonable
a cost.

 **SCANTEK INC.**
Norwegian Electronics • Rion

916 Gist Avenue, Silver Spring,
MD, USA 20910 • (301) 495-7738

AN INVITATION TO PARTICIPATE

inter·noise

92

THE 1992 INTERNATIONAL
CONGRESS ON NOISE
CONTROL ENGINEERING

Inn on the Park Hotel
Toronto, Ontario, Canada
20-22 July 1992

Sponsored by

International Institute of Noise
Control Engineering (International/INCE)

Organized by

Canadian Acoustical Association
Institute of Noise Control
Engineering of the USA (INCE/USA)

