

M. CASTELLENGO



ELABORATION DU DICTIONNAIRE
DES PHONATOMES ET AMÉLIORATIONS
APPORTÉES A LA VOIX DE L'ICOPHONE

JANVIER 1971

N° = 53

G A M

BULLETIN DU GROUPE d'ACOUSTIQUE MUSICALE
FACULTÉ DES SCIENCES • TOUR 66 • PLACE JUSSIEU • PARIS 5°

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

Furthermore, it is noted that regular audits are essential to identify any discrepancies or errors early on. This proactive approach helps in maintaining the integrity of the financial statements and prevents any potential issues from escalating.

In addition, the document highlights the need for clear communication between all parties involved. Regular meetings and reports should be provided to keep everyone informed about the current status and any changes that may occur. This fosters a collaborative environment where everyone is working towards the same goals.

Finally, it is stressed that staying up-to-date with the latest regulations and industry trends is crucial. This allows the organization to adapt quickly to any changes and remain competitive in the market.

The second part of the document provides a detailed overview of the current financial performance. It includes a summary of the revenue generated, the expenses incurred, and the resulting profit or loss for the period. This information is presented in a clear and concise manner, making it easy to understand.

The document also includes a comparison of the current performance against the budget and previous periods. This helps in identifying areas where the organization is performing well and areas that need improvement.

Overall, the document provides a comprehensive overview of the organization's financial health and offers valuable insights into its operations. It serves as a key tool for decision-making and strategic planning.

P L A N

- 1 - INTRODUCTION
 - 2 - ELABORATION DU DICTIONNAIRE DES PHONATOMES
 - a) Synthèse globale
 - b) le premier dictionnaire en voix chuchotée
 - c) Normalisation des phonatomes en vue de l'entrée en ordinateur.
 - 3 - AMELIORATION DU DICTIONNAIRE DES PHONATOMES:
 - a) Corrections des formes sémantiques
 - b) Le deuxième dictionnaire de phonatomes : le voisement
 - c) Tests sur la voix de l'icophone et 3ème dictionnaire
 - 4 - ESSAIS D'INTONATION
 - a) Hauteur harmonique et hauteur formantique
 - b) Premier essai d'intonation
 - c) L'intonation à l'icophone IV
 - 5 - AUTRES UTILISATIONS DE L'ICOPHONE IV
 - a) Le chant
 - b) La synthèse des chants d'oiseaux
 - 6 - CONCLUSIONS
-

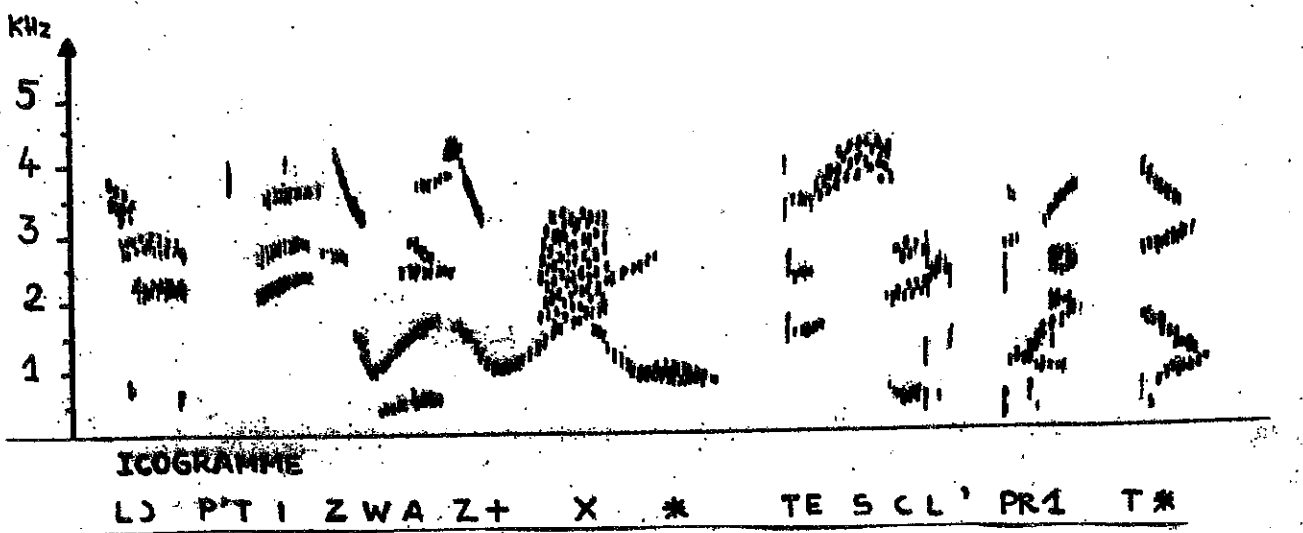
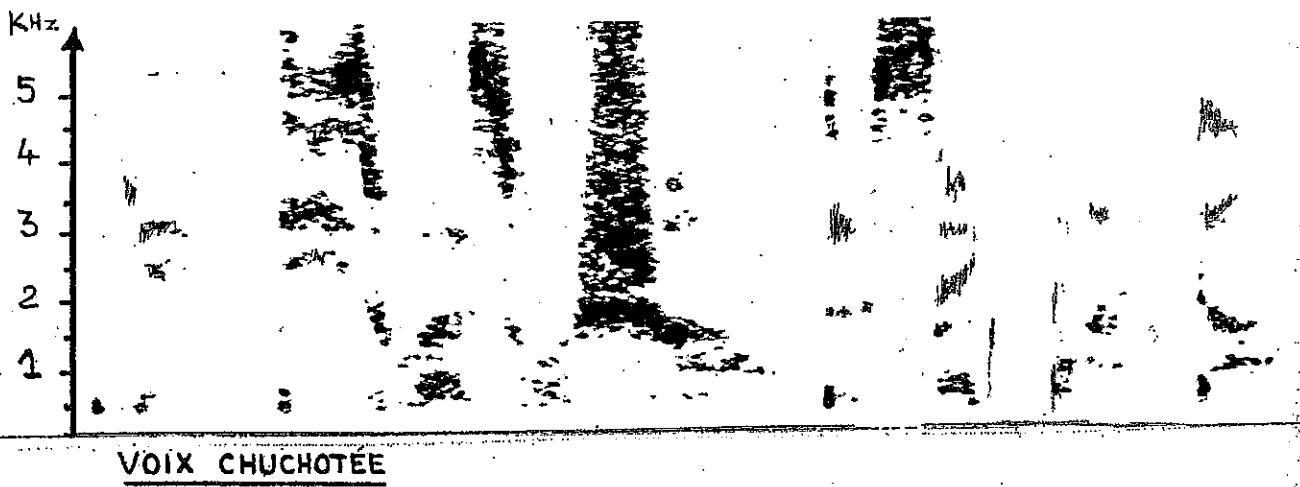
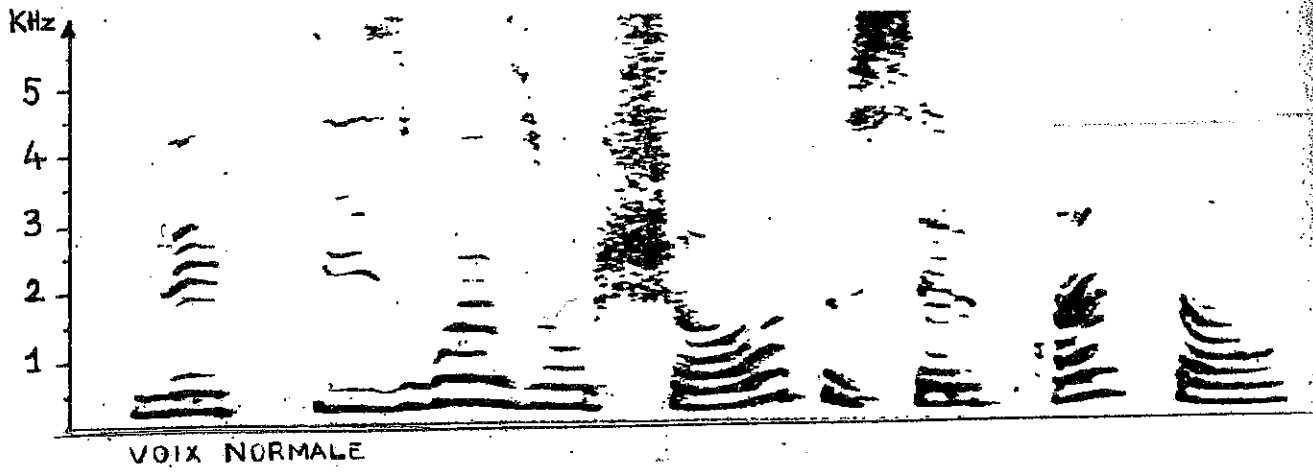


Fig.1

ELABORATION DU DICTIONNAIRE DES PHONATOMES
ET AMELIORATIONS APPORTEES A LA VOIX DE L'ICOPHONE

1 - INTRODUCTION

Comme M. LEIPP l'a exposé dans cette même étude, nos premiers essais en synthèse de parole avaient pour objectif de produire une voix, qui tout en restant intelligible soit la plus économique possible. Nous sommes donc partis de la voix chuchotée filtrée, éliminant ainsi l'information esthétique relative aux qualités acoustiques de la voix (timbre, intentions émotives etc...), pour ne garder que les formes sémantiques essentielles. Celles-ci ne sont pas immédiatement lisibles sur le sonagramme. Il faut les extraire par approximations successives, et adapter le dessin à l'appareil de synthèse.

L'Icophone I ne pouvait permettre qu'une justification de nos idées. La parole ainsi produite n'était intelligible qu'aux auditeurs fortement suggestionnés... et les manipulations beaucoup trop longues, en raison du seuil ultra critique de la cellule photoélectrique lisant par réflexion : une demi-journée de travail pour 2 secondes de parole

Avec l'Icophone II nous avons pu entreprendre une étude sérieuse de la parole synthétique.

2 - ELABORATION DU DICTIONNAIRE DES PHONATOMES.

a) Synthèse globale .

Il n'a pas été inutile au début, de recopier des sonagrammes, l'extraction des formes n'étant pas toujours évidente. Nous avons ainsi appris à exploiter l'appareil au mieux et surtout à manier le pinceau.

Sur la figure 1, on voit l'analyse au sonagramme de la phrase " Les p'tits oiseaux chantent c'est l'printemps." en voix normale (a) puis en voix chuchotée (b). En (c) on a reproduit le dessin fourni à l'Icophone. On remarque le dessin hachuré qui permettait d'obtenir un bruit simulant la voix chuchotée.

On constate aussi une anamorphose assez importante entre l'original sonographique et le dessin. Prenons par exemple les bandes formantiques du "I", elles sont situées vers 2500, 3200 et 4500 Hz pour la voix féminine analysée. (Le formant grave est quasi-inexistant en voix chuchotée et nous l'avons supprimé). Or il a fallu tout "rentrer" dans la gamme de fréquences de l'appareil qui coupe à 4400 Hz, y compris les bruits des S et des Z dont le spectre s'étend bien au delà. La copie des sonagrammes comportait donc une transposition à vue que nous avons systématisée par la suite en prenant les zones formantiques du "E" comme référence. Cette façon de faire confirmait nos idées sur la parole considérée comme forme acoustique au sens de la Gestalttheorie.

La parole ainsi obtenue était intelligible, seulement, à partir d'analyses en voix féminine on synthétisait une voix masculine. Le premier texte d'une certaine longueur (45 secondes) l'horrible histoire de la "malle sanglante de la Gare de Lyon", fait divers extrait du journal Le Monde d'Août 1967 a permis de faire quelques tests auditifs de plus longue durée et de mettre en évidence la part importante de l'habituation à ce timbre de voix si particulier.

Mais la recopie de sonagrammes n'est pas de la synthèse vraie, sans compter que l'analyse préalable prenait un temps non négligeable.

...../

Sur la base des idées exposées au colloque de Lannion (Bib. 1) nous avons donc entrepris la schématisation d'un premier dictionnaire.

b) Le premier dictionnaire en voix chuchotée.

Conjointement avec la synthèse globale nous avons commencé l'étude d'un premier dictionnaire en voix chuchotée à partir duquel quelques mots français avaient été synthétisés et présentés au colloque de Grenoble : "ticket, bureau, saucisson etc... (Bib. 2)

Chacun de nous, c'est-à-dire, M. LEIPP, J.S. LIENARD et Mlle CASTELLENGO décide de faire son propre dictionnaire. Ultérieurement, nous ferons une comparaison des 3 réalisations.

Nous avons choisi 30 phonèmes dont les associations 2 à 2 sont les phonatomes, les éléments de transition entre 2 phonèmes. Il y a 12 voyelles :

A moyen, E moyen, I , O fermé, O ouvert,

U , OU , ON , AN , IN , É , È

6 consonnes plosives : P, B, T, D, K, Gu.

6 consonnes fricatives : S, CH, F, Z, J, V,

5 autres consonnes ou assimilées M, N, R, L, Y (le Y de fille) et

un E final.

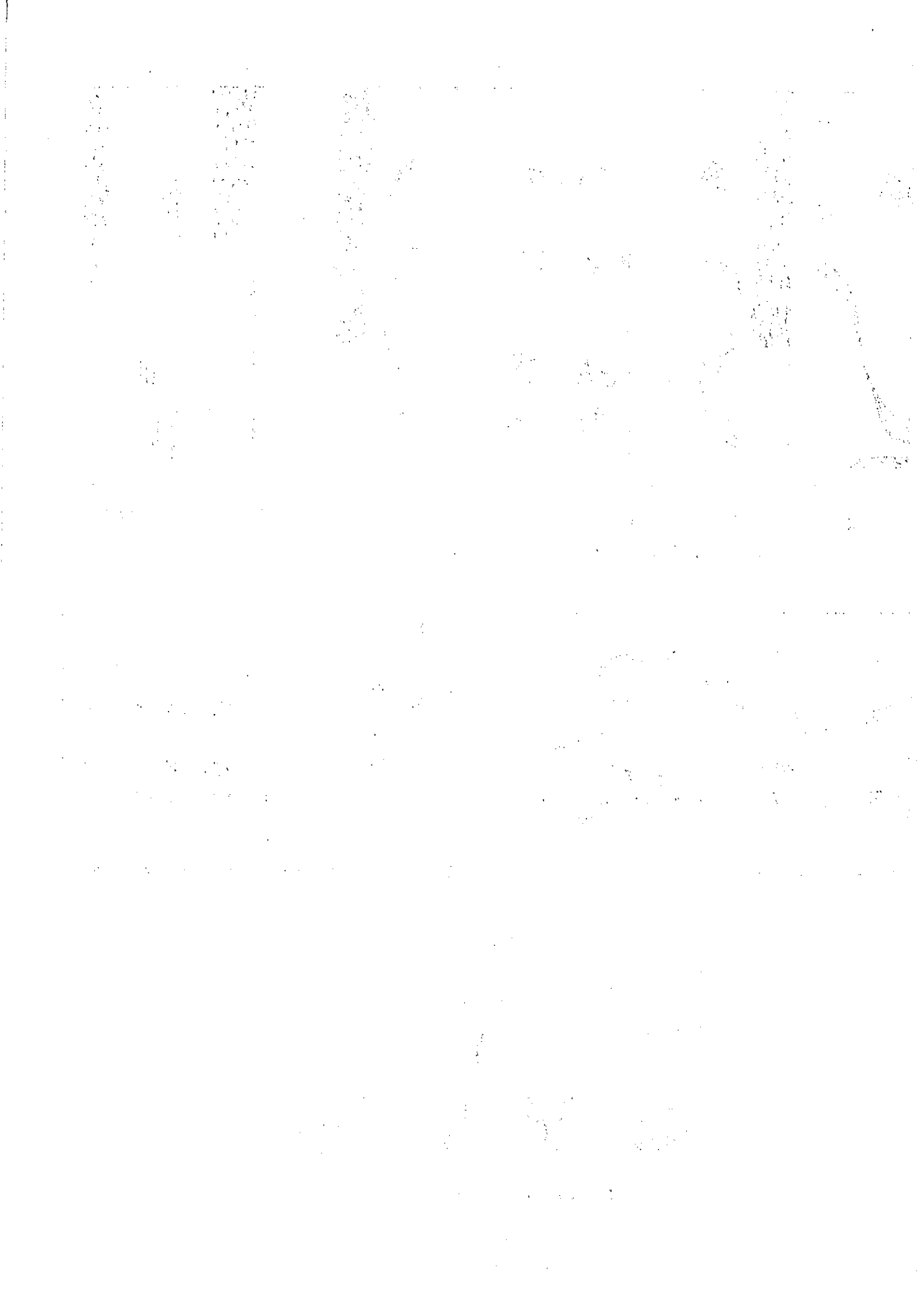
Ce choix nous a paru satisfaisant pour synthétiser une parole courante sans ambiguïté; la confusion des différents types de A, l'abandon du UN ne se sont pas révélés ^(généralis) pour l'intelligibilité. Des études préalables (Bib. 3) nous ont permis de connaître quels phonatomes étaient les plus fréquents dans le langage courant afin de les aborder en premier.

Le travail préparatoire consiste donc à tirer les analyses au sonographe des phonatomes que l'on veut étudier. Puis on les dessine sur la bande de mylar qui passera dans l'icophone II. L'expérience nous a vite appris que la suggestion personnelle était notre plus grande ennemie. Pour rester un auditeur valable il faut user de véritables ruses à l'égard de soi-même, présenter les phonatomes en désordre, les repérer par des numéros arbitraires, et un mois plus tard on est bien surpris de ne pas reconnaître ce que l'on avait considéré comme excellent, ce qui explique souvent les réactions des visiteurs non prévenus.

Tout le travail de corrections se fait à l'oreille. Il est facile de modifier le dessin, de supprimer une ou plusieurs fréquences, en agissant sur le niveau de sortie des oscillateurs, mais on se fatigue vite d'écouter des phonatomes d'1/10ème de seconde : au bout de peu de temps on est incapable de juger. Il s'est avéré rapidement nécessaire de composer des textes pour tester les phonatomes, seulement, pour 1 minute de parole il fallait 3 jours de travail... L'ordinateur est heureusement intervenu pour nous relayer dans ce travail long et fastidieux.

c) Normalisation des phonatomes en vue de l'entrée en ordinateur.

Le phonatome est ramené à un cadre de 88 mm sur 20 mm pour une durée de 100 millisecondes. Comment opérer le découpage de façon que tous les phonatomes se raccordent ?



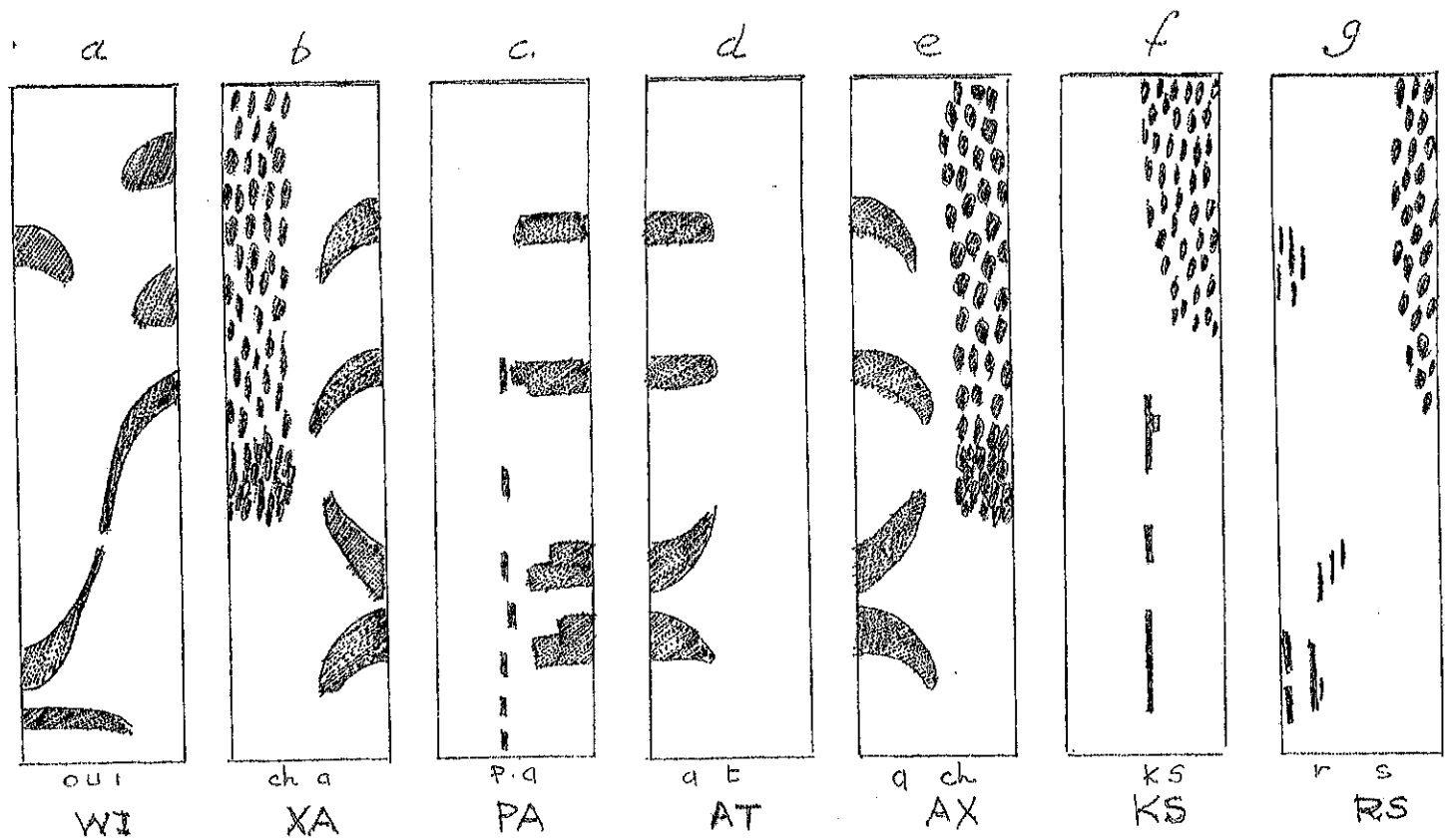
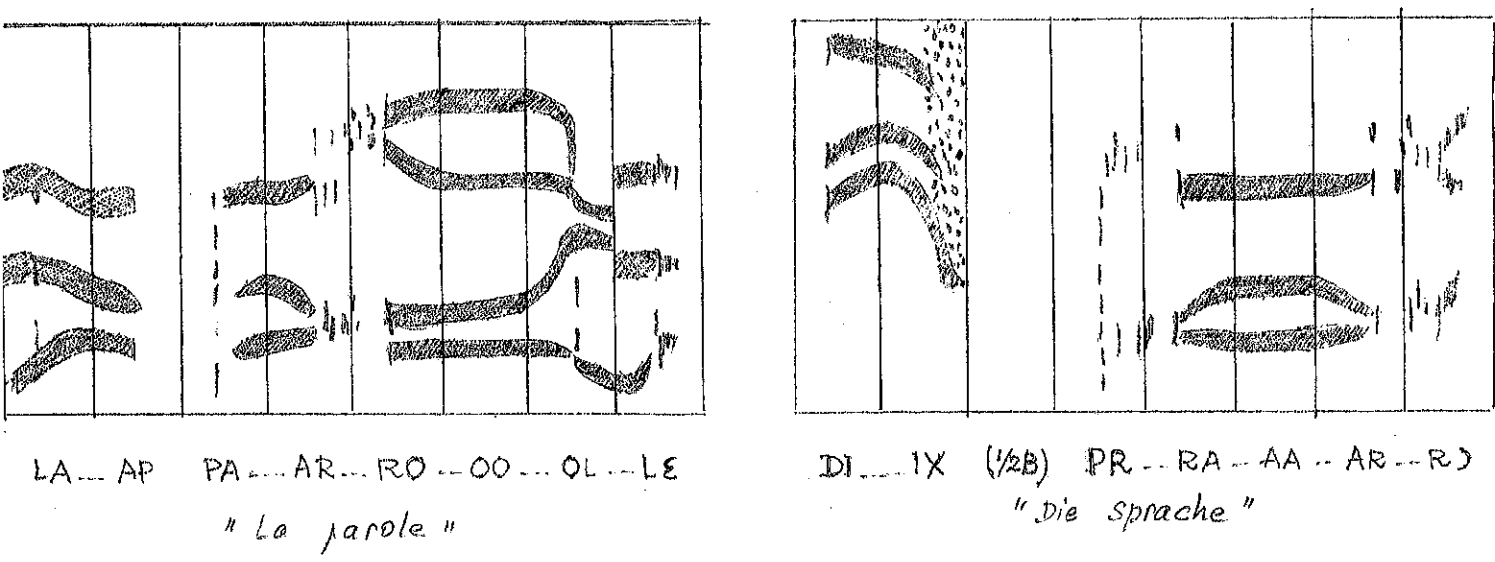
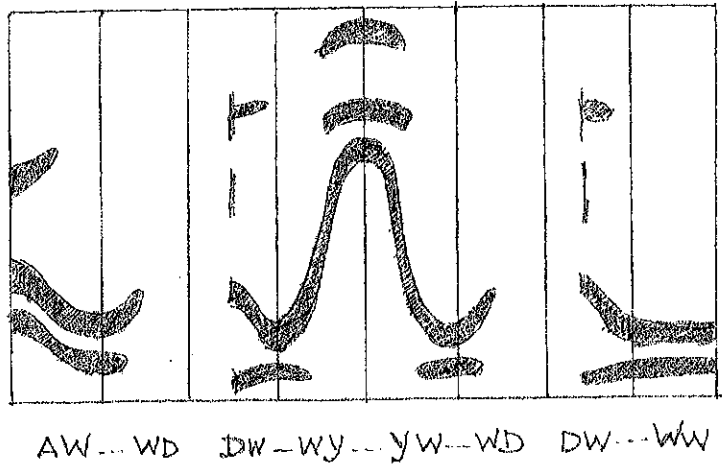


FIGURE 3. Exemples de phonotomes normalisés : Notation code (phonétique)



LA... AP PA... AR... RO... OO... OL... LE
 "La parole"

DI... IX (1/2B) PR... RA... AA... AR... R)
 "Die Sprache"



AW... WD DW... WY... YW... WD DW... WW

"How do you do?"

FIGURE 3
 (Dictionnaire chuchoté)

- élément voyelle/voyelle - Le phonatome représente la transition entre la voyelle de départ et la voyelle d'arrivée. Ex. Fig. 2a OU/I ; les positions stables sont réduites au strict minimum et permettent le raccordement des phonatomes.
- élément consonne/voyelle - La première moitié du phonatome est réservée à la consonne et la deuxième aux transitions vers la voyelle d'arrivée. Ex. Fig. 2b CHA ; dans le cas des consonnes plosives on trouve d'abord le silence (50 ms), puis l'explosion qui dure de 2 à 15 ms, puis la transition vocalique Ex. PA fig. 2c.
- élément voyelle/consonne - Lorsque la consonne est une plosive on crée un phonatome comportant d'abord l'évolution de la voyelle avant l'occlusion, puis un silence d'environ 50 ms. Lors de l'enchaînement avec le phonatome suivant on reconstitue ainsi un silence de l'ordre de 100 ms. Ex. AT fig. 2d. Dans tous les autres cas, on prend tout simplement l'élément consonne/voyelle correspondant que l'on lit à l'envers Ex. ACH Fig. 2a.
- élément consonne/consonne - Deux cas sont à considérer. Si la consonne finale n'est pas une plosive, l'élément est créé normalement. Ex. KS, Fig. 2f et RS, fig. 2g. Dans le cas contraire, le phonatome n'existe pas : il est remplacé par un demi-silence. Ainsi, pour synthétiser le mot ARDU on aura AR + 1/2 silence + DU. De même pour le mot OBTU on aura OB + 1/2 silence + TU.

Il ne reste plus qu'à associer les phonatomes comme des "dominos" pour créer des textes quelconques, de durée illimitée, même en langue étrangère. Actuellement, pour la langue française, 625 éléments suffisent, dont 219 sont réversibles.

La fig. 3 montre un exemple de synthèse par phonatomes avec les mots

LA PAROLE
DIE SPRACHE
HOW DO YOU DO

Dès que le premier dictionnaire d'éléments phonétiques chuchotés a été introduit dans la mémoire de l'ordinateur, en Octobre 1968, nous avons pu composer toutes sortes de textes par simple frappe au pupitre de la machine : textes littéraires, scientifiques mots inventés de Rabelais. Un point important est immédiatement apparu : le rôle du rythme de la parole dans l'intelligibilité. Les phonatomes étant tous de durée identique, certaines séquences étaient incompréhensibles en raison de l'absence de rythme. Un programme simple a permis d'améliorer considérablement la qualité de la voix synthétisée. Il suffit de doubler la dernière voyelle rencontrée avant une respiration (virgule, point virgule ou point).

Tel quel, ce premier dictionnaire présentait encore bien des imperfections. Nous avons donc entrepris de l'améliorer. Ce travail, long et patient fut grandement facilité par les possibilités offertes par l'ordinateur.

3 - AMELIORATIONS DU DICTIONNAIRE DES PHONATOMES.

a) Corrections des formes sémantiques.

Dès Août 1969 une unité de visualisation fut connectée à l'ordinateur. En affichant 3 phonatomes consécutifs sur l'écran on pouvait vérifier les raccordements, modifier le phonatome central si on le désirait et comparer à l'écoute ce même phonatome avant et après correction. Beaucoup d'éléments furent air

si retouchés par tatonnements, mais les résultats n'étaient pas encore satisfaisants.

Il était très difficile, malgré certaines distinctions de ne pas confondre les consonnes sourdes avec les sonores (S et Z, P et B etc...). D'autre part, bon nombre d'auditeurs reprochaient à la voix de l'Icophone son timbre particulier de voix chuchotée. Pour résoudre ces deux points il fut décidé de "voiser" les phonatomes.

b) Le voisement ; deuxième dictionnaire de phonatomes.

Un premier essai sur l'Icophone II à commande optique, toujours en fonctionnement nous a permis de résoudre le problème simplement. Pour passer d'un phonatome chuchoté à un phonatome voisé on remplit plus ou moins le bas du dessin (fréquences de 100 à 500) pour les voyelles et les consonnes sonores.

Sur la figure 4 on peut comparer le même mot "LE BATEAU" dessiné à partir du dictionnaire chuchoté puis du dictionnaire voisé.

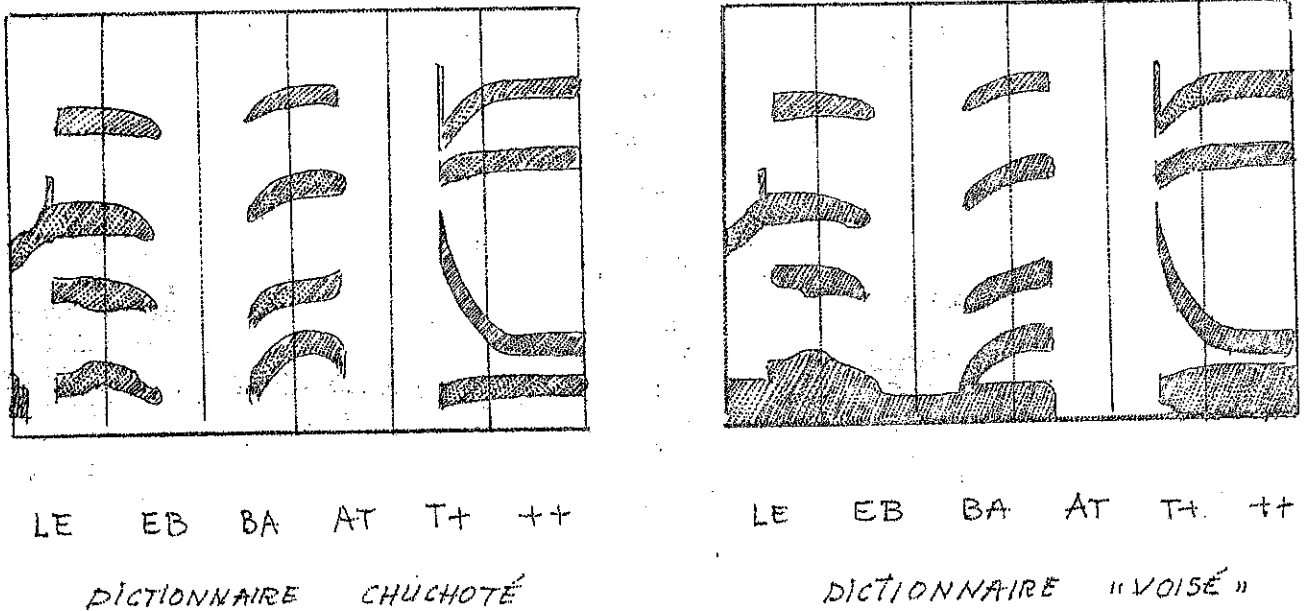


Figure 4

Il suffit maintenant d'accorder soigneusement les oscillateurs de l'Icophone. Toutes les fréquences étant harmoniques, la voix produite est monocorde, sur un fondamental de 100 Hz. Pour juger de la qualité de cette nouvelle voix et situer l'Icophone parmi les autres réalisations en synthèse de parole, nous avons entrepris une série de tests avec des auditeurs "naifs".

c) Tests sur la voix de l'Icophone et 3ème dictionnaire.

Le choix s'est porté sur le personnel du laboratoire de Mécanique de Saint-Cyr. l'École. En dehors du fait que nous étions accueillis avec sympathie, nous

...../

trouvions sur place un auditoire assez varié : ouvriers mécaniciens, secrétaires, enseignants, étudiants etc... et suffisamment nombreux (28 personnes d'âge divers).

Le test consistait en dix listes de 100 mots français, masculins, disyllabiques. Ces listes, utilisées en téléphonométrie, nous ont été aimablement communiquées par M. LORAND du C.N.E.T. Avant l'écoute du test, les auditeurs pouvaient entendre, dans le but de les habituer un peu à la voix synthétique, un court texte d'introduction (40 secondes) imprimé sur leur feuille de test.

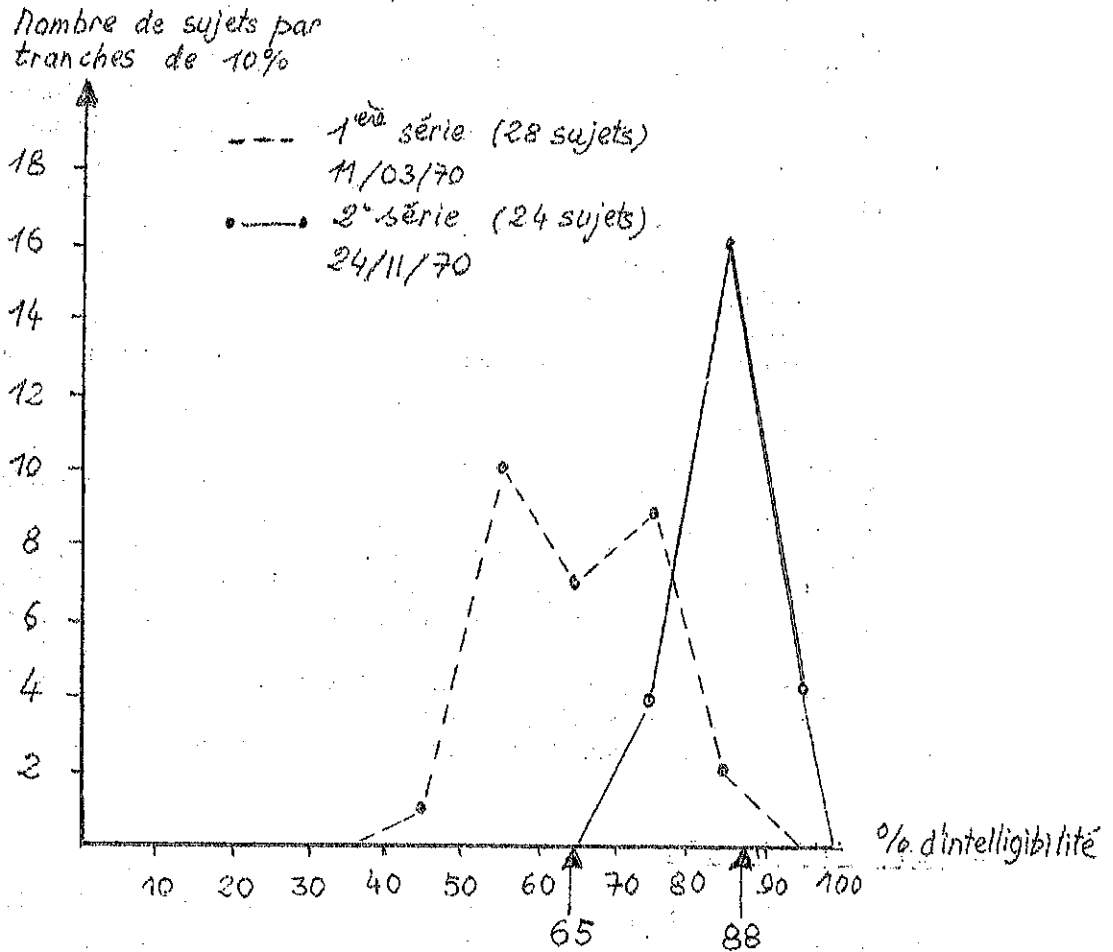


Figure 5

Les résultats (fig. 5a) s'ils n'étaient pas excellents nous ont beaucoup apporté pour la correction des phonatomes. Après un dépouillement soigneux et exhaustif nous avons constaté de nombreuses confusions entre les voyelles : nous étions nous-mêmes trop habitués à la voix de l'icophone pour nous en être rendu compte. Nous avons donc fait une étude comparative des rapports de fréquence des voyelles, chez divers locuteurs en vue de corriger la "grille des voyelles". Mais lorsqu'on change une voyelle, il faut modifier 36 éléments... et il y avait aussi beaucoup de formes à corriger, des éléments nouveaux à introduire. Pratiquement nous avons créé un 3ème dictionnaire de phonatomes qui est encore actuellement en mémoire. Ce fut un important travail, mais heureusement, nous avons bénéficié des importantes améliorations apportées au programme d'utilisation de la console de visualisation (cf exposé de M. CALINET, programme CREPH).

Huit mois plus tard, les résultats d'une deuxième série de tests toujours à Saint-Cyr, marquaient les progrès accomplis : voir Figure 5b. Les courbes comparatives portent sur les mots français. Nous avons aussi fait entendre des phrases courtes - toujours fournies par le CNET - pour lesquelles l'intelligibilité était quasi totale, et des mots "aléatoires". Ces mots, de 2 à 3 syllabes, créés par l'ordinateur sont dépourvus de sens, mais sonnent français

(cf exposé de J.S. LIENARD). On vérifie que les pourcentages de compréhension portant sur les phrases, les mots courants et les mots aléatoires sont en bonne corrélation avec ceux des courbes classiques admises en téléphonométrie (courbes de KRYTER, Bib. 4). On peut en conclure que l'intelligibilité de la voix synthétisée à l'icophone est, dès maintenant, au moins égale à celle du téléphone.

Pourtant, bien des points restent encore à améliorer : certaines confusions persistent entre L et N, M, R. Ces consonnes, particulièrement fluctuantes ne pourraient être bien définies qu'avec des "triphonèmes". Prenons par exemple l'élément RA. Il ne présente pas exactement la même forme sémantique dans l'enchaînement OURA et dans l'enchaînement IRA. Il faut donc trouver une forme moyenne qui convienne sans ambiguïté, quel que soit l'enchaînement. Nous avons trouvé aussi quelques difficultés pour la synthèse du son GN (ex. Rognon) qu'il faudrait introduire comme une consonne distincte, et du son Y; dans ce dernier cas, nous touchons par surcroît aux limites de l'appareil dont la bande passante s'arrête à 4400 Hz. Il faut donc "suggérer" par le dessin ce qui se trouve au delà. Par la suite nous disposerons de trois plaquettes supplémentaires produisant des bandes de bruit réglables jusque vers 8000 Hz. Nous pourrions améliorer grandement la qualité des fricatives. Enfin, le fonctionnement des oscillateurs en tout ou rien limite une reproduction fidèle des voyelles nasales.

Mais notre propos n'était pas de faire une voix la plus fidèle possible. On pourrait y parvenir en améliorant les formes et en apportant des modifications à l'icophone. L'étude que nous poursuivons en collaboration avec Mme BOREL MAISONNY nous a permis de faire encore quelques progrès, mais ceux-ci sont de plus en plus difficiles à obtenir. Dans l'état actuel, il est plus économique de s'habituer à la façon de parler de l'icophone, qui d'ailleurs présente sur l'être humain un avantage de fidélité et de reproductibilité incontestable.

Il restait un dernier point à explorer. La voix monocorde est ennuyeuse et fatigante pour l'oreille; il serait plus agréable d'entendre une voix modulée en hauteur. Nous avons donc porté nos efforts dans ce sens.

4 - ESSAIS D'INTONATION.

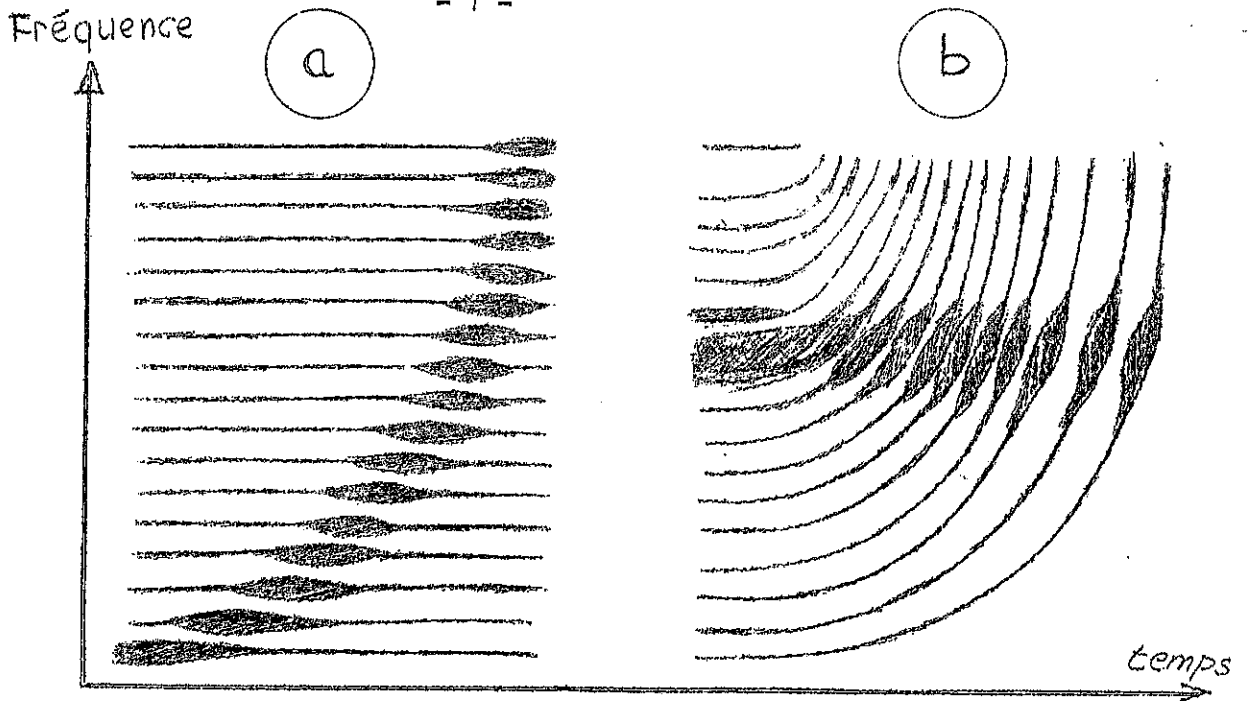
A plusieurs reprises la remarque suivante nous a été faite sur la voix chuchotée synthétisée à l'icophone : "cette voix ne comporte pas de cordes vocales, pas de hauteur, et pourtant on entend une intonation". L'explication est bien simple.

a) Hauteur harmonique et hauteur formantique.

Soit un son riche en harmoniques de tous rangs. Sa hauteur est bien définie : c'est par exemple un sol2 de 200 Hz. A l'aide d'un résonateur variable, produisons un formant ascendant (Figure 6a). Nous entendons "quelque chose qui monte" alors que la hauteur proprement dite du son est restée fixe. On réalise facilement cette expérience avec une guimbarde. La hauteur fixe est fournie par la lame vibrante de l'instrument, le formant variable par la cavité buccale. Inversement, nous pouvons varier la hauteur du son harmonique et conserver un formant fixe (Figure 6b).

A l'écoute, selon que l'on porte son attention sur le son harmonique ou sur le formant, la sensation de hauteur peut différer largement (Bib. 5). Ces phénomènes, exploités en musique traditionnelle et surtout en musique expérimentale, vont nous permettre de comprendre ce qui se passe en parole.

Avec les cordes vocales, nous pouvons fabriquer un spectre de raies harmoniques de hauteur variable; c'est la hauteur de la voix en chant, l'intonation en parole (Bib. 6).



Spectre de raies de hauteur fixe
+ formant ascendant

Spectre de raies de fréquence
ascendante + formant fixe

Figure 6

En réglant les cavités de l'appareil phonatoire nous produisons des zones formantiques plus ou moins compliquées; aux formes ainsi produites nous avons convenu d'associer une signification en parole.

Hauteur du son harmonique laryngé et hauteur des formants évoluant indépendamment l'une de l'autre, nous pouvons produire les signaux acoustiques suivants (figure 7).

Un mot, par exemple "oui", en voix recto-tono, avec intonation ascendante, avec intonation descendante.

Dans le cas particulier de la voix chuchotée, le spectre de raies est remplacé par un bruit d'écoulement produit au niveau des cordes vocales. On peut tout de même entendre une pseudo-intonation en portant son attention sur l'évolution mélodique du 2ème formant relativement plus intense et placé dans la zone sensible de l'oreille. Pour le mot oui, on entendrait toujours une intonation ascendante.

A l'Icophone III les raies harmoniques dessinent les formes sémantiques, elles en sont solidaires : il se pose donc un problème important, celui de l'anamorphose en fréquence des formes sémantiques. En effet, si nous voulons moduler les fréquences des 44 oscillateurs, les formes seront déplacées en conséquence.

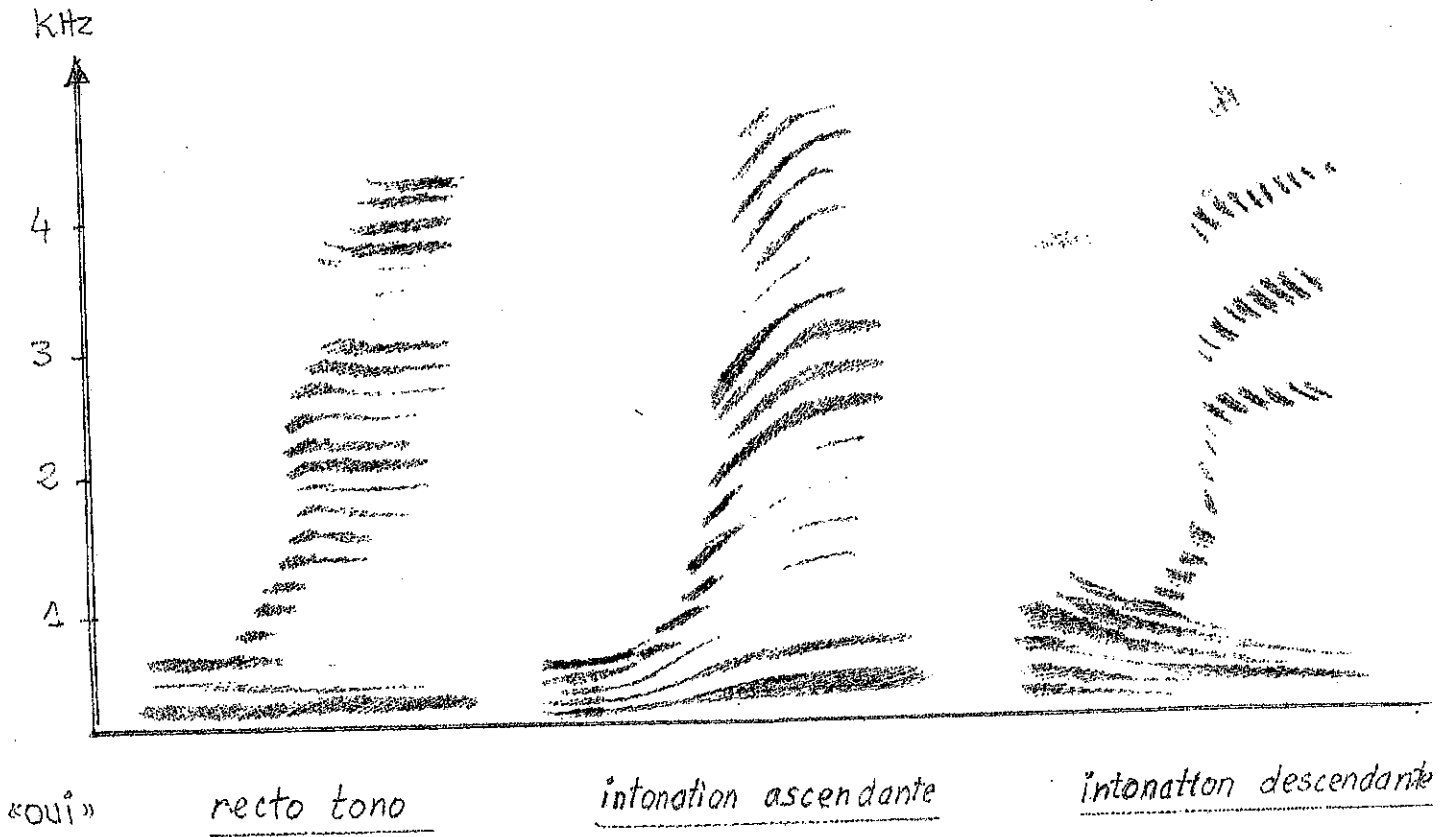


Figure 7

Prenons par exemple le mot «demain» (dem1) synthétisé à l'icophone monocorde (Figure 8a)

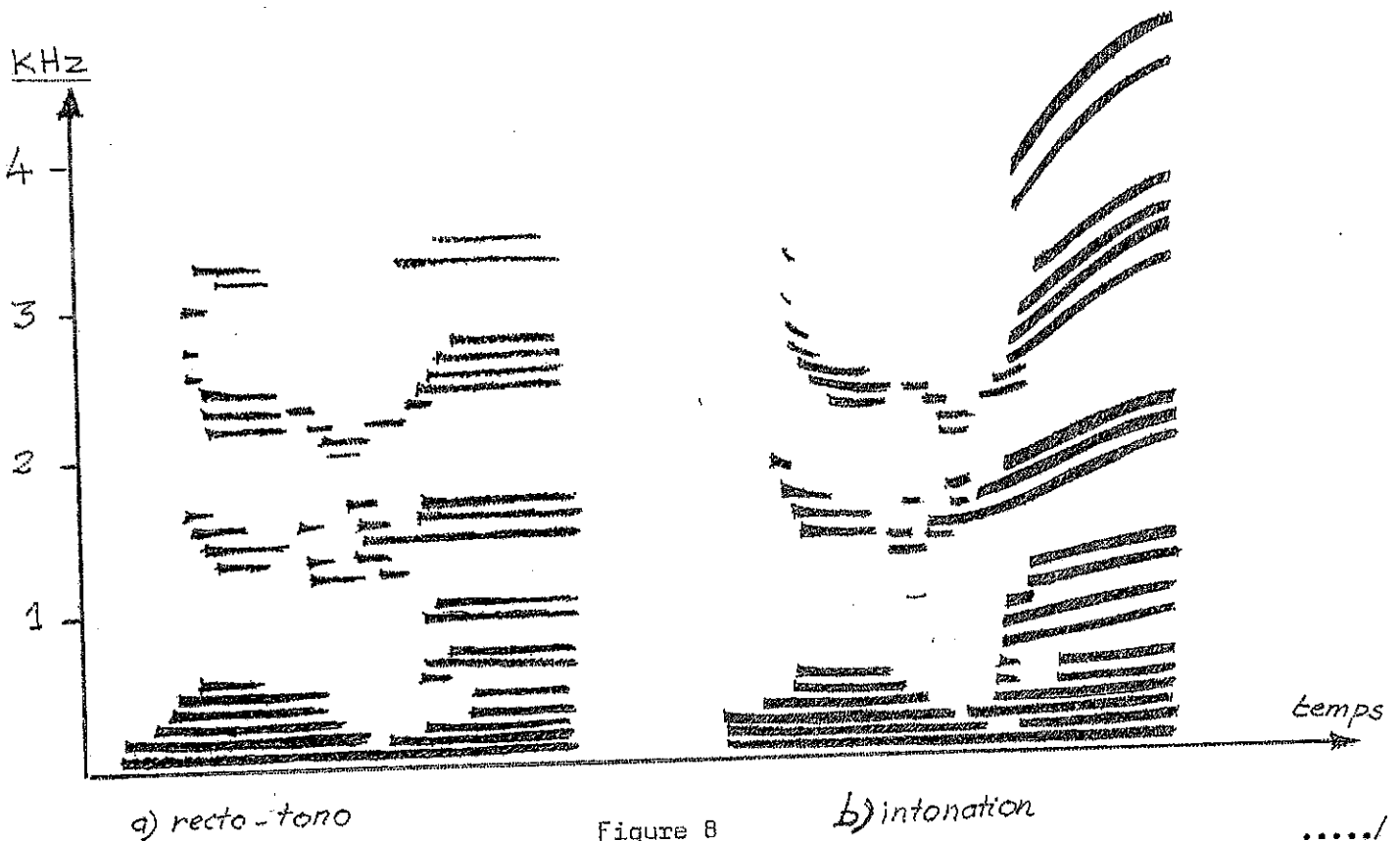


Figure 8

.....!

Avec une intonation ascendante, les formes sont déformées, amplifiées. Mais selon les données de la Gestalttheorie, la reconnaissance ne doit pas en être affectée, si on ne dépasse pas certaines limites qu'il restait à définir. L'expérience était intéressante à tenter.

b) Premier essai d'intonation.

Lorsque tous les oscillateurs sont accordés, on entend une hauteur unique de 100 Hz (à peu près Sol 1). Le premier essai consistait à enregistrer une phrase synthétisée à l'icophone, et à la relire sur un magnétophone dont la vitesse variable pouvait être réglée manuellement. On entendait très nettement une intonation mais la voix ainsi produite était des plus curieuses. En effet, lorsque la vitesse de lecture du magnétophone ralenti, la fréquence baisse, mais simultanément la durée est allongée. De plus, les variations de hauteur sont anormalement lentes du fait de l'inertie des systèmes mécaniques. Par contre, nous avons pu vérifier que les anamorphoses accompagnant inévitablement les changements de hauteur n'étaient pas gênantes. Elles donnaient au plus un accent particulier à la voix. Les résultats encourageants nous ont donc convaincus de construire un icophone II avec lequel nous pourrions étudier l'intonation.

c) L'intonation à l'icophone IV.

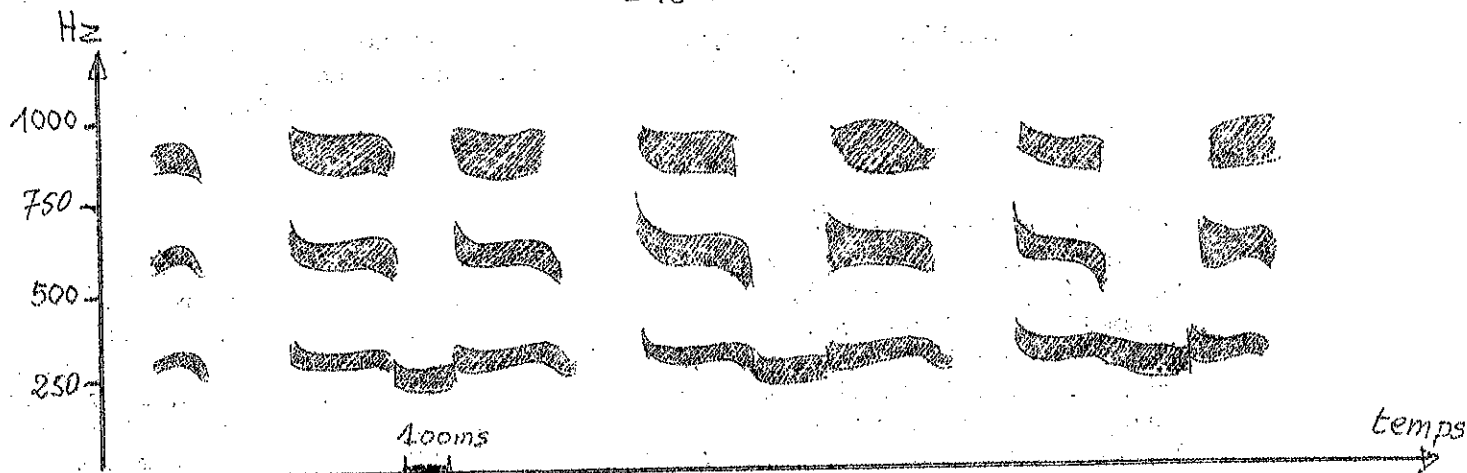
Dans cet appareil, (cf exposé de M. SAPALY), la fréquence centrale de chaque oscillateur peut être multipliée par un facteur quelconque. Comme il n'y a aucune inertie, on peut produire très rapidement de grandes variations de hauteur (2 octaves). La commande de la hauteur peut se faire manuellement au moyen d'un curseur (mais on retombe sur le problème de l'inertie) ou automatiquement à partir d'une courbe préalablement inscrite sur l'écran de visualisation relié à l'ordinateur (programme ANAMO - cf M. CALNET). L'ensemble constitue un outil de choix pour l'étude de l'intonation et surtout de l'anamorphose de la parole (cf. exposé J.S. LIENARD).

Les limites d'anamorphose acceptables sont variables selon les auditeurs et surtout selon le type d'expérience. Lorsqu'on se tient à un coefficient d'anamorphose donné on s'adapte très vite au type de voix ainsi produit. Mais dans le cas de l'anamorphose accompagnant l'intonation, les variations sont rapides et changent constamment de sens. Nous avons donc envisagé de faire une anamorphose automatique des formes, inverse de la variation de hauteur, ce qui revient à dissocier les formes sémantiques de la parole, du spectre de raies. Ainsi, lorsque la hauteur de la voix passe de 100 à 150 Hz, soit $\times 3/2$, on réalise une anamorphose de $2/3$. Cette opération se fait aisément à l'ordinateur, elle permet d'approcher de plus près la voix naturelle.

Dans le même but, nous commençons à introduire dans certains éléments phonétiques, des variations systématiques de l'intonation, qui apparaissent pendant la tenue des consonnes sonores et au moment de l'explosion des consonnes plosives. La figure 9 montre l'analyse au sonographe de quelques phonatomes prononcés à voix haute recto tono.

On voit que le mot "recto-tono" ne peut s'appliquer qu'aux parties tenues des voyelles. On observe de rapides variations de hauteur qui ne sont donc pas perçues en tant que telles, mais lorsqu'on peut les reproduire en synthèse, elles contribuent quelque peu à l'intelligibilité et surtout au naturel de la voix. Les codes des voyelles sont assimilables à des anches doubles membraneuses (Bib.7). Au moment de l'occlusion d'un B par exemple, le débit aérien est brusquement stoppé par la fermeture des lèvres. La pression s'accroît légèrement dans la cavité buccale et le larynx, et entraîne une baisse de fréquence. Le phénomène inverse se produit à l'explosion.

L'étude de l'intonation à l'icophone est en cours, déjà les auditeurs du 30 Jan-



A P A B A T A D A K A G A

On n'a représenté ici que les 3 premiers harmoniques de la voix (voix féminine, fondamental voisin de 280 Hz)

On lit très bien la ligne mélodique sur le fondamental ou sur l'harmonique 2, et on peut constater les très brèves variations de hauteur qui accompagnent l'émission des voyelles.

L'ensemble est néanmoins perçu "recto-tono"

Figure 9

vier ont pu entendre une "idylle" entre 3 personnages de voix fort différentes. Les résultats ultérieurs donneront lieu à d'autres publications.

5. AUTRES UTILISATIONS DE L'ICOPHONE IV.

Les multiples possibilités de l'icophone IV couplé à l'ordinateur nous permettent d'aborder l'étude d'autres problèmes.

a) Le chant à l'icophone.

Pour la réunion du 30 Janvier nous avons présenté "A la claire fontaine" chanté par l'icophone. En donnant aux variations de fréquence les rapports musicaux convenables, et en respectant le rythme de la chanson par l'allongement de la durée des voyelles on réalise une voix chantée tout à fait acceptable, mais bien mécanique !

Selon les suggestions de M. FONAGY il y aurait d'intéressantes études à faire sur les distinctions entre voix parlée et voix chantée; au moyen de la synthèse, on peut tester la valeur perceptive de brèves fluctuations de fréquence, systématiques ou non, à intervalle musical ou non; on peut étudier le rôle de l'anamorphose rythmique etc.... Les résultats apporteraient des données intéressantes en perception de la hauteur.

b) synthèse de chants d'oiseaux.

L'icophone est un synthétiseur sonore "universel". On peut faire de la parole, de la musique, mais aussi des bruits des cris d'animaux.//

En 1965, lors d'une réunion du GAM (Bib. 8) nous avons proposé une méthode de synthèse de chants d'oiseaux en utilisant un jazzo-flûte et des transpositions au magnétophone. Dès que nous avons disposé de l'icophone II, nous avons repris les essais à la demande de M. BRÉMOND de L'INRA, en particulier pour le chant de troglodyte. Pour couvrir la bande de fréquence nécessaire (au moins 8000 Hz) on synthétise à demi-vitesse et on pratique une transposition vers l'aigu, au magnétophone. Avec cette méthode de synthèse, il est facile de faire des opérations de retournement d'amputations, de transposition en fréquence sans changer le temps, enfin toutes sortes de dégradations du chant de l'oiseau, parfaitement contrôlées.

On peut aussi envisager un dictionnaire des "phonatomes" d'oiseaux. A titre d'exemple nous avons créé 20 éléments qui, combinés, répétés, permettent déjà de générer des formulettes intéressantes (cf. Fig. 10)

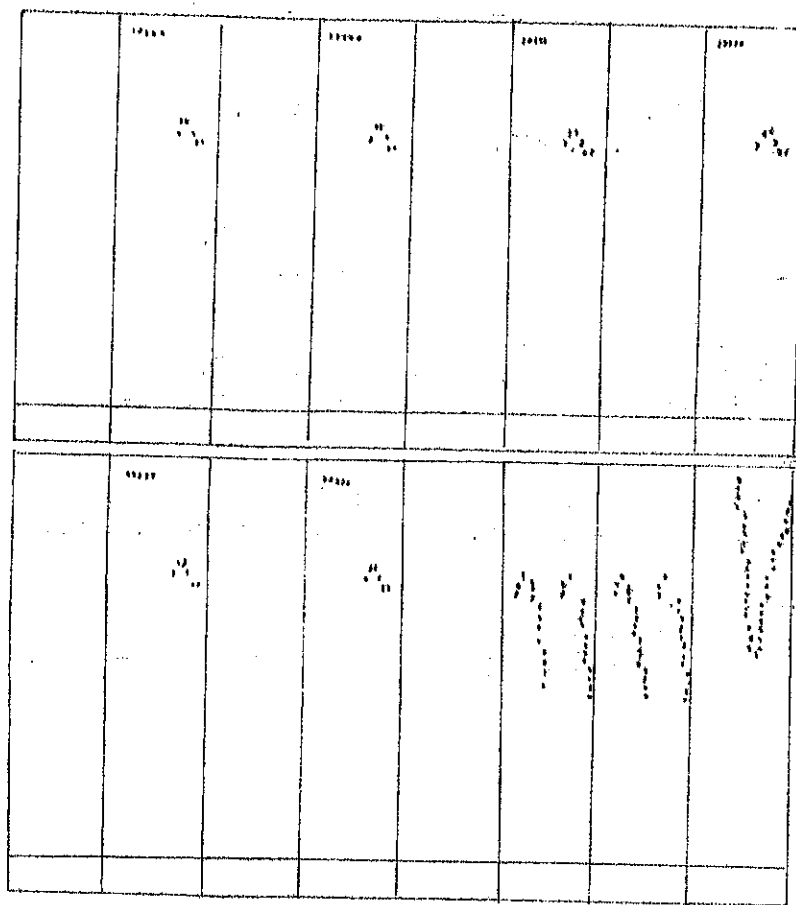


Figure 10

6. CONCLUSIONS

Grace à la construction et à l'utilisation des quatre Icophones nous avons pu vérifier par la synthèse le bien-fondé des hypothèses émises par M. LEIPP quant à la structure et à la perception des formes acoustiques de la parole. L'élaboration d'un dictionnaire de phonatomes utilisable a été un travail long et délicat qui a porté sur plus de 4 ans. Il reste à améliorer les deux autres dictionnaires pour permettre une comparaison des 3 réalisations dans le but de parfaire les invariants des phonatomes et d'étudier les anamorphoses en fréquence, d'un locuteur à l'autre.

Les résultats offrent dès maintenant une base intéressante pour entreprendre l'étude de la reconnaissance de la parole d'un locuteur quelconque.

BIBLIOGRAPHIE :

1. E. LEIPP; M. CASTELLENGO; J.S. LIENARD
" parole et Gestalttheorie". Juin 1966 - Colloque GALF de LANNION.
2. M. CASTELLENGO
" Les problèmes de la perception d'une voix synthétique".
Avril 1967 - Revue d'Acoustique N°s 3-4 p.
3. J.S. LIENARD
" Le dictionnaire des éléments phonétiques et la linguistique quantitative"
Bulletin du GAM N° 22 bis - Ed. interne - Faculté des Sciences.
4. FLANAGAN
"Speech Analysis, Synthesis and Perception".
Springer Verlag Ed. P. 241.
5. E. LEIPP
" Un paradoxe en sensation de hauteur tonale".
Comptes-Rendus de 7ème ICA BUDAPEST 1971.
6. E. LEIPP; M. CASTELLENGO.
L'intelligibilité de la parole dans le chant".
Journées d'étude du Festival International du Son - Chiron Ed. 1969.
7. E. LEIPP
" Mécanique et acoustique de l'appareil phonatoire".
Bull. du GAM N° 32 - Ed.int. Faculté des Sciences. 1967.
8. M. CASTELLENGO.
" La musique des oiseaux".
Bull. du GAM N° 6 - Ed. int. Faculté des Sciences - 1965.