

5**BULLETIN
D'AUDIOPHONOLOGIE**

p 509 : Bitonalité vocale
et labiale (mc)

p 521 : Apport de l'électro
glottographie dans
l'objectivation des
changements de
registre (Roubeau)

**LA VOIX
&
LES DYSPHONIES**

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHONIATRIE

VOLUME 17

198414^e ANNÉEPublié par l'Association Franc-Comtoise d'Audiophonologie ★ Faculté de Médecine
et de Pharmacie de Besançon ★ 25030 BESANÇON CEDEX98^e monographie du Bulletin d'Audiophonologie

BITONALITÉ VOCALE ET LABIALE

BITONALITÉ VOCALE ET LABIALE

Michèle CASTELLENGO* - Benny SLUCHIN
Anne GEFROY & René CAUSSÉ

- Paris -

* Chargée de recherches au CNRS, ERA 537
Laboratoire d'Acoustique de l'Université Paris VI - Tour 66, 5e étage - 4, place Jussieu
75230 PARIS Cedex 05

Bitonalité vocale et labiale

Au cours d'une précédente étude de l'émission du son au trombone, nous avons recensé plusieurs types de sons multiphoniques. L'un d'entre eux nous a paru présenter des analogies frappantes avec une forme de bitonalité fréquente dans les cas de disphonie. La voix, considérablement aggravée se stabilise par instants sur un des sous-multiples de la fréquence fondamentale $F/2$, $F/3$.

Nous avons alors entrepris une étude acoustique comparative de ce phénomène à la voix humaine et au trombone. Nous suggérons une explication possible des mécanismes mis en jeu.

Mots clés : - Bitonalité - son multiphonique - trombone à coulisse - disphonie -

Vocal and Labial Bitonality

In the outline of a thorough study of sound emission of the trombone, we have listed several kinds of multiphonics sounds. One of them was found to show striking analogies with a kind of vocal bitonality which is usual in dysphonia. The voice gets lower and lower and stabilizes for a moment on a sub-multiple of the fundamental frequency : $F/2$, $F/3$...

We have carried out a comparative acoustical study of these phenomena in the human voice and the trombone. Here we propose an explanation for the mechanisms producing these effects.

Key Words : - Bitonality - multiphonics sound - trombone - voice disphony -

Bitonalité vocale et labiale

INTRODUCTION

L'étude acoustique de la bitonalité vocale rentre dans le cadre général de l'émission multiphonique. Depuis quelques années nous avons entrepris au Laboratoire d'Acoustique une recherche approfondie sur l'émission multiphonique des instruments à vent : flûte, hautbois, clarinette, trombone (1, 2). Ceux-ci, utilisés classiquement comme instruments monodiques peuvent, dans certaines conditions, émettre de véritables accords. Le phénomène n'est pas toujours aisé à contrôler et son explication pose de gros problèmes aux acousticiens (3).

Lors d'analyses de voix bitonales faites pour la préparation d'un mémoire d'orthophonie (4) nous avons été frappés de la fréquence d'occurrence des intervalles musicaux simples : octave, quinte. Ceci nous a amené à rapprocher ce phénomène d'un type de multiphonique que nous avons étudié avec le tromboniste Benny SLUCHIN.

L'ANALOGIE DE FONCTIONNEMENT DES LEVRES VOCALES ET LABIALES

Cette analogie a déjà été développée à plusieurs reprises (5, 6). Du point de vue acoustique les deux systèmes sont similaires : les lèvres du tromboniste sont comme les 2 cordes vocales, deux bourrelets élastiques dont on peut varier la longueur vibrante, la masse, la raideur et surtout -ce qui les distingue des autres types d'anches- la tension. Les deux systèmes produisent une succession d'impulsions dont le spectre à la source est riche en harmoniques, l'amplitude de ceux-ci décroissant avec leur rang.

S'il est permis de transposer les phénomènes on conçoit d'emblée l'intérêt de l'étude acoustique de la vibration des lèvres du tromboniste :

- l'observation en est aisée avec une embouchure transparente,
- la description des sensations est plus immédiate et plus précise,
- enfin on peut séparer la source de l'instrument proprement dit (le tuyau) pour étudier les contributions relatives des deux parties.

Buccaux et labiaux

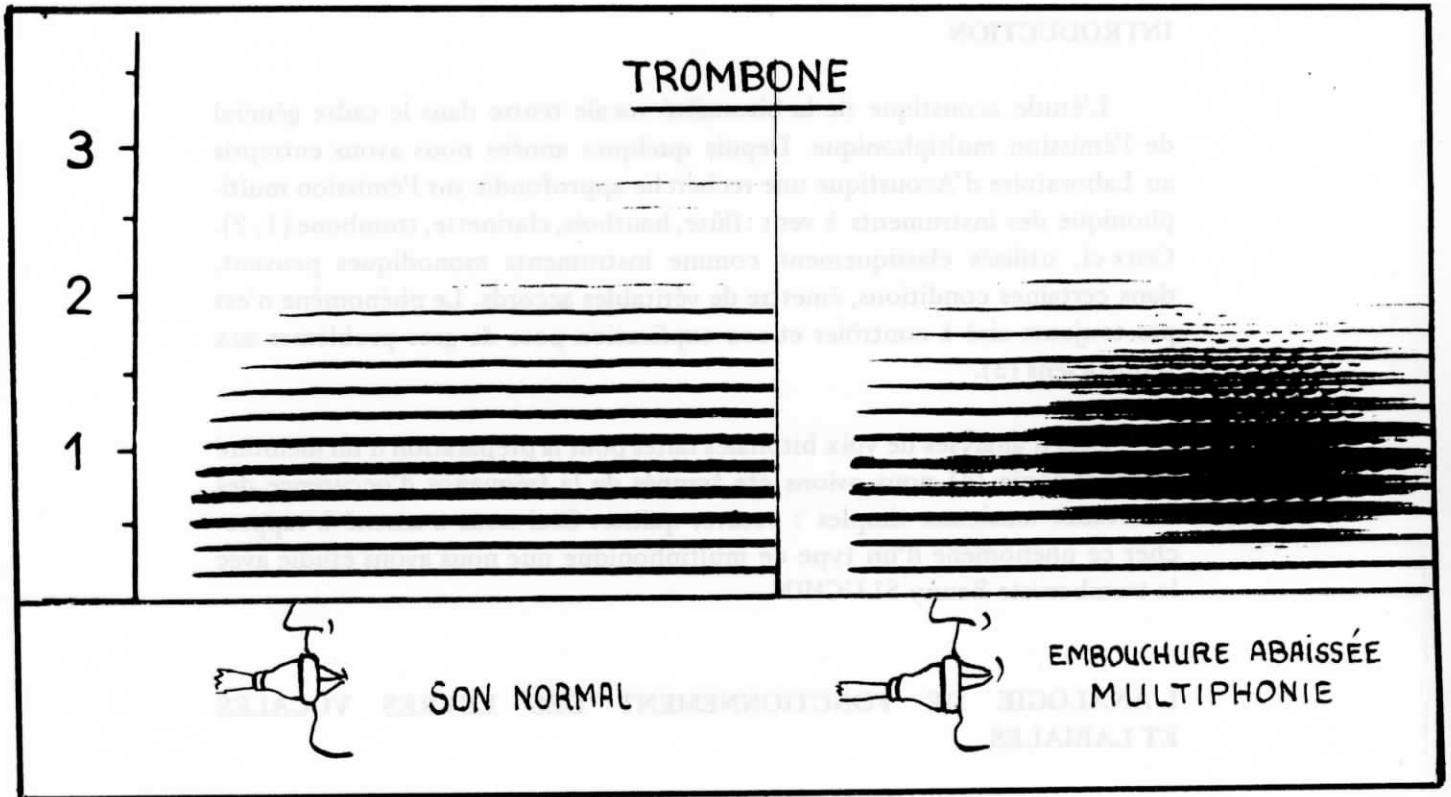


Figure 1

Cette méthode a été développée à partir de l'étude de la production du son normal de la trompette. Les deux premières parties de ce livre sont consacrées à la description des phénomènes acoustiques et physiologiques qui interviennent dans la production du son normal de la trompette. Les deux dernières parties de ce livre sont consacrées à la description des phénomènes acoustiques et physiologiques qui interviennent dans la production du son multiphonique de la trompette.

Il est permis de penser que les phénomènes acoustiques et physiologiques qui interviennent dans la production du son normal de la trompette sont les mêmes que ceux qui interviennent dans la production du son multiphonique de la trompette.

L'observation en est faite avec une embouchure normale, la description des sensations est plus immédiate et plus précise.

Cette méthode peut être appliquée à la production du son normal de la trompette et à la production du son multiphonique de la trompette.

LES SONS MULTIPHONIQUES ET LEUR PERCEPTION

1. Un son complexe périodique comporte un grand nombre de composantes qui sont autant de notes musicales distinctes pourtant celles-ci ne sont pas perçues isolément : on entend une hauteur unique, celle du fondamental sur la période duquel tous les harmoniques sont strictement synchronisés.
2. Si à l'aide d'un résonateur on renforce de façon considérable l'intensité d'un harmonique, celui-ci «*sort du rang*» et nous sommes capables de l'identifier. Nous percevons alors deux hauteurs simultanées qui restent dans un rapport harmonique : d'une part la hauteur fondamentale et d'autre part un sifflement correspondant à l'harmonique. C'est le cas du chant «*diphonique*» touvine maintenant bien connu (7).

Dans un son multiphonique vrai les phénomènes ne sont plus périodiques. Deux cas se présentent :

3. Plusieurs modes vibratoires distincts, non harmoniques sont entretenus simultanément par l'excitateur ; c'est le cas le plus courant des instruments à vent à trous latéraux : flûte, hautbois, clarinette... Selon le timbre et la tessiture on entend un accord plus ou moins complexe.
4. L'excitateur génère un son non périodique en fonctionnant sur deux modes d'émission se produisant simultanément. C'est le cas qui nous préoccupe aujourd'hui.

SONS MULTIPHONIQUES AU TROMBONE : BITONALITÉ LABIALE

Il existe au trombone à coulisse un type de multiphonique très particulier ; au moment où se produit le phénomène, apparaît simultanément avec la note jouée qui persiste, l'octave inférieure et quelquefois la quinte grave de cette octave. La fréquence fondamentale est donc divisée par 2 ou par 3.

Pour produire ce multiphonique le musicien «relâche» les lèvres. On obtient également un son multiphonique fréquemment à la quinte grave ($F/3$) en gênant l'embouchure de sorte que son bord s'applique sur une des lèvres qu'elle immobilise. La figure 1 montre l'analyse du sonagramme du son harmonique (embouchure normale) puis du son multiphonique. Cette expérience met bien en évidence le rôle des lèvres entrant pour une part importante dans le phénomène de bitonalité au trombone. Nous avons alors demandé au musicien de jouer des sons avec l'embouchure seule : l'octavation et le quintoiement se sont produits de la même façon. On peut donc en conclure que pour ce type de multiphonie la bitonalité est générée par la source - ici les lèvres du tromboniste - le tuyau n'ayant aucune incidence sur le phénomène. On peut voir figure 2 deux exemples de sons bitonaux octavants, l'un produit avec l'instrument (embouchure plus tuyau), l'autre avec l'embouchure seule. Les phénomènes sont tout à fait similaires.

LES SONS MULTIPHONIQUES ET LEUR PERCEPTION

1. Un son complexe périodique comparé au grand nombre de composantes qui sont au sein de notes musicales distinctes pourtant celles-ci ne sont pas perçues isolément : on entend une certaine note, celle de fondamentale sur la période durant tout le développement de l'onde sonore.

2. Si à l'aide d'un résonateur on tend à isoler de façon considérable l'intensité d'un harmonique, celui-ci n'est pas perçu et sans autres capacités de l'auditeur pour percevoir des sons distincts, l'auditeur ne perçoit que le son fondamental.

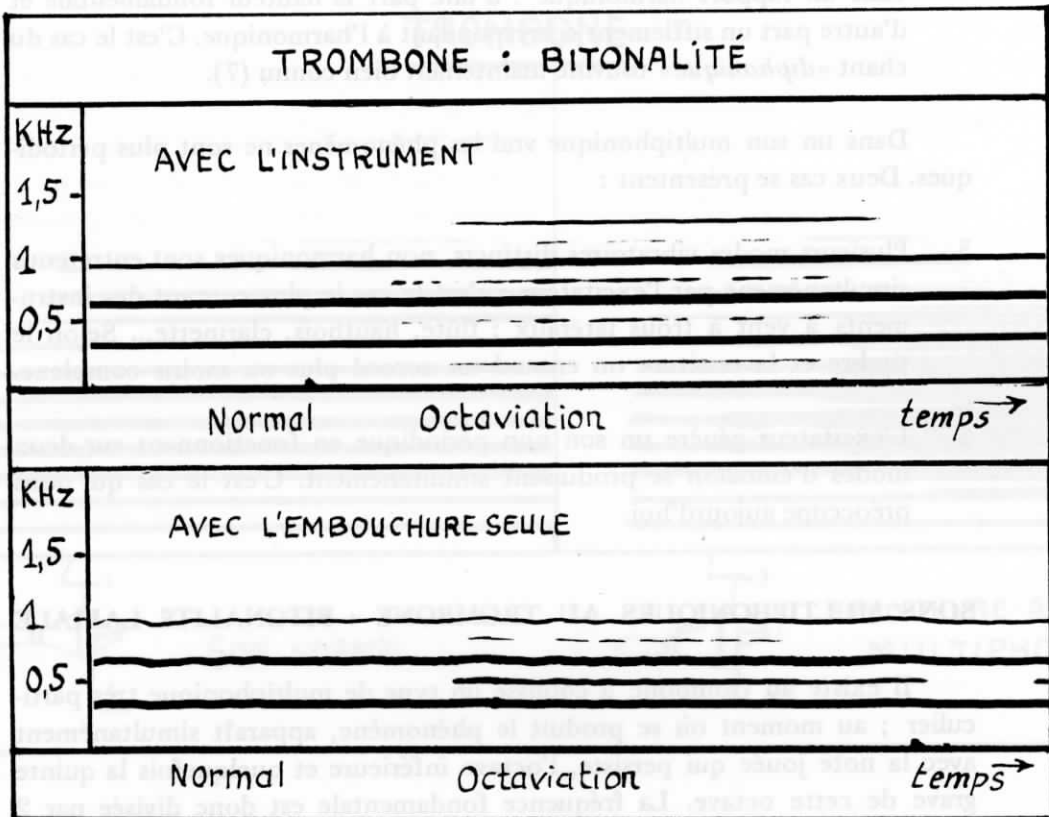


Figure 2

Pour produire ce multiphonisme, les lèvres de l'oboe, qui produisent le son principal, sont maintenues à la position normale (N) en même temps que les lèvres de l'oboe (O) qui produisent le son principal. La figure 1 montre l'analyse du son complexe. Ce son complexe (multiphonisme) est produit par les lèvres de l'oboe (O) qui produisent le son principal et les lèvres de l'oboe (N) qui produisent le son principal. On peut donc en conclure que pour ce type de multiphonisme, le son principal est produit par les lèvres de l'oboe (O) et le son principal est produit par les lèvres de l'oboe (N). On peut voir dans la figure 2 deux exemples de sons complexes produits par l'oboe. Les phénomènes sont tout à fait similaires.

BITONALITÉ VOCALE

La bitonalité vocale est rarement un signe acoustique isolé ; elle s'accompagne de souffles et de diverses difficultés d'émission que nous n'étudierons pas ici. La voix possède toujours une intonation mais dédoublée. Cornut et Lafon (8) ont montré que les deux fondamentaux pouvaient soit évoluer de façon autonome, soit conserver entre eux des rapports harmoniques.

La hauteur de la voix parlée variant très rapidement dans le temps il n'est pas toujours aisé d'analyser les phénomènes à l'oreille. Sur le sonagramme on voit généralement une alternance de portions anarchiques et de portions harmoniques.

La figure 3 montre l'analyse de deux locuteurs atteints d'une paralysie récurrentielle, en cours de rééducation. Une bitonalité d'octave est très visible sur la première syllabe «j'ai» de M. B., de même que sur le mot «képi». Dans l'exemple de Mme S., deux fondamentaux d'égale intensité se suivent à peu près parallèlement, à intervalle de quatre (rapport 4/3). Ils sont comme les harmoniques 3 et 4 d'un fondamental grave qui n'apparaît pas ici. En début et en fin de phrase les deux fondamentaux sont très inharmoniques.

Un sujet sain peut facilement produire la bitonalité harmonique sur un son tenu : il suffit de relâcher le tonus vocal, en quelque sorte de se «laisser aller». Spontanément, l'émission se stabilise de sorte qu'on a le plus souvent F $F/2$ ou F $F/3$.

L'analyse offre typiquement l'aspect d'un son très grave dont il manquerait les premières composantes. Figure 4 on voit un son chanté attaqué en voix bitonale sur LA_1 (110 Hz) et se terminant sur le son réel MI_3 (330 Hz) dont on a indiqué les harmoniques H_1, H_2, H_3 .

Sur la figure 5 on a représenté en vis-à-vis le même phénomène bitonal : octaviation puis quintoiement à la voix et au trombone à coulisse.

HYPOTHESE DE FONCTIONNEMENT

Dans une étude récente Dejonckere et Lebacq (9) rapportent leurs observations d'un grand nombre de cas de bitonalité harmonique ; il apparaît des anomalies lors de la fermeture de la glotte visibles sur le photoglottogramme : le plateau de fermeture n'est jamais aussi bien défini que dans la vibration normale. A la stroboscopie, il n'a été possible d'observer que les cas simples où la vibration est symétrique : on peut voir alors une alternance de fermetures complètes et incomplètes et quelquefois des différences de phase entre les deux cordes vocales.

Une autre hypothèse proposée par Klingholz et Martin (10) toujours pour la bitonalité harmonique envisage que le larynx fonctionnerait simultanément dans deux registres : le registre épais ou voix de poitrine et le registre de contrebasse ou Vocal Fry.

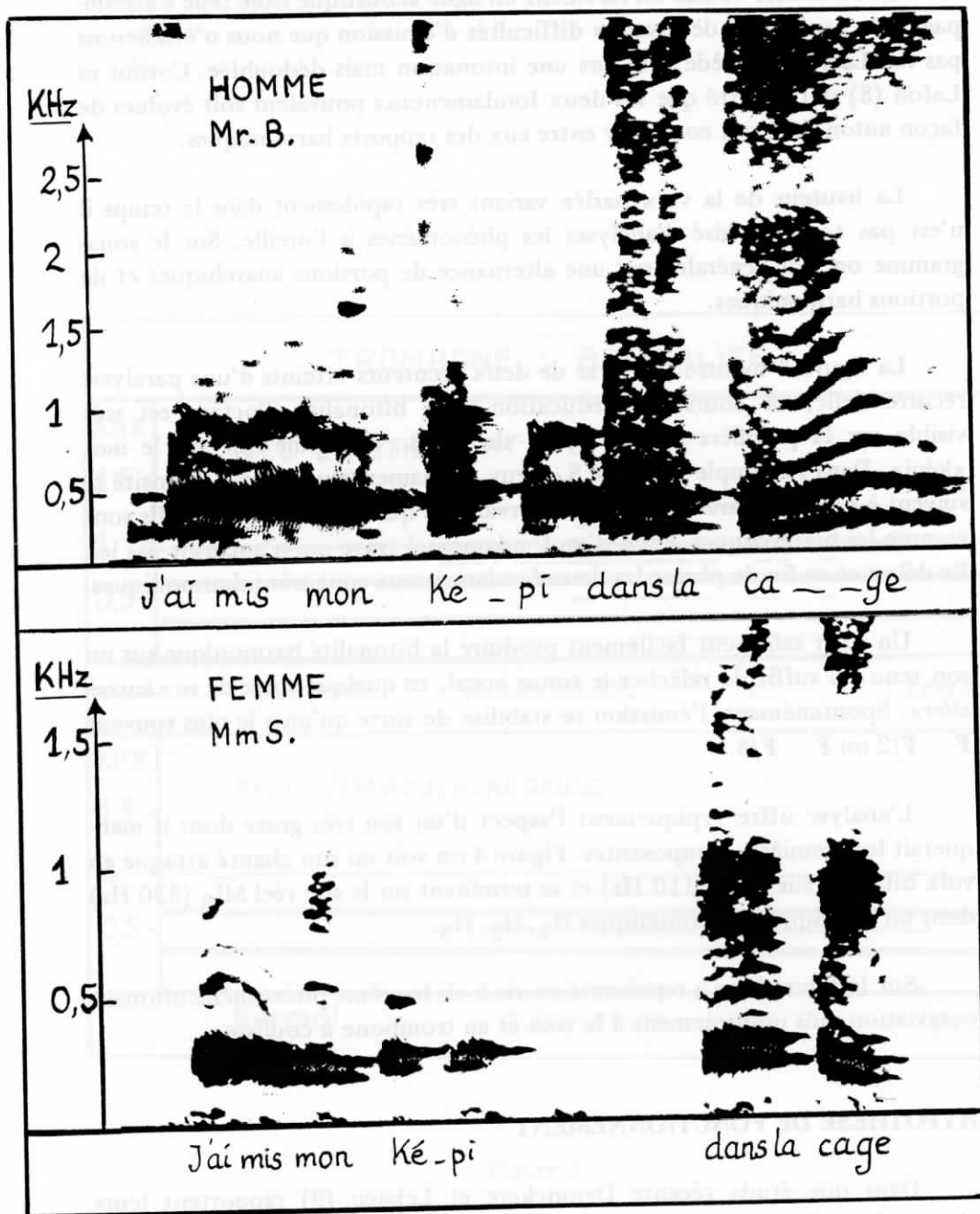


Figure 3

L'analyse acoustique de la parole humaine nous conduit à remarquer qu'il peut arriver que certains paramètres acoustiques soient les mêmes pour des voyelles différentes, mais en des positions différentes de la parole. C'est pourquoi il est intéressant de noter dans la présente étude les différences acoustiques qui existent entre les voyelles dans la parole et les voyelles isolées. Les résultats de cette étude ont été publiés dans certaines revues scientifiques et par conséquent nous ne pouvons pas les reproduire ici.

CONCLUSION

Nous avons présenté une étude comparative de la harmonique féminine à la voix et au chant. L'analyse acoustique montre que les grandeurs acoustiques sont les mêmes pour les deux phénomènes. Cela se voit sur le graphique ci-dessous qui est une reproduction de la figure 4 de la page 517.

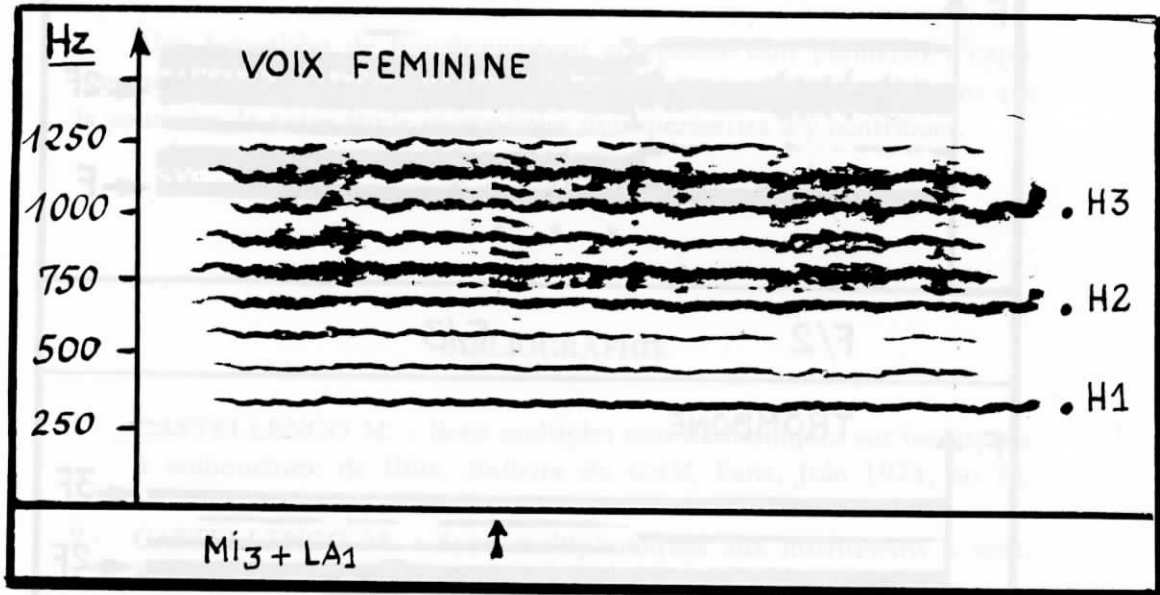


Figure 4

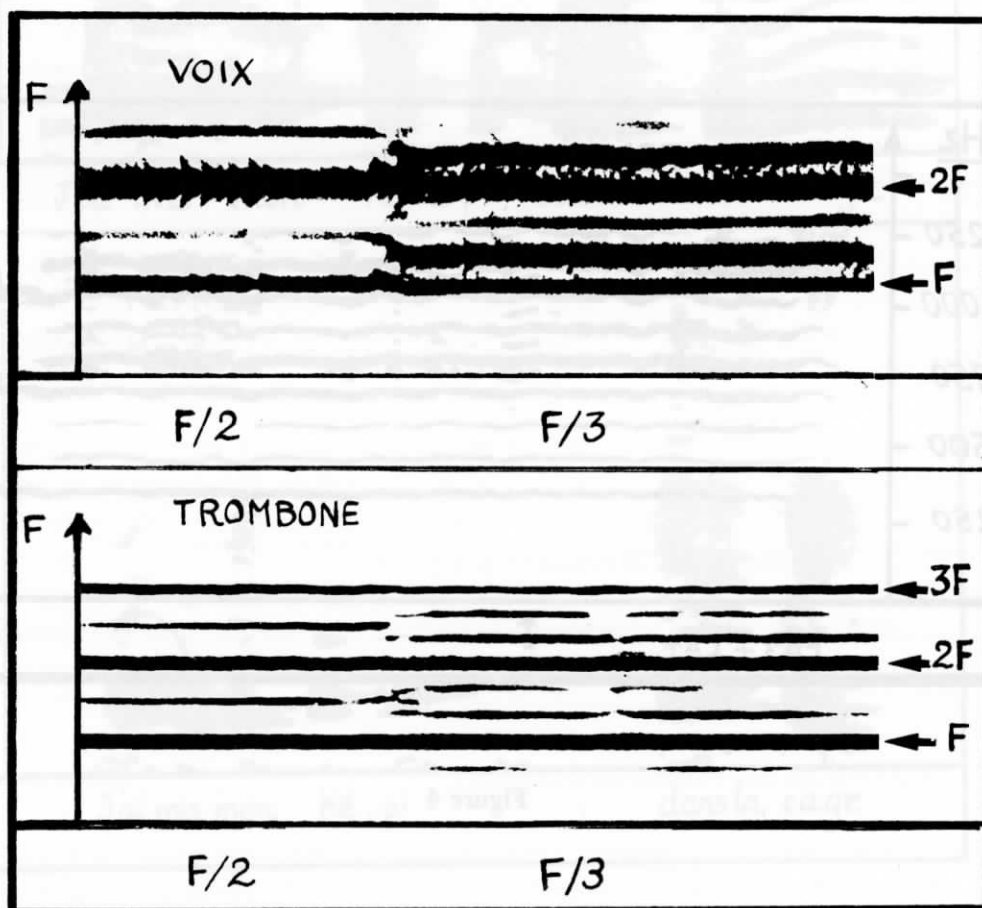


Figure 5

L'analogie avec le trombone nous conduit à envisager qu'il peut exister une certaine indépendance entre les deux cordes vocales soit en amplitude, soit en fréquence. Dans la production du son des instruments à anche membraneuse (cor, trombone, trompette) les lèvres ont des contributions différentes dans la vibration, la lèvre supérieure ayant un rôle prédominant. La synchronisation des deux cordes vocales pourrait dans certains cas pathologiques ou par commande volontaire être désorganisée et permettre une émission bitonale.

CONCLUSION

Nous avons présenté une étude comparative de la bitonalité harmonique à la voix et au trombone. L'analyse acoustique montre une très grande similitude entre les deux phénomènes. Dans les deux cas il s'agit d'une bitonalité due au fonctionnement paradoxal de la source, les résonateurs ou le tuyau n'intervenant pas dans le phénomène.

Une hypothèse de fonctionnement acceptable doit permettre d'expliquer toutes les formes de bitonalité harmonique ou non ; nous espérons que la poursuite de notre étude comparative nous permettra d'y contribuer.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - CASTELLENGO M. : Sons multiples non harmoniques sur les tuyaux à embouchure de flûte. *Bulletin du GAM*, Paris, Juin 1974, no 74.
- 2 - CASTELLENGO M. : Sons multiphoniques aux instruments à vent. *Rapport IRCAM*, Paris, Janvier 1982.
- 3 - BOUASSE H. : *Instruments à vent*. Tome I (96) et Tome II (16), Delagrave Ed., Paris, 1929.
- 4 - GEFFROY A., MURCIA P. : *Objectivité de la sonographie dans la rééducation des paralysies récurrentielles*. Mémoire pour la Capacité d'Orthophonie, Paris, 1981.
- 5 - LEIPP E. : Un modèle analogue de l'appareil phonatoire : l'instrument de musique à embouchure de cor. *Bulletin du GAM*, Paris, 1967, no 32.
- 6 - DAMSTE P. : Les vibrations des cordes vocales comparées aux vibrations des lèvres d'un tromboniste. *J. Fr. ORL*, 1966, XV, (4), 395-396.