

## SÉANCE DE TRAVAIL

Mercredi 11 juin 1997

### LE CODAGE LINGUAL DE LA PAROLE

Boris RYBAK <sup>1</sup>

La parole est le caractère taxinomique le plus important d'*Homo sapiens*. La discipline descriptive qu'est la phonétique est une branche de la grammaire. Celle-ci entre désormais comme phonique, ainsi que je la nomme, dans la science biologique par la biophysique et la psychophysiologie.

Le terme de *langues*, pour exprimer les diversités ethno-culturelles que sont les gestuelles phonatoires, montre assez que l'organe langue joue un rôle fondamental dans la réalisation de la parole-résultat.

Dans le cadre de la bioénergétique pulmo-cardio-circulatoire allant de la technique des cœurs ouverts aux mécanismes biophysiques (catalyse mécanique des contraintes statiques) et biochimiques (mise en évidence de l'intervention de l'AMP<sub>2</sub>) de l'automatisme cardiaque, mon implication ultérieure dans cette ventilation modulée qu'est la phonogénèse est partie de la nécessité de disposer d'un bon spiromètre (rapide, linéaire, léger, peu encombrant) pour contrôler l'état ventilatoire des préparations en cours. C'est dans de tels cas qu'en physiologie, science expérimentale manuelle, le métier passe obligatoirement par l'ingénierie biologique. Précisément, la pression partielle de vapeur d'eau alvéolaire à 38 °C est une constante saturante (47 torr) d'où ma réalisation d'un spiromètre-humidimètre fonctionnant selon la loi des pressions partielles de Dalton : c'est le capteur ventilométrique VAP. Je l'utilise en cardiologie (études sans assistances ventilatoire et circulatoire du cœur *in situ* du mammifère par thoracotomie gauche chez le lapin, ayant notamment servi à mettre en évidence, à partir d'un réflexe d'apnée induit par inhalation rapide de CO<sub>2</sub>, le réflexe simultané intracellulaire au niveau

1. Professeur à l'université de Paris-Sorbonne.

moléculaire défini du coenzyme 1, ce, dans le cœur, l'encéphale, le foie, le rein – avec Britton Chance –, et aussi à Broussais avec Dubost et Carpentier).

Or, le capteur VAP présente une vitesse de réponse dans le domaine des millisecondes, c'est-à-dire qu'il est isochrone à celle d'un microphone (fig. 1).

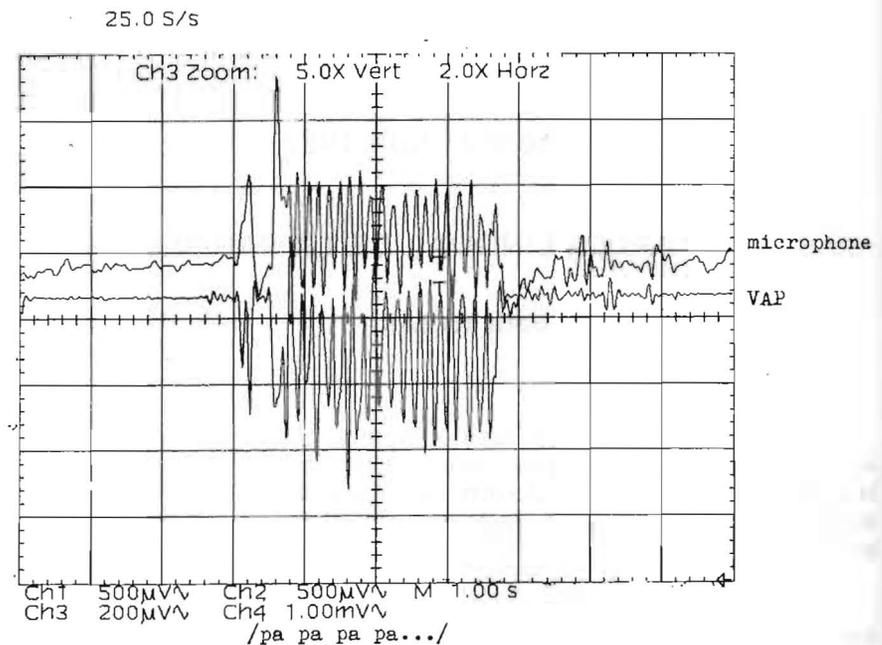


FIG. 1. (B. Ryback)

Cette remarquable propriété va permettre pour la première fois d'établir une aéro-acoustique de haute précision puisque les oscillogrammes simultanés manifestent des corrélations pointe à pointe flux d'air – flux acoustique ; un cas particulier de cette aéro-acoustique est celui des gaz humides en général, un autre est celui, traité ici, de l'aérophonie.

Les récapitulatifs ci-après donnent les chronologies biophysiques et biomédicales qui jalonnent la découverte du code lingual.

1977 — L'invention d'un ventilomètre répondant dans les millisecondes permet d'établir rigoureusement l'aérophonie : morphologies spécifiques corrélées aérodynamiques et acoustiques de chaque phon.

1980 — Mise en évidence des turbulences phonatoires externes de morphologies globales spécifiques pour chaque phon ; à partir de ces caractéristiques, création du concept d'ordre chaotique.

1989 — Les corrélations aérophoniques et des convolutions dorso-linguales — révélées par échographie standard — lors des élocutions, conduisent au concept de *code lingual*.

1994 — La notion de *boîte noire phonatoire* (paramètres acoustiques d'entrée [glotte] et sortie [parole]) et l'invention de l'*échographie haute résolution en mode temporel* (livre des tracés linguaux de grande finesse, précise les synchronies morphologiques aéro-phono-linguales) caractérisent le code lingual.

1994-1995 — Le code lingual est démontré anatomiquement par échographie 3D.

#### ÉTUDES BIOMÉDICALES DANS L'APPROCHE DU CODE LINGUAL

1977 — B. Ryback. Invention du ventilomètre VAP répondant dans les ms (Onde électr. 57.455).

B. Ryback et M. Morel. Contrôles VAP-acoustiques des déperditions nasales (Rev. fr. prothèse maxillo-faciale, VI, 45).

J. Leydier, B. Ryback, J.C. Ifi et R. Royer. Contrôle aérophonique des prothèses obturatrices et des pharyngoplasties comparativement (*id*, 50).

1978 — B. Ryback, J.P. Loreille et A. Béry. Contrôles VAP de la disjonction intermaxillaire chez des adolescents (Orthodontie française, 726).

1979 — M. Benoist. Contrôles aérophoniques de la correction par prothèse résultant de fentes faciales (in : Advanced technobiology, NATO-ASI, B.R. Éd. ; Sijthoff ; Nederl.).

1982 — B. Ryback et F. Duchâtel. Premiers résultats d'échographie phonatoire (C. R. Ac. Sc., 855).

1984 — B. Ryback, J.L. Bensimon, J.J. Merland, D. Raizine, P. Nasales et D. Blanc. Radiocinématographie des mouvements phoniques du larynx reliant la topométrie glottale et la fréquence acoustique (J. de Physiol., 79, 33A).

1985 — B. Ryback, E. Bianco, G. Freysse et L. Gaches. Aérophonie en orthophonie et phoniatrie (82<sup>e</sup> Cong. fr. ORL Patho. cervico-faciale, Abstr.).

1987 — B. Ryback. Speech production (Morning teaching Conf., Wayne State Univ. Dpt. Otolaryngology).

B. Ryback, C. Menaldi et J.L. Bensimon. Nouvelles radiocinématographies laryngophoniques (55<sup>e</sup> réunion Ass. physiologistes, Bordeaux II, Abstr.).

1988 — B. Ryback, B. Richard et J. Perrin. Précisions sur les liaisons locutoires flux d'air-langue (RBM, 10, n<sup>o</sup> 6, 292).

1989 — B. Ryback. Énonciation du concept de code lingual (Journée SEE-Cochin, Phonique)

Corlieu. Applications récentes de la VAP en ORL (SEE-Cochin, idem).

Ces historiques appellent des précisions sur la méthodologie de traitement des sons linguistiques ou *phons*, comme je les nomme.

La spécificité morphologique de chaque phon obtenue par la VAP représente la forme 1D de la cinétique aérophonique. Qu'en est-il en 2 et en 3D ? La cinématographie à 500 images/s réalisée chez Taillet à l'ONERA a permis une analyse montrant l'existence de *turbulences* phonatoires externes en strioscopie interférentielle (technique Nomarsky) : ces turbulences sont de *morphologie spécifique pour chaque phon*, soit un ordre constitué de désordre. J'énonce alors le concept d'*ordre chaotique* (1980).

Dans la stricte voie de la phonique se constituant comme physiologie ou biophysique générale de la phonation, il fallait comprendre comment ces spécificités morphologiques se produisent. Pour cette anatomie fonctionnelle, j'envisage particulièrement l'imagerie quantitative par échographie de la langue (1980). Les premiers résultats clairs en mode direct montrent des spécificités morphologiques des torsions de la langue en cours de réalisation de phons.

Donc, rencontre de spécificités morphologiques : flux d'air par VAP et par strioscopie interférentielle, convolutions linguales et, bien sûr, oscillogramme microphonique, seul connu jusqu'alors. Soupçonnant l'existence d'un codage canalaire lingual, il était devenu important de préciser les traces linguales en passant à l'échographie en mode temporel avec, si possible parallèlement, les tracés d'autres paramètres corrélés. À Cochin avec Richard, j'enregistre simultanément sur deux écrans pendant une élocution la suite des convolutions de la langue et l'aérophonie, puis finalement au CEA, avec un appareil plus performant, je peux enregistrer quatre paramètres sur un seul écran. La synchronie de ces paramètres me permet d'énoncer le concept de code lingual devenu évident dans les faits.

Mais il faut encore plus de précisions étant donné que les tracés des tomo-échographies cinétiques sont flous, de sorte que les torsions fines de la surface dorsale de la langue n'apparaissent pas clairement. Certes, la procédure analogique permet d'observer le rôle de la masse musculaire intralinguale dans ses convolutions qui se répercutent jusqu'au dorsum, mais ce sont précisément les convolutions du dorsum qui doivent être détaillées avec la plus grande définition. Elles représentent, en effet, dans les sections 2D transverses de la langue, des canaux semi-ouverts longitudinaux en 3D, sur lesquels l'air glottal se moule en emportant deux informations : l'une de la morphologie de chaque canal, l'autre du gradient de pression d'air de telle sorte que la membrane du microphone – un capteur de pression – imprime cet air ainsi codé en formant l'oscillogramme microphonique. J'ai été ainsi amené à créer l'*échographie haute résolution en mode temporel* (EHRM). Grâce à cette nouvelle technique, la surface dorsale de la langue montre des convolutions

rédu  
jace

avec  
mèn

1 —

2 —

L  
para  
ventr  
droit  
nelle  
(les c  
a été

25



Ch1  
Ch3

réduites à l'élément linéal limite, faisant abstraction des structures sous-jacentes et permettant ainsi de *géométrer le processus*.

Dès lors, considérons l'appareil phonatoire comme une *boîte noire* avec deux phénomènes acoustiques d'entrée et de sortie et deux phénomènes mécaniques intrabuccaux :

- 1 — la phonogenèse laryngienne captée par un laryngophone et la parole — résultat orale (voire nasale, donc fonction du voile du palais), captée par un microphone,
- 2 — les convolutions dorso-linguales, saisies généralement par positionnement transverse au niveau mylo-hyoïdien de la sonde ultrasonore travaillant de routine à 3,5 MHz, et formées des traces macroscopiques et mésoscopiques en EHRM, l'autre phénomène mécanique étant les flux d'air captés par le psychro-rhéomètre VAP.

La figure 2 montre les corrélations remarquables entre ces quatre paramètres fondamentaux (fondamentaux en ce que, notamment dans la ventriloquie, les dents et les lèvres sont immobiles) ; lecture de gauche à droite des deux prononcés successifs en puissance vocale conversationnelle (soit environ  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) : /village/ /pillage/ par le même locuteur (les changements de pente comptent comme mouvements). Cet exemple a été choisi dans le cadre d'une étude sur les conventions littérales dans la

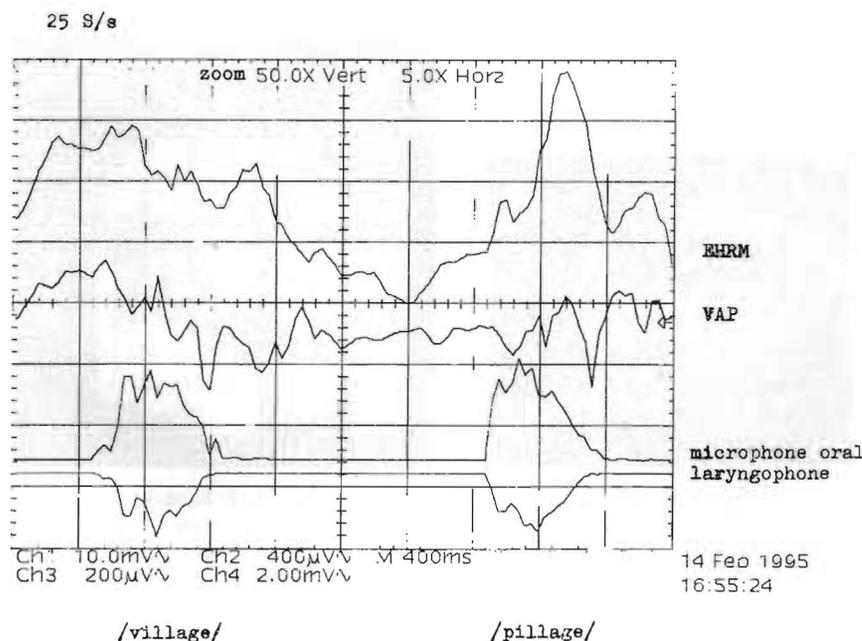


FIG. 2. (B. Ryback)

graphie des mots comme transcription des paroles. Noter la consonne sonore (= voisée) /v/ et la consonne sourde /p/ et, surtout, la non-équivalence phonique de l'identité graphique (utilisable en rime) /illage/ : il ne s'agit pas, une fois encore, d'« arbitrarité du signe », mais d'une rencontre probabiliste dans un aiguillage où le directionnement d'un souffle occlusif ou fricatif change le référent (une étude de ce type boîte noire pourrait être utile dans les domaines psycho-pathologiques : lapsus, aphasies, dysarthries...). D'autant plus que désormais j'ai démontré anatomiquement la formation des canaux linguaux qui codent l'air pharyngé en morphologie et en gradient de pression par moulages lors de la phonation.

Les appareils utilisés ont été d'abord le *Combison 530* « Kretz » de l'hôpital Saint-Louis, puis l'*Apogée 800* « ATL » Tomtec du « Centre d'imagerie médicale numérisée » de Paris et hier !..., le *Voluson 530D* réceptionné dans le service de radiodiagnostic de l'hôpital Saint-Louis, appareil avec lequel j'ai l'honneur de vous présenter le premier cliché obtenu en *temps réel 3D* (même 4D en considérant le temps d'énonciation) du code lingual sur le prononcé /bonjour bienvenue à l'hôpital Saint-Louis/ : 2D (fig. 3a), et 3D (fig. 3b). Ceci étant acquis, les canaux du code lingual pourraient intervenir dans la réalisation des formants (la planche I donne l'analyse formantique et l'analyse boîte noire d'un prononcé de /Paris est la capitale/, soit les bases de la relation *princeps* glotto-glossique).

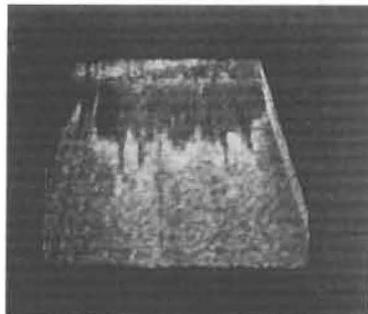


FIG. 3a (B. Ryback)

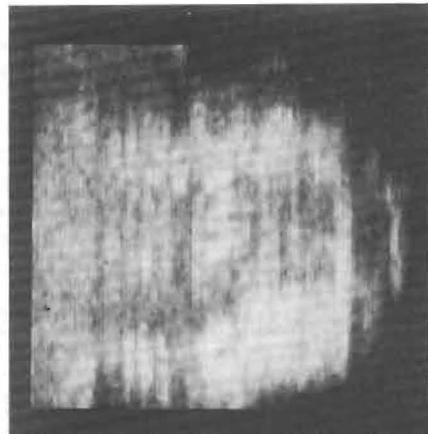
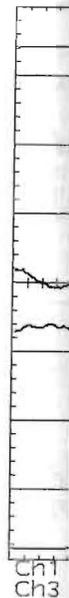
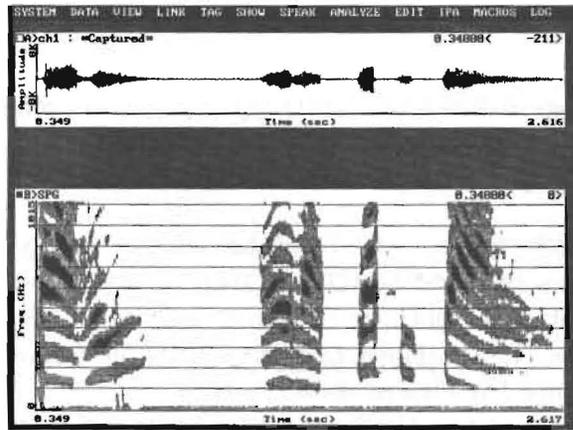


FIG. 3b (B. Ryback)



onsonne  
la non-  
/illage/  
is d'une  
ent d'un  
pe boîte  
es : lap-  
émontre  
ent l'air  
s lors de

retz » de  
« Centre  
on 530D  
t-Louis,  
er cliché  
énoncia-  
l'hôpital  
naux du  
ants (la  
ire d'un  
princeps



/Paris est la capitale/

50.0 S/s

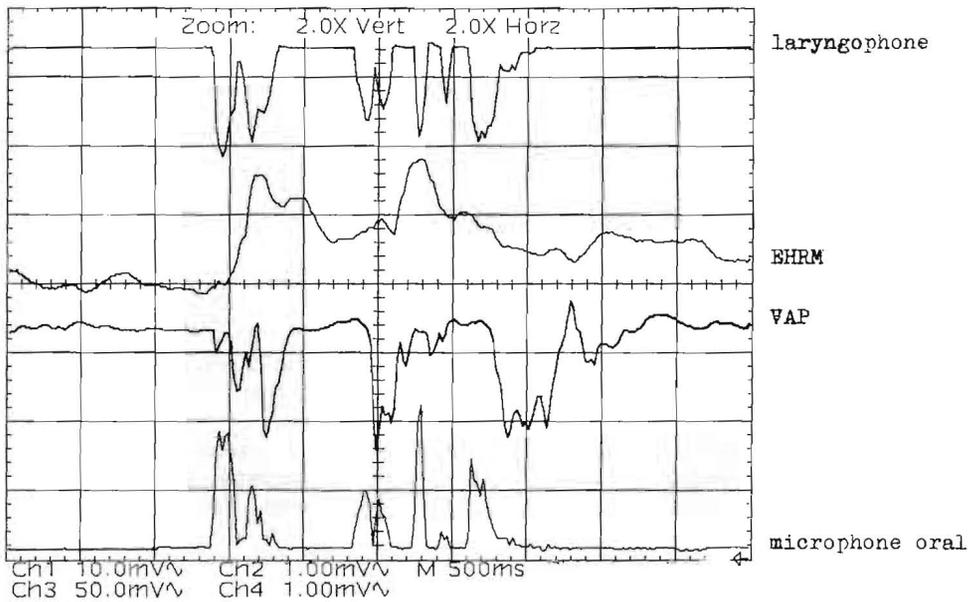


PLANCHE I (B. Ryback)

## RÉFÉRENCES

- Ventilomètre portatif, 277 et Analogic ventilatory phonetics. p. 281 in *Advanced Technobiology* (B. Rybak Éd.) NATO-ASI ; Sijthof et Noordhoff, 1979.
- Turbulences phonatoires externes. *C. R. Ac. Sc.* (1980), 291, 535.
- Mesures biophysiques. GBM ; Conf. Palais découverte, Paris, RBM (1983) 5, 157.
- Le souffle. Émission « Saga », TF1 (Daniel Lecomte réalisateur), 8 juin 1984.
- L'ordre chaotique. Sém. ENS Ulm (27 avril 1987) ; ITBM (1989) 10, n° 5, 58.
- Phonétique analogique ventilatoire. 56<sup>e</sup> réunion Ass. Physiol., Grenoble, 1988.
- The lingual code. 11<sup>th</sup> Ann. Intern. Conf. IEEE, Seattle (9-10 novembre 1989).
- L'identité humaine. J.M. Place éd., Paris (1990).
- Le code lingual. Sém. ENS Ulm (27 janvier 1992) IREM n° 78 ; ITBM (1993) 14, 113.
- SABAN R. — Aux sources du langage articulé. Masson éd. (1993), 263p.
- Phonation, a modulation of ventilation. Reg. Meet IUPS, Jérusalem, A 384, 1994.
- Boîte noire phonatoire (1994) et Aérophonie (1995) : Nouvel art du français.
- RYBAK B., BOURRIER P., LAVAL-JEANTET M. — Mise en évidence d'homotopies surfaciques de la langue en cours de phonation. J.E.M.U. (1995) n° 4, 170.
- RYBAK B., GOMBERGH R., CASTRO A., LAVAL-JEANTET M., COURTINOT J.M. — Démonstration anatomique par échographie 3D du code lingual ; *Panorama du Médecin* n° 4281 (1995).
- Echographic demonstration of the lingual code. *Cahiers Anthropol. et Biométrie humaine* (1996) XIV, n° 1-2, 219.
- Les étapes de la découverte du code lingual. 16<sup>e</sup> Congrès Intern. des Linguistes, Paris (7-1997), Abstr. CD-Rom CNRS LLACAN, Meudon.
-