

# Sur la Physiologie de la Phonation et du Langage Oral

—Travaux expérimentaux récents des Laboratoires de  
Physiologie et de Psychophysiologie de la  
Faculté des Sciences de Paris—

Par Raoul HUSSON, D. S.\*

## I—PHYSIOLOGIE DU COMPORTEMENT PHONATOIRE DES CORDES VOCALES

§1—Il convenait d'abord de savoir ce qui se passait au sein des nerfs récurrents pendant la phonation. Pour cela, en 1952 et 1953, André MOULONGUET et ses collaborateurs ont placé des électrodes réceptrices sur un nerf récurrent humain pendant que le son émis par le sujet était recueilli par un micro. Les potentiels d'action moteurs récurrentiels et les vibrations de la voix furent trouvés homorythmiques.

Comment les muscles thyro-aryténoïdiens internes répondaient-ils à ces influx moteurs rythmés? Pour le savoir, PORTMANN et ses collaborateurs réalisèrent sur l'Homme et in vivo des électro-myographies pendant que le sujet émettait des gammes. Les potentiels d'action musculaires furent trouvés homorythmiques aux sons émis. Mais il fallait pour cela que l'électrode intralaryngée soit enfoncée parallèlement au plan de la glotte et assez profondément au sein de la corde vocale (de 1,5 cm. environ).

§2—Dès 1952, Paul LAGET et ses collaborateurs stimulèrent un nerf récurrent de Chien et observèrent la réponse glottique sous vision stroboscopique. Ils virent la glotte s'ouvrir et se fermer rythmiquement comme pendant la phonation, alors qu'aucun courant d'air ne traversait la glotte. Le comportement rythmique de la glotte suivit la fréquence de la stimulation très-exactement, ceci entre 100 et 350 cycles par seconde. Beaucoup d'autres auteurs ne retrouvèrent pas ce résultat: la fréquence glottique ne suivait pas celle de la stimulation aussi haut que 350 cycles.

Toutefois, en 1964, MARTENSSON et SKOGLUND observèrent sur un Chien des réponses glottiques non encore tétanisées au-dessus de 400 cycles par seconde ("above 400") (*Acta Physiol. Scandinavica*, 60, 1964, 4, 318-336).

En 1956, PIQUET et collaborateurs filmèrent les cordes vocales d'un sujet, d'abord émettant un son dans les conditions normales, puis lorsque le courant d'air avait été détourné de la glotte par une canule de trachéotomie. Dans le second cas, aucun son n'était émis malgré les efforts du sujet. Dans les deux cas, les comportements glottiques filmés furent trouvés identiques.

En 1966, McGLONE, RICHMOND et BOSMA stimulèrent la formation réticulée d'un Chat à l'aide d'une électrode implantée. La fréquence du son émis

\* Directeur de Recherches au Centre National de la Recherche Scientifique de France.

par le Chat fut trouvée proportionnelle à celle de la stimulation tant que l'on ne changeait pas l'électrode de place. (Folia Phoniatica, 18, 1966, 109-116).

§3—Pour toutes ces raisons,—et d'autres—, il fut admis dès 1956 que les mouvements phonatoires des cordes vocales n'étaient pas dus à l'air pulmonaire, et par conséquent n'avaient aucun caractère "vibratoire".

Pendant la phonation, les bords de la glotte s'écartent légèrement parce que les fibrilles musculaires qui s'insèrent sur le mur de la glotte se contractent simultanément et rapidement sous l'effet des salves motrices d'influx moteurs récurrentiels. Ils reviennent en contact en raison du tonus de constriction glottique. Si ces salves motrices sont par exemple de 200 par seconde, la glotte s'ouvrira 200 fois par seconde. Si au surplus il existe sous la glotte une surpression suffisante, une bouffée d'air sortira chaque fois, et un son de 200 cycles par seconde sera ainsi créé par un banal *mécanisme de sirène*.

Bien entendu, si aucune surpression n'existe sous la glotte, aucune bouffée d'air ne sortira, et aucun son ne sera créé. C'est ce qui explique les expériences de LAGET, de PIQUET, etc.

On aboutit ainsi à la genèse "cérébrale", ou "centrale", de la soi-disant "vibration" des cordes vocales. Mais il faut bien observer qu'il ne s'agit nullement d'une "vibration", mais simplement d'un "comportement moteur" de type phonatoire (en allemand: phonatorisches Verhalten der Stimmbänder).

## II—ÉTUDE EXPERIMENTALE DU COMPORTEMENT MOTEUR DES CORDES VOCALES EN DEHOR DE TOUT COURANT D'AIR

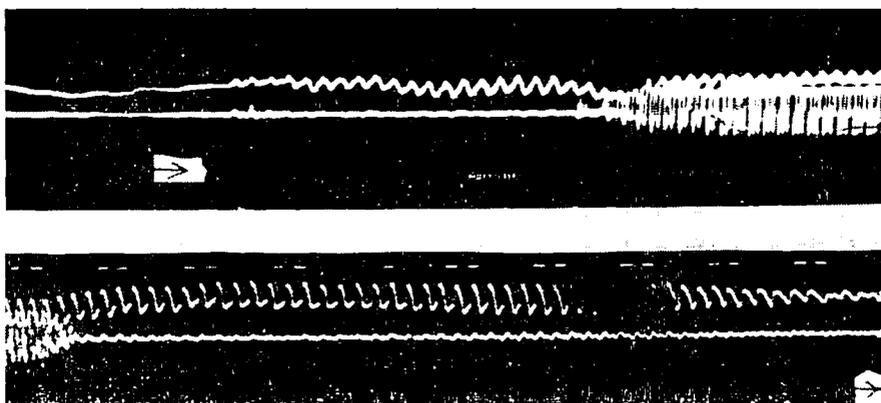
§4—En 1957, Philippe FABRE imagina une méthode et un appareil permettant de suivre les mouvements de la glotte pendant la phonation sans aucun miroir de GARCIA et même sans ouvrir la bouche. Plaçant deux électrodes larges de chaque côté du cartilage thyroïde du sujet, il y lançait un courant de très-faible voltage et de haute-fréquence (200.000 cycles par exemple). Pendant que le sujet parle ou chante, les ouvertures de la glotte modulent l'impédance transversale du cou. Il suffit alors, à la sortie du cou, de redresser le courant, d'enlever l'onde porteuse, puis d'amplifier les crêtes correspondant aux mouvements de la glotte. On peut alors avoir, sur l'écran d'un oscillographe cathodique, une courbe qui représente la surface de la glotte en fonction du temps.

On peut bien entendu recevoir également, sur le même écran, la voix du sujet, et suivre la correspondance des périodes vocaliques et des ouvertures glottiques, ceci période par période.

§5—Cette méthode et cet appareil extraordinaires allaient rapidement faire retrouver les mouvements phonatoires de la glotte en dehors de toute voix émise, et ceci dans des conditions d'une particulière simplicité.

Dès 1958, SABOURAUD et GREMY, sur des sujets atteints de troubles dysarthriques légers, observèrent plus de 50 fois:

a) soit que les mouvements glottiques commençaient *avant* l'apparition de la voix; (Fig. 1)



b) soit que les mouvements glottiques se poursuivaient *après* la cessation de la voix; (Fig. 2)

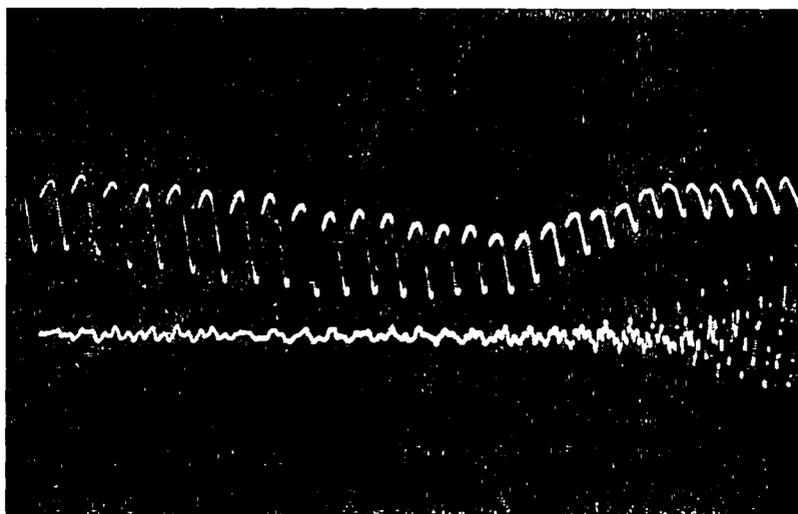
c) soit que les mouvements de la glotte s'observaient durant la prononciation de consonnes dites " sourdes " (K, P, T, CH, S, etc);

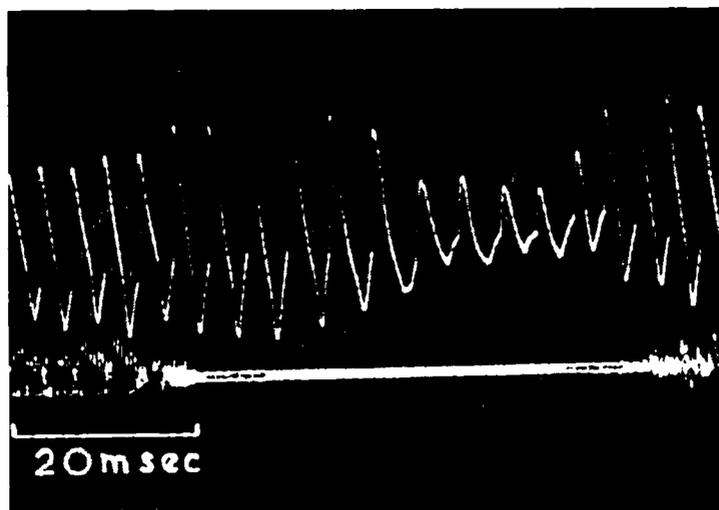
d) soit même lorsque le sujet, ayant voulu dire quelquechose, s'était ravisé et n'avait rien dit.

Entre 1958 et 1964, de nombreux expérimentateurs, collaborateurs du Professeur GREMY, obtinrent des enregistrements identiques sur les sujets les plus divers.

Dès 1964, Claude VAN MICHEL, au Laboratoire de Physiologie LEON FREDERICQ de Liège (Belgique), découvrit que ces phénomènes étaient en réalité *absolument courants*, et pouvaient s'observer en voix parlée sur 70 pour 100 des *sujets normaux* examinés. Très souvent, le glottogramme est plus ample lorsque la voix a cessé (Fig. 3), et, parfois, le mouvement des cordes vocales se poursuit durant les pauses séparant les mots (Fig. 4).

§6—Il est donc maintenant établi, de la façon la plus formelle, la plus objective,





et la plus absolue, que les mouvements des cordes vocales pendant la phonation ne sont nullement des "vibrations", mais simplement des contractions rapides et rythmées des fibrilles musculaires des thyro-aryténoïdiens internes qui viennent s'insérer sur le mur de la glotte (GOERTTLER, 1948-1951).

§7—Il convient d'ailleurs de rappeler que Ichiro KIRIKAE, dès 1943, avait réalisé d'ingénieuses expériences sous vision laryngostroboscopique montrant que, pendant la phonation, le bord libre des cordes vocales disparaissait sous la glotte pendant la phase d'écartement "vibratoire" des cordes vocales. Ce comportement était inconciliable avec une "vibration" au sens traditionnel du mot. Ce savant expérimentateur japonais est donc un précurseur de la physiologie expérimentale phonatoire du larynx.

### III—REGISTRES DE LA VOIX HUMAINE

§8—La genèse de la voix exposée ci-dessus, qui résulte uniquement de faits expérimentaux, fait comprendre comment le larynx forme des sons lorsque les salves d'influx récurrentiels se suivent à une fréquence inférieure à celle qui correspond à la période réfractaire des axones moteurs (rapides) du nerf récurrent. Cette fréquence-limite est grosso modo de 500 par seconde (un peu moins chez les voix graves, et un peu plus chez les voix aiguës). C'est donc le mécanisme de la voix dite de "poitrine" aussi bien chez la Femme que chez l'Homme.

Pour aller plus haut, le sujet doit diviser les axones de son récurrent en deux groupes travaillant avec une différence de phase d'une demi-période. La limite supérieure qui peut alors être atteinte est double de la précédente. On a alors le mécanisme de la voix dite "de tête" chez la Femme ou l'Enfant, et encore dite "de fausset" chez l'Homme.

Ce mécanisme de dédoublement des axones récurrentiels fut vérifié *in vitro* sur un récurrent de Chien par CORABOEUF au Laboratoire de Physiologie de la Sorbonne en 1954, et vérifié *in vivo* sur le Chien en 1955 par LAGET et ROBIN

en combinant la stimulation électrique du récurrent et une électro-myographie des cordes vocales.

Rappelons encore que ce mécanisme de dédoublement existe également au sein des axones du nerf auditif, d'après STEVENS et DAVIS (1935), pour la conduction d'influx auditifs lorsque la stimulation de l'oreille dépasse 800 ou 900 par seconde.

§9—Chez certains sujets (rares), les axones récurrentiels peuvent se subdiviser de la même manière en trois groupes, et même en quatre groupes, travaillant chacun séparément, mais avec des différences de phases de  $1/3$  ou de  $1/4$  de période. On a ainsi les mécanismes neurologiques des troisièmes et quatrièmes registres présentés par certains Sopranis. Nous regrettons de ne pouvoir insister ici, faute de place, sur ces intéressants phénomènes laryngo-récurrentiels.

#### IV—CHRONAXIMETRIE RECURRENTIELLE ET CLASSIFICATION TESSITURALE DES VOIX CHANTEES

§10—Puisque la fréquence la plus élevée que peut transmettre le nerf récurrent en voix de "poitrine" (ou premier registre) ne dépend que de la durée de sa période réfractaire, c'est dire qu'elle ne dépend que l'*excitabilité* de ce nerf, qui se mesure en millième de seconde par la notion de "chronaxie".

Des vérifications très-nombreuses ont été faites, entre 1953 et 1967, sur des chanteurs des deux sexes, d'abord par CHENAY, puis par R. HUSSON.

La chronaxie du nerf récurrent se mesure facilement in vivo au point moteur du sterno-cléido-mastoïdien, muscle dont les noyaux moteurs sont extrêmement voisins de ceux du nerf récurrent. Ces mesures ont permis de dresser, dès 1955, le tableau général établissant la correspondance entre la chronaxie mesurée sur le sterno-cléido-mastoïdien et l'étendue tonale de la voix, correspondance vérifiée sur plus de 150 chanteurs des deux sexes de l'Opéra de Paris dont les tessitures étaient bien stabilisées et parfaitement connues.

#### V—FONCTIONNEMENT AERODYNAMIQUE DE LA SIRENE LARYNGEE AUX GRANDES INTENSITES DE LA VOIX

§11—Certains chanteurs sélectionnés, dits de "Grand Opéra", peuvent émettre des sons dont les intensités varient, à un mètre devant la bouche, entre 30 décibels dans le pianissimo et 140 décibels dans le fortissimo. Ce qui correspond à des pressions acoustiques (en microwatts) variant de 1 à 100 milliards!

Aucun système d'anches ne peut produire des sons variant entre de telles limites, ce que savent tous les physiciens.

En vue d'étudier comment le larynx fonctionne pour produire des intensités aussi élevées, Raoul HUSSON a étudié le fonctionnement de la sirène laryngée in vivo, puis par le calcul (Thèse Fac. Sci. Paris, Doct. d'Etat es-Sci. Physiques, 15 Décembre 1965). La tomographie montra que le canal glottique de-

venait légèrement divergent aux grandes intensités. La glottographie électrique de Philippe FABRE montra que la fente glottique devenait extraordinairement fine et étroite aux grandes intensités étudiées. Enfin l'étude mathématique des écoulements à travers le larynx établit que, aux très-grandes intensités, la phase de fermeture de la glotte devenait ultra-brève, de sorte que, au cours de cette phase de rapprochement des cordes vocales, la veine fluide traversant le larynx recevait une sorte de "quasi-percussion" qui élevait sa vitesse de fuite lorsque la tuyère glottique était divergente.

Avec des pressions sous-glottiques de l'ordre de 450 cm d'eau souvent atteintes, la vitesse de fuite intra-glottique atteint déjà 200 mètres par seconde. Les percussions reçues lors de chaque période de rapprochement des cordes vocales peuvent doubler cette vitesse. Comme l'énergie cinétique varie avec le carré de la vitesse (ici 1.600.000.000 en unités C. G.S.), on comprend comment l'énergie fournie par un larynx de chanteur peut varier dans les limites indiquées plus haut.

§12—On doit également en conclure que le larynx n'est pas un organe qui débite de la *pression* au sein de la cavité pharyngo-buccale, comme on le croit généralement, mais au contraire un organe qui débite de l'*énergie cinétique* dans cette cavité. Cette dernière remarque prend une grande importance dans l'étude du fonctionnement acoustique de la cavité pharyngo-buccale aux grandes intensités de la voix.

#### VI—DECOUVERTE DE L'IMPEDANCE RAMENEE SUR LE LARYNX ET DES REPERCUSSIONS QU'ELLE EXERCE SUR LES COMPORTEMENTS GLOTTIQUES ET RESPIRATOIRES

§13—L'Acoustique nous apprend que, chaque fois qu'une onde sonore se propage (soit dans une cavité, un pavillon, à l'air libre, etc), toutes les impédances qu'elle doit vaincre au cours de sa propagation se trouvent "ramenées sur la source sonore". Ce qui signifie que c'est la source sonore qui doit fournir toute l'énergie nécessaire à entretenir la propagation.

§14—La propagation de la voix au sein de la cavité pharyngo-buccale, de la glotte aux lèvres, ramène déjà, à elle seule, une impédance qui peut être énorme. En effet, cette impédance, faible lorsque la bouche est ouverte largement, devient infinie lorsque la bouche se referme (voile du palais relevé). Elle est plus grande sur les voyelles "fermées" que sur les voyelles "ouvertes", et plus grande encore sur les voyelles "nasalisées".

L'impédance ramenée sur le larynx pendant la phonation modifie considérablement les conditions de fonctionnement de la sirène glottique. Elle modifie les paramètres de l'écoulement de l'air à travers le conduit glottique. Par l'emploi simultané de la tomographie (Dr. Albert DJIAN) et de la glottographie électrique (Ph. FABRE), il a été montré ce qui suit.

L'élévation de l'impédance ramenée provoque:

- a) Un élargissement de l'ouverture glottique, à chaque période.
- b) Une diminution de la durée de la phase de contact à chaque période.

c) Une élévation de la pression intra-glottique, de la pression sous-glottique, et du débit glottique.

d) Un épaissement des cordes vocales.

e) Une diminution légère du tonus de la constriction glottique.

Il en résulte que, lorsque l'impédance ramenée sur le larynx augmente, le sujet dépense plus d'air, et décontracte légèrement son sphincter glottique. L'impédance ramenée est donc un *mécanisme protecteur* (ou homéostasique) des mécanismes neuro-musculaires qui décollent les cordes vocales à chaque période.

§14—L'onde sonore qui s'organise au sortir des lèvres rayonne vers l'extérieur dans le milieu ambiant. Elle ramène également sur la source laryngée une impédance dite *de rayonnement*, bien connue en Acoustique. Cette *impédance de rayonnement* peut d'ailleurs varier dans de larges limites. Lorsque le sujet parle ou chante à l'air libre loin de tout obstacle, ou bien dans une chambre dite "insonore", elle a sa valeur minima (très-faible). Lorsque le sujet se trouve dans une salle très-réverbérante (par exemple nue et avec des murs réfléchissants), elle peut avoir une valeur 30 ou 40 fois plus élevée.

Les chanteurs de théâtre sont extrêmement sensibles à l'impédance de rayonnement qui leur revient. Lorsque celle-ci est trop faible, leurs sensibilités internes intra-buccales s'évanouissent et des sensations de striction apparaissent au niveau du larynx. Le chanteur déclare que la salle est "mauvaise" et qu'il ne "sent plus sa voix". Dans une salle de théâtre très-réverbérante (temps de réverbération de 3 ou 4 secondes par exemple), le chanteur déclare qu'il "sent sa voix à pleine bouche" et qu'il chante sans aucun effort laryngé. Il est à peine besoin de faire observer que cette qualité de la salle est complètement indépendante d'une bonne ou d'une mauvaise *audition* dans cette même salle. Une même salle peut être "bonne" pour le chanteur et "mauvaise" pour l'auditeur, et inversement. Ou encore bonne ou mauvaise pour les deux à la fois.

## VII—ÉTUDE EXPERIMENTALE DES PHENOMENES PHYSIQUES INTRA-PHARYNGO-BUCCO-NASaux

§15—Depuis plus d'un siècle, il avait toujours été admis,—en dehors de toute preuve expérimentale—, que les cavités sus-glottiques avaient, dans la phonation, un rôle exclusif de "résonateur". Que ces cavités soient assimilées à deux cavités couplées, ou bien à un pavillon (CHIBA et KAJIYAMA, 1941; UNGEHEUER, 1958; etc), le fait essentiel était que l'on admettait que les "clochers spectraux" de la voix humaine correspondaient aux "formants" de la voix provoqués par les "résonances" excitées au sein desdites cavités (buccale, pharyngée, et nasale).

Comme la notion de "formant" ne rend aucunement compte de la structure acoustique des voyelles lorsque l'intensité de la voix croît, et dépasse par exemple 100 décibels à un mètre devant la bouche, l'étude expérimentale des phénomènes intra-pharyngo-buccaux a été instituée en 1959-1960 par PIMONOW, POUTEAUX et HUSSON à PARIS. Des microphones de très-petites dimensions (2 sur 5 millimètres) ont été introduits pendant la phonation au bout d'une tige



flexible (Fig. 5), ce qui a permis, de la glotte aux lèvres, d'avoir le niveau sonore et le spectre acoustique.

Les faits expérimentaux enregistrés ont été les suivants:

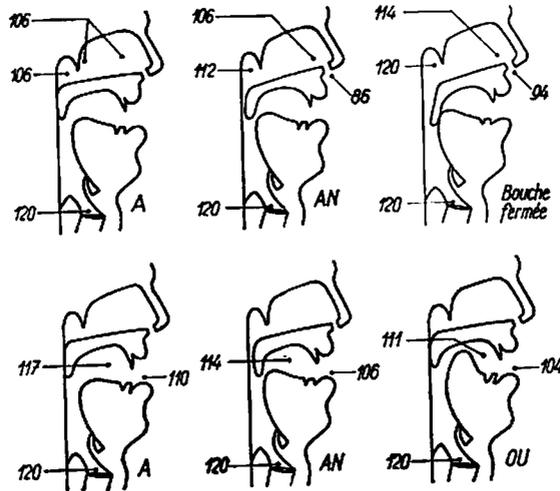
a) En premier lieu, aucune "résonance" n'a jamais pu être mise en évidence en aucun point des dites cavités, ou sinon quasi-insignifiantes.

b) Par contre, un phénomène *énorme* a été mis en évidence: une diminution rapide et continue du niveau sonore de la glotte aux lèvres, traduisant des *absorptions colossales*. Ces absorptions atteignent 5 décibels en voix parlée ordinaire, 10 décibels en voix soutenue, 15 décibels dans le chant à moyenne intensité, et jusque 30 décibels dans le chant théâtral à grande puissance. Elles varient bien entendu avec les voyelles et la fréquence d'émission. Tout se passe comme si les masses aériennes pharyngo-buccales constituaient un "tampon de coton" placé à la sortie du larynx. Ce sont bien entendu ces absorptions qui sont la cause essentielle de l'impédance ramenée sur le larynx pendant la phonation (impédance dont le rôle est comme nous l'avons dit un rôle "protecteur").

c) En second lieu, il a été mis en évidence une *diffusion turbulente* (turbulent scattering) au sein des cavités pharyngo-buccales, provoquée bien entendu par l'excitation par *jets rythmés* issus du larynx.

d) En surplus, il est apparu qu'aucune propagation régulière n'existait de la glotte aux lèvres, surtout aux grandes intensités. Une onde progressive régulière ne s'organise qu'à la sortie des lèvres. Mais le champ sonore pré-buccal est encore fortement perturbé (jusqu'à deux mètres devant la bouche) par l'écoulement aérien et les phénomènes de turbulence.

En raison de ces faits expérimentaux, le problème de la *formation* et de la *structure acoustique* des voyelles, surtout aux grandes intensités, doit être revu entièrement en faisant abstraction des "systèmes d'idées" admis sans preuve



jusqu'à présent (notion de formant, notion de résonance, etc).

(La Fig. 6 représente les niveaux sonores mesurés de la glotte aux lèvres au cours d'une expérience; son émis de 280 cycles avec une intensité constante de 120 décibels à la sortie du larynx).

#### VIII—ABSENCE TOTALE DE TOUT AJUSTEMENT ENTRE VOYELLES ET CONSONNES DANS LE LANGAGE PARLE

§16—La réédification de la Physiologie Phonatoire du larynx a été à peu près terminée vers 1960. Dès cette date, les recherches expérimentales ont été dirigées vers les mécanismes périphériques du *Langage Oral*.

Le premier point à élucider était le fameux ajustement des voyelles et des consonnes dans le discours parlé. Nombre de phonéticiens avaient estimé que cet ajustement devait se réaliser au millième de seconde près pour que le Langage Oral soit intelligible (STETSON, MENZERATH, etc). Et cette affirmation était recopiée par tous les auteurs depuis son apparition.

§17—En fait, l'activité rythmique des cordes vocales dans le Langage Oral est commandée par les nerfs récurrents, tandis que les effecteurs articulatoires sont commandés par des voies extra-pyramidales totalement indépendantes des circuits aboutissant aux noyaux moteurs récurrentiels (observation déjà faite en 1958 par N. I. JINKINE).

Par ailleurs, la glottographie électrique combinée à l'enregistrement de la voix a révélé immédiatement que les mouvements glottiques étaient totalement indépendants des mouvements des effecteurs articulatoires. Ils se superposent sans aucunement se gêner. Les mouvements phonatoires des cordes vocales peuvent aussi bien apparaître avant, pendant, ou après la réalisation des articulations de consonnes. Et réciproquement.

On parvient donc à cette conclusion:

a) L'activité phonatoire rythmique des cordes vocales forme une sorte de *ruban continu*, et elle est totalement indépendante de celle des effecteurs pharyngo-buccaux.

b) Durant l'articulation des consonnes, l'activité laryngée est en général *masquée*, et on n'entend que la consonne.

c) Entre deux consonnes, l'activité du larynx *cesse d'être masquée*, et on entend la voyelle (ou bien on se trouve dans une pause entre deux mots).

Il n'y a donc aucun "ajustement" temporel entre voyelle et consonne, et la durée de toute voyelle parlée est définie par l'intervalle entre les consonnes encadrantes (quelle que soit cette durée).

#### IX—SUPERPOSITION ET ADAPTATION RECIPROQUE DES MOTRICITES RESPIRATOIRES, PHONATOIRES ET ARTICULATOIRES DANS LE LANGAGE ORAL.

§18—Le Langage Oral se réalise par la superposition de motricités respiratoires, phonatoires (ou laryngées), et articulatoires (ou pharyngo-buccales), qui relèvent de commandes différentes.

Les motricités respiratoires, qui diffèrent peu de celles de la respiration libre, relèvent d'un automatisme de niveau bulbo-protubérantiel décrit autrefois par PITTS.

L'activité laryngée se résume à l'arrivée de salves motrices récurrentielles sur les cordes vocales accolées, déterminant des ouvertures rythmiques appelées autrefois improprement "vibrations".

Quant à l'activité pharyngo-buccale, la seule qui soit spécifique du Langage Oral, elle est commandée par l'arrivée, sur les effecteurs pharyngo-buccaux, d'influx moteurs provenant en dernière analyse des engrammes proprioceptifs du Langage Oral siégeant dans les aires somatognosiques 39 et 40 du carrefour pariéto-occipital.

Les chronologies d'arrivée de ces motricités périphériques ont été étudiées, de 1963 à 1965, au Laboratoire de Psychophysiologie de la Sorbonne, sur des sujets des deux sexes dont les âges s'échelonnaient de 18 mois à 66 ans. Les mouvements glottiques étaient captés par un glottographe électrique de FABRE tandis qu'un microphone recevait les ondes sonores pré-buccales, le tout dirigé sur un oscillographe cathodique à double trace. Les mouvements de la ligne de base glottographique traduisaient les mouvements glottiques respiratoires, méthode déjà employée par VAN MICHEL en 1965.

§19—En ce qui concerne l'ajustement des motricités respiratoires et laryngées, il fut trouvé ce qui suit: quel que soit l'âge du sujet, *les cordes vocales ne sont jamais activées pendant l'inspiration*. Ce fait ne résulte que de l'automatisme respiratoire de PITTS. Les cordes vocales étant en adduction pendant la phonation, celle-ci est donc liée à l'expiration, et l'on sait que les commandes expiratoires sont inhibées durant les actes inspiratoires.

Par contre, les arrivées des salves récurrentielles sur le larynx peuvent avoir lieu à tout instant des phases expiratoires (début, milieu, ou fin), et leurs durées ne sont nullement liées à celles-ci. C'est ce qui explique les observations nombreuses faites depuis 1958 de mouvements phonatoires des cordes vocales, soit commençant avant l'apparition de la voix, soit se poursuivant après que la voix a cessé (voir ci-dessus les §§ 4 et 5 et les figures 1, 2, 3 et 4).

§20—En ce qui concerne l'ajustement des motricités respiratoires et pharyngobuccales, il a été observé ce qui suit: Chez l'enfant en âge préscolaire, et surtout chez le très-jeune enfant, *aucun ajustement n'existe entre la respiration et l'articulation*. Les sujets lancent leurs articulations consonantiques aussi bien en inspiration qu'en expiration, ce qui donne lieu à des achoppements particuliers lors du départ de consonnes sur des phases inspiratoires (achoppements qui ne doivent pas être confondus avec des épisodes de bégayage). Dès que l'enfant est soumis aux dressages scolaires, les lancées de consonnes sur des phases inspiratoires diminuent rapidement de fréquence, et finissent par disparaître à l'âge adulte.

§21—En ce qui concerne l'ajustement des motricités laryngées et pharyngobuccales, c'est-à-dire des voyelles et des consonnes, nous avons vu plus haut (§17) qu'*il n'existe pas* puisque la durée de toute voyelle est définie par la durée qui sépare les deux consonnes encadrantes, quelle que soit cette durée, et que ces deux activités se superposent sans se gêner.

§22—En conclusion, pour que le Langage Oral se réalise convenablement, *il faut et il suffit* que les motricités articulatoires soient lancées sur le temps d'une expiration, et conjointement à une activité récurrentielle (qui, elle, ne se réalise jamais sur une inspiration).

Les motricités périphériques du Langage Oral, décrites autrefois comme possédant une extraordinaire complexité et nécessitant des ajustements au millième de seconde, sont donc au contraire des motricités possédant à la fois une *grande simplicité* et une *extrême labilité*.

Leur *labilité* est comparable à celles de nombreux automatismes moteurs rencontrés en physiologie humaine, tels que l'automatisme cardiaque, les mouvements de ventilation pulmonaire, les comportements moteurs de la locomotion, etc. La *labilité* des motricités du Langage Oral ne paraît en fait limitée que par les nécessités imposées par la compréhension du discours.

---

(Adresse de l'Auteur: Laboratoires de Psychophysiology de la Faculté des Sciences, 9 Quai Saint-Bernard, Bâtiment C, 5ème étage, PARIS (V).—France)