

of the flames can be utilised to make any kind of fine distinction between sounds. On the other hand, it is possible for a flame to give a visual indication of some of the more gross differences. It must be remembered that up to the present we have been considering any jet at its most sensitive, but in order to make a jet still more discriminating it is usually necessary to *reduce* its sensitivity by modifying the conditions (size or shape of orifice and pressure of gas). For example, a jet may, at its most sensitive, duck violently for the sound *s* and less violently but still visibly for the sound *θ*. It is quite possible so to narrow the range of sensitivity, by altering the gas pressure, that the response to *θ* disappears altogether, leaving still a marked response to *s*. Such a visual indication of sound difference as can be supplied in this way can be made use of where defective speech is concerned, and particularly where defective speech is the outcome of defective hearing. The patient can often be taught to produce a particular sound, but this has to be followed by long and constant practice in using it. At this stage the flame is an admirable aid since it can be a visual reminder when the right sound is used or the wrong one substituted. I have found that in English, for example, most kinds of defective *s* can be dealt with by using different jets — one jet would respond for *s* and *z* and not for *θ* and *ð*; that is, it would duck six times for *siks siksiz ə θə:ti siks*, but remained quite unresponsive to *θikθ θikθið ə θə:ti θikθ*. Similarly other flames would discriminate between *s* and *ʃ*, and *s* and *x* (some variety of the last being a common substitution by cleft-palate speakers).

Enough has perhaps been said to give some idea of what may be done with the jets. The fact that yet another flame was capable of discriminating between unaspirated and aspirated *t* (probably owing to the high frequency component of the aspiration) and between clear and dark *l* may indicate that the method could be extended still further. In any case, as was said earlier, the making of the jets is not a difficult business, and though the production of a useful one is still a matter of trial and error, yet it would seem that the field of experiment is one which might be worth exploring.

17. Prof. B. HÁLA (Prague) : *Nouvelles contributions à l'analyse acoustique des voyelles.*

Mesdames et Messieurs,

Dans ma brève communication je vais vous dire quelques mots sur la structure acoustique des voyelles. C'est une question délicate qui intrigue depuis longtemps déjà non seulement les

phonéticiens, mais aussi les physiciens et les physiologistes sans conduire cependant à une solution généralement admise ainsi que le montrent les deux théories vocaliques entièrement opposées l'une à l'autre : celle de HELMHOLTZ et celle de HERMANN. On peut se rappeler aussi les vives critiques qui, au commencement de notre siècle, ont été adressées aux méthodes acoustiques par l'éminent phonéticien danois, M. JESPERSEN.

Heureusement, beaucoup a changé depuis lors. Aujourd'hui nous possédons des procédés plus nombreux et plus perfectionnés, notamment le film parlant et l'enregistrement oscillographique ; ces nouveaux procédés sont beaucoup plus aptes à faciliter la solution du problème que l'on peut résumer succinctement en ces deux points principaux :

1° Quels sont les éléments acoustiques constituant les voyelles et

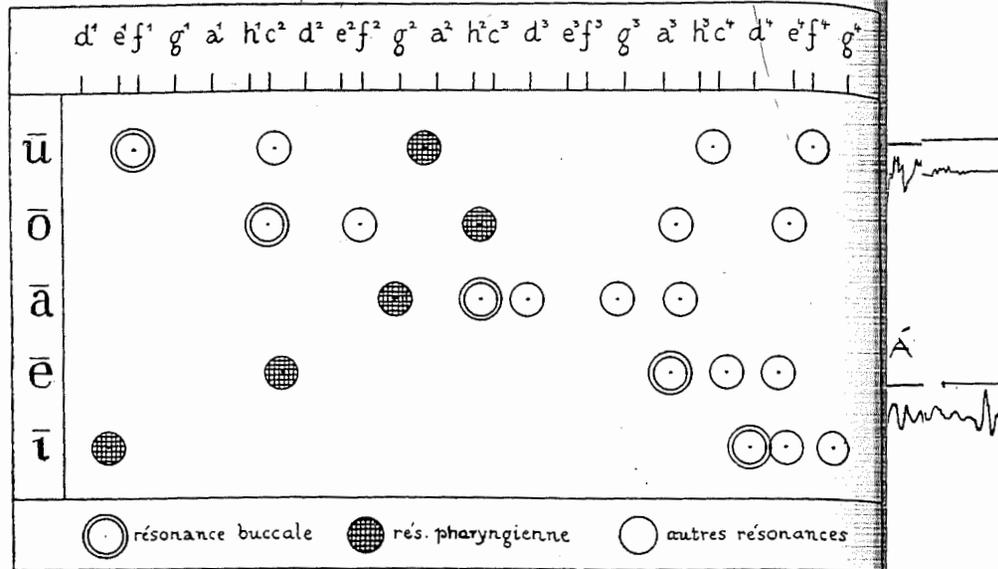
2° Lequel des deux savants a raison : HELMHOLTZ ou HERMANN.

Pour pouvoir répondre à ces deux questions j'ai mis à profit toutes les méthodes acoustiques qui m'étaient accessibles, les anciennes aussi bien que les nouvelles ; j'ai travaillé avec les résonateurs et diapasons, j'ai employé la simple ouïe et le chuchotement, j'ai fait une longue série d'enregistrements phonographiques, oscillographiques et à l'aide du film parlant ; car si l'on veut arriver à des résultats sûrs et précis, il n'est absolument pas possible de baser ses recherches sur une seule méthode et se dispenser de l'emploi laborieux des autres. J'ai suivi dans cette voie le fondateur et maître de la phonétique expérimentale l'abbé ROUSSELOT qui, lui aussi, en s'occupant de l'étude de la structure acoustique des voyelles, avait utilisé toutes les méthodes qui à cette époque étaient à sa portée. Et ce n'est que cette façon de procéder qui nous permet le contrôle réciproque des résultats obtenus, tandis que l'emploi d'une seule méthode ne manque presque pas d'amener des résultats incomplets ou même inexacts.

Voici maintenant les résultats de mes travaux :

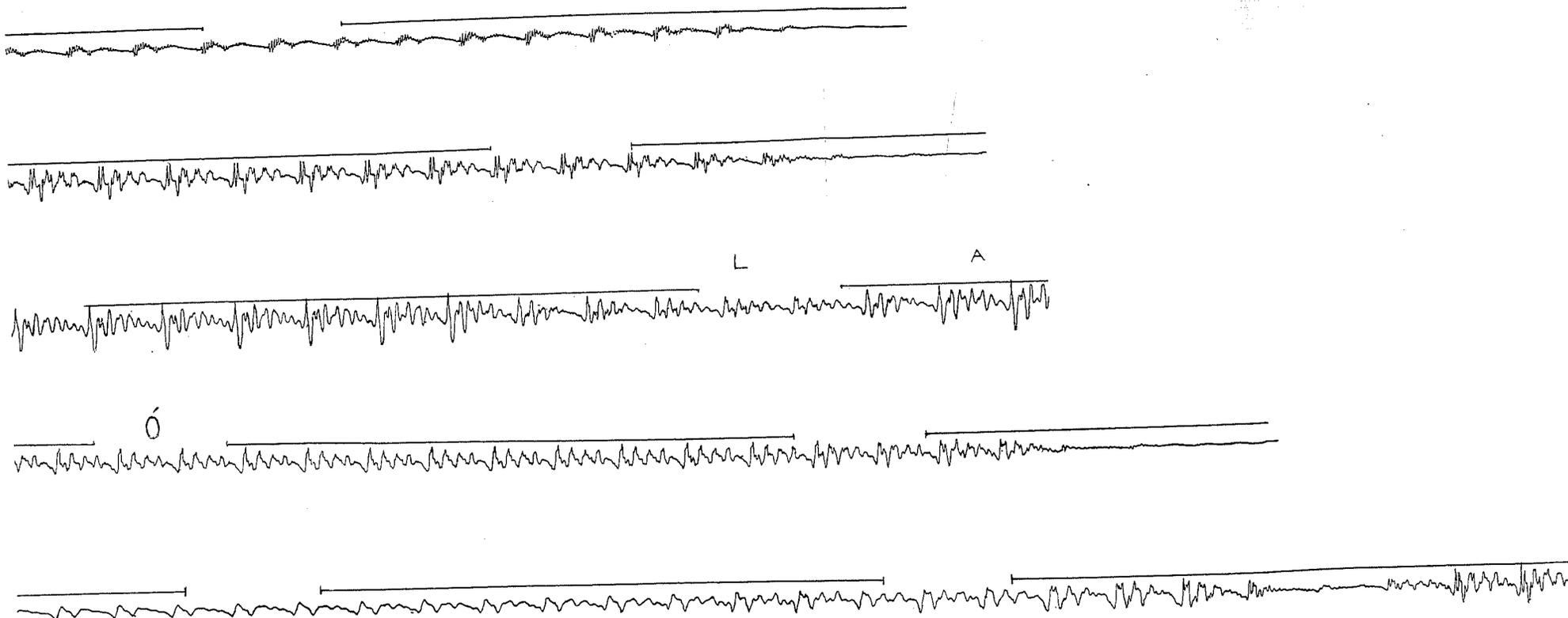
La *structure acoustique* des voyelles est bien complexe : les voyelles ne sont pas formées uniquement par une seule résonance habituellement appelée *note caractéristique* ou bien aussi *formant* ; cette résonance est la plus importante, c'est vrai, parce que c'est la résonance *primaire*, le son propre de la cavité buccale ayant une certaine forme d'après la position des organes phonateurs et différente d'une voyelle à l'autre. Mais, en dehors de la résonance primaire, il y a, dans chaque voyelle, trois ou quatre résonances secondaires dont les unes appartiennent à la cavité pharyngienne tandis que l'origine de certaines autres ne se laisse pas encore définir avec certitude ; pour le moment

il faut donc se contenter de constater leur présence dans la voyelle.



I. Tableau des résonances des voyelles longues du tchèque.

Mais ce n'est pas encore tout : dans l'ensemble acoustique des voyelles il n'y a pas seulement des résonances vocaliques c'est-à-dire celles qui forment une voyelle ; on y découvre, et cela le plus facilement au moyen des résonateurs, bien d'autres résonances correspondant aux harmoniques de la voix laryngienne qui n'est pas un son simple : elle contient des sons partiels dont le nombre et l'intensité sont variables. L'ensemble de tous ces sons forme ce qu'on peut appeler le timbre individuel de la personne qui parle. Le rôle de ces deux groupes de résonances est tout à fait différent ; les résonances vocaliques servent à distinguer les voyelles, p. ex. un *i* d'un *a* etc., ou bien aussi p. ex. un *i* français d'un *i* tchèque (*i* français est plus aigu que l'*i* tchèque) etc. ; l'ensemble de ces résonances, c'est le *timbre vocalique*. Les autres servent à caractériser les différentes voix humaines : elles forment le *timbre individuel* ou *personnel*. Malheureusement pour ceux qui s'occupent de l'étude des problèmes acoustiques des voyelles, dans les voyelles parlées ces deux timbres sont *confondus*, car il n'existe pas des voyelles prononcées sans un timbre individuel de la voix. Et il est assez souvent très difficile de les démêler l'un de l'autre, notamment



Enregistrement oscillographique des cinq voyelles longues du tchèque, fait au moyen de la lampe Braune (pour les détails, voy. II Valsalva, 1937).

1. *i* dans le mot „bida”
2. *ē* („Béda”)
3. *ā* („Hála”)
4. *ō* („sóda”)
5. *ū* (= *ou* en français; „kúra”).

Les interruptions des lignes horizontales (au-dessus des courbes oscillographiques) marquent les dixièmes d'une seconde.

dans les analyses mathématiques au moyen des séries de FOURIER. C'est une constatation très importante dont jusqu'à présent on n'a pas assez tenu compte et cela non seulement dans les analyses des voyelles mais aussi dans leurs *synthèses* ; voilà pourquoi il était parfois si difficile de reconnaître les voyelles produites d'une façon artificielle ; il leur manquait leur *timbre humain*.

	Sons composants :					
	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e
ū	●	●	?	?	●	
ō	●	●	●	?	?	●
ā	●	●	●	●	?	●
ē	●	●	●	●	?	●
ĭ	●	●	?	●		

II. Tableau des sons composants de la voix d'un sujet tchèque dans la prononciation des cinq voyelles longues.

(Le degré d'intensité est marqué par la grandeur des points noirs ; le point d'interrogation signifie que le son composant est confondu avec une résonance vocalique.)

Après toutes ces constatations occupons-nous maintenant de la question lequel des deux a raison : HELMHOLTZ qui dit que les notes caractéristiques (à savoir les résonances principales ou primaires) sont des harmoniques de la voix laryngienne, renforcés par la résonance de la cavité buccale, ou bien HERMANN qui nous apprend que la caractéristique est le son propre de la cavité buccale excité par l'intermittence de l'air phonateur s'échappant à travers les cordes vocales.

Il y a bien des objections sérieuses qui parlent contre la théorie de HELMHOLTZ : tout d'abord le rapport harmonique entre la voix laryngienne et la caractéristique serait une source d'innombrables complications ; ensuite, dans les voyelles chuchotées la voix laryngienne n'existe pas et pourtant on les distingue aussi bien que les voyelles prononcées à haute voix. Enfin l'aspect de toutes les courbes vocaliques que l'on obtient et que j'ai obtenues moi-même parle indubitablement en faveur de la théorie vocalique de HERMANN ; on y remarque l'amortissement

graduel des amplitudes initiales dans chaque période, ce qui n'est pas en accord avec la théorie de résonance de HELMHOLTZ où ces amplitudes devraient garder les mêmes dimensions jusqu'au bout de chaque période.

Moi aussi je peux apporter une contribution à la solution de ce problème si difficile : dans la plupart des cas j'ai trouvé que la note caractéristique est *inharmonique*, indépendante de la voix laryngienne et de ses harmoniques, ainsi que l'a affirmé HERMANN. Mais il y a aussi des cas où — par hasard — la place de la note caractéristique coïncide avec un ton composant de la voix : ici, la voyelle serait formée d'après la théorie de HELMHOLTZ. Donc, les deux ont raison, HERMANN et HELMHOLTZ ainsi que l'a prévu déjà ROUSSELOT et que l'a prouvé au moins pour les voyelles produites d'une façon artificielle un physicien tchèque, le professeur KAŇKA. C'est aussi l'avis de M. TRENDELENBURG dans son Acoustique.

[Suit une série de projections lumineuses, accompagnées d'explications.]

18. Prof. FERDINAND TRENDELENBURG (Berlin-Siemensstadt):
Neues zur Physik der Sprachlaute.

Seit einer Reihe von Jahren benutzt man zur objectiven Untersuchung von Schallvorgängen vielfach die Methode der oszillographischen Klangaufzeichnung. Der zu untersuchende Schall wird von einem hochwertigen Mikrophon, meist einem Kondensator-Mikrophon, aufgenommen. Das Kondensator-Mikrophon arbeitet auf einem Röhrenverstärker, an welchen ein Oszillograph angeschlossen ist, der den zeitlichen Verlauf des Ausgangsstroms des Verstärkers und damit den zeitlichen Verlauf des Druckes im Schallfeld mit grosser Genauigkeit aufzeichnet. Die Oszillogramme können dann rechnerisch oder mechanisch analysiert werden und es kann so die Teiltonzusammensetzung der in Frage stehenden Schallvorgänge ermittelt werden. Unter Benutzung von Oszillographen wurden zahlreiche aufschlussreiche Untersuchungen durchgeführt. So konnten beispielsweise die für die Aufgaben der Nachrichtentechnik sehr wichtigen Fragen des Frequenzumfanges und des Intensitätsumfanges von Sprach- und Musikklängen auf das genaueste geklärt werden. Weiterhin konnten wichtige Feststellungen zur kritischen Wertung der verschiedenen Vokaltheorien gemacht werden (1). An Hand oszillographischer Klangaufnahmen konnten phonetische Fragestellungen wie

(1) Vergl. F. TRENDELENBURG, *Wiss. Veröff. a. d. Siemenskonzern*, III/2, S. 43, 1924; IV/1, S. 1, 1925.

z. B. diejenige des Tonhöhenverlaufs und des Intensitätsverlaufs in gesprochenen Silben und Sätzen erfolgreich bearbeitet werden (1). Als nachteilig erwies sich aber, dass der Zeitbedarf zur Durchführung einer Analyse ein sehr erheblicher ist. Man benötigt zur rechnerischen Analyse eines oszillographisch aufgezeichneten Klanges bis zum 12. Partialton etwa einen vollen Arbeitstag, auch bei der mechanischen Analyse — beispielsweise mit einem Maderschen Analysator (2), welcher Analysen bis zum 25. Partialton ermöglicht, — hat man noch einen Arbeitsaufwand von einigen Stunden.

Es bedeutete einen sehr grossen Fortschritt, als es gelang, elektrische Verfahren zur automatischen Klanganalyse zu finden. In Deutschland wurden derartige Verfahren zur automatischen Klanganalyse zuerst von M. GRÜTZMACHER (3) und — unabhängig von ihm, — von E. GERLACH (4) entwickelt. Diese automatischen Verfahren zur Klanganalyse arbeiten in der Weise, dass ein von einem Schwebungssummer gelieferter Suchton langsam den gesamten Tonbereich durchläuft und dass ein hinter einer Verstärkerschaltung liegendes Registrierinstrument jedesmal dann ausschlägt, wenn der Suchton über einen im Schallvorgang enthaltenen Teilton hinwegstreicht. Es lässt sich erreichen, dass der Ausschlag des Registrierinstruments proportional der Amplitude des jeweils gerade überstrichenen Partialtons des Schallvorganges wird. Man erhält mit dem Suchtonverfahren das gesamte Teiltonspektrum eines Klanges im Zeitraum einiger weniger Minuten auf einem photographischen Papier aufgezeichnet. Mit dem Suchtonverfahren wurden zahlreiche erfolgreiche Untersuchungen an Sprach- und Musikklängen ausgeführt (5). Die Anwendung des Verfahrens ist aber auf solche Schallvorgänge beschränkt, welche ihre Zusammensetzung während des Zeitraumes einer Analyse, d. h. während einiger Minuten nicht merklich ändern oder die zumindest während langer Zeit in genau gleicher Zusammensetzung

(1) Vergl. z. B. die eingehenden Untersuchungen von A. GEMELLI und G. PASTORI, *L'analisi elettroacustica del Linguaggio*, Mailand, 1934.

(2) O. MADER, *Electrotechn. Ztschr.*, 30, S. 847, 1909.

(3) M. GRÜTZMACHER, *Elektr. Nachr. Technik*, 4, S. 533, 1927.

(4) E. GERLACH, *Ztschr. techn. Physik*, 8, S. 515, 1927. Das erste Verfahren zur unmittelbaren Analyse von Wechselströmen wurde — wie noch bemerkt sei — von TH. DES COUDRES ausgearbeitet. (Vergl. *Elektrotechn. Ztschr.*, 21, S. 752, 1900.)

(5) Vergl. insbesondere :

M. GRÜTZMACHER, *Elektrotechn. Nachr. Technik*, 4, S. 533, 1927; *Ztschr. f. techn. Physik*, 10, S. 577, 1929.

E. MEYER und G. BUCHWALD, *Berl. Ber.* (1931), Nr. 32735.

L. BARCZINSKI und E. THIENHAUS, *Arch. néerl. Phon. exp.*, 11, S. 47, 1935.