

XVIII 6.12 (57)



INTERNATIONALES
DE
SIE, D'OTOLOGIE
ET DE

Rhinologie
DIRECTEUR : C. CHAUVEAU
225, Boulevard St-Germain, PARIS
(Extrait)

juvi A-67-30

LES APPLICATIONS

DE LA

PHONÉTIQUE EXPÉRIMENTALE

à la Clinique

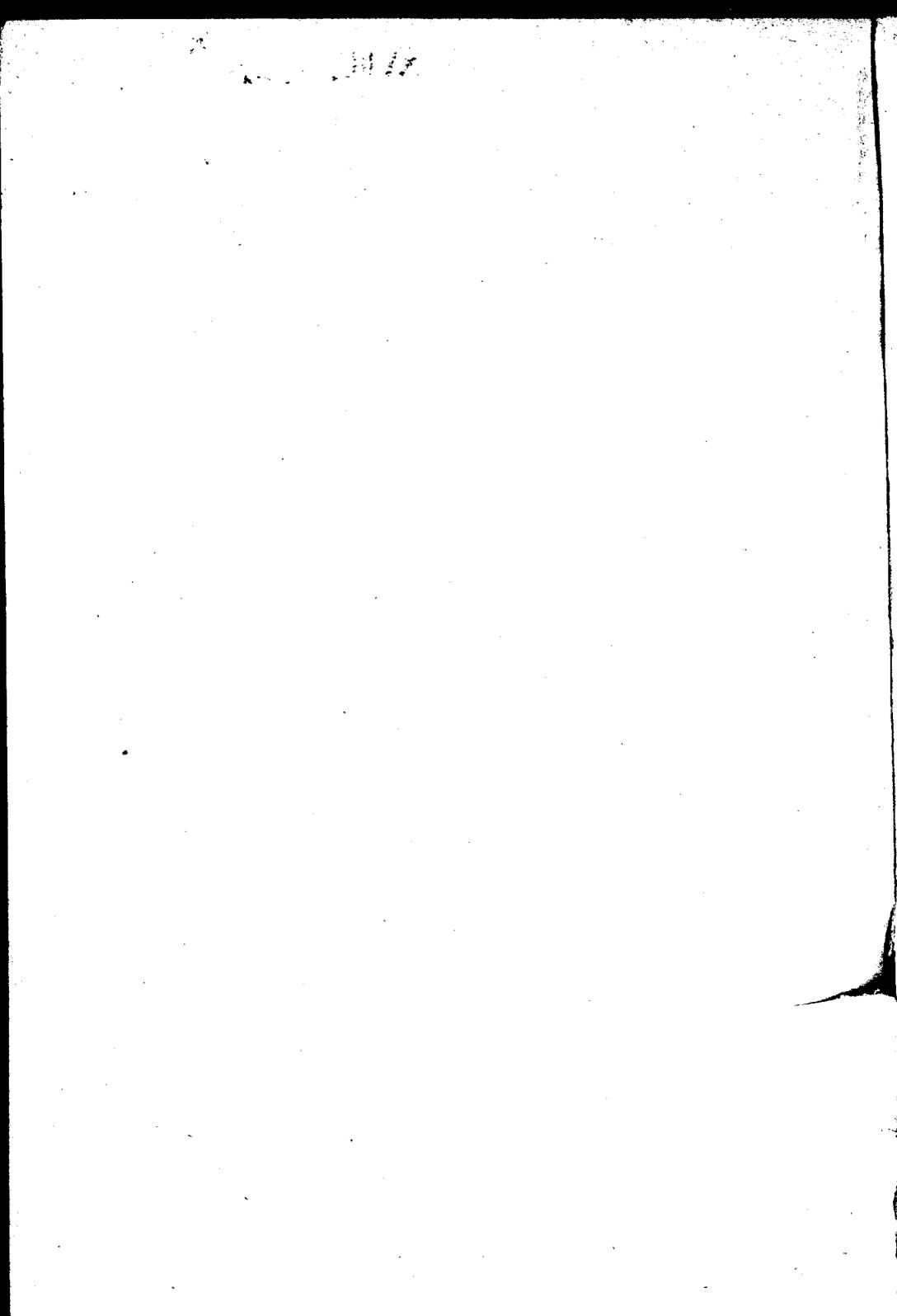
PAR

G. GRADENIGO (DE TURIN)

C. BIAGGI (DE MILAN)

A. STEFANINI (DE LUCQUES)





LES APPLICATIONS
DE LA PHONÉTIQUE EXPÉRIMENTALE
A LA CLINIQUE

Par les Professeurs

G. GRADENIGO (de Turin)

C. BIAGGI (de Milan)

A. STÉFANINI (de Lucques).

Introduction.

Sous quelque point de vue qu'on la considère, la science du langage a des racines communes à toutes les branches du savoir. La solidarité des connaissances humaines s'y affirme de la façon la plus complète et il n'est pas un savant qui n'y trouve un attrait plus ou moins lointain. L'anatomiste envisage la structure de l'organe vocal, le physiologiste étudie son fonctionnement, le psychologue le jeu des images auditives visuelles et motrices, le pédagogue, le développement du langage, le physicien analyse les sons, le sociologue s'occupe des caractères collectifs et des conditions qui président à leur évolution, le géographe et l'historien traitent des nombreux rapports qui lient la linguistique à la configuration du sol et aux événements passés.

Une part très importante revient aux études médicales qui coordonnent entre elles les notions et les procédés que fournissent l'anatomie et la psychologie relativement à l'organe de la phonation et qui se consacrent aux anomalies du langage et aux moyens de les prévenir (hygiène et prophylaxie) ainsi qu'à leur correction par une thérapeutique appropriée.

Le *chant* n'étant qu'un mode spécial de phonation qui s'unit au langage en passant par la *déclamation*, la phonétique s'étendra au chant de la façon la plus efficace, par les mêmes procédés d'examen et de traitement que ceux qui sont appliqués avec succès au langage. Finalement, par le chant, la phonétique entrera en contact intime avec l'esthétique et l'art musical et aura accès de plein droit dans les *Conservatoires*.

1. Rapport lu au XV^e Congrès de la Société Italienne de Laryngologie et d'Otologie, tenu à Venise en septembre 1913.

On voit que dans le champ si vaste de la phonétique, la partie biologique (anatomie, physiologie, pathologie, hygiène vocale) est de beaucoup la plus importante, qu'elle constitue la base nécessaire à la portion glottologique qui, à elle seule, peut servir de sujet d'étude, mais à la condition expresse d'être fondée sur la biologie.

De même que tout pays a son langage, il doit posséder aussi une phonétique, attendu que ce qui convient à une langue donnée ne peut être appliqué à sa congénère d'un autre pays. Au point de vue de la mimique phonétique, chaque langage a des valeurs qui lui sont propres et en sont caractéristiques; mais celui qui s'intéresse à la phonation, en remontant de l'examen particulier aux faits primordiaux qui ont présidé à la formation de tous les langages, retrouve les lois d'une phonétique générale d'où il peut déduire les phonétiques particulières qui lui permettent de discerner, dans leur genèse et leur évolution, les divergences de constitution qui dénotent chaque langue en particulier.

Tandis qu'actuellement, l'Italie occupe une des premières places parmi les nations au sujet de la glottologie, elle n'a fourni qu'une faible contribution à la phonétique biologique.

Dans le camp glottologique, il faut citer Marzolo avec son travail sur les *Monuments de la Parole*, le Prof. Trombelli avec ses vues nouvelles sur *l'unité de l'origine du langage* et surtout Graziadio Ascoli, une des lumières de la science italienne et de l'Académie scientifico-littéraire de Milan qui (on peut le rappeler dans cette ville de Venise dont l'influence s'étend aux deux rives de l'Adriatique, de la Lagune à Trieste et au Quarnero) par l'acuité de son génie et la nouveauté de ses procédés analytiques, a rattaché définitivement au rameau italique les variations linguistiques et par là les populations de la Ladinie qui embrasse aussi le Trentin et l'Istrie.

La contribution apportée par les Italiens au chapitre de la phonétique biologique est beaucoup plus restreinte; à côté de certains travaux d'ordre expérimental, nous citerons pour mémoire l'ouvrage posthume de Labus dédié aux *orateurs et aux chanteurs* et un intéressant essai, intitulé *l'Orateur*, publié récemment par Patrizi.

A l'étranger, principalement au cours de ces dernières années, la phonétique biologique a été cultivée très sérieusement et avec d'heureux résultats, sous l'impulsion de personnalités éminentes, parmi lesquelles nous citerons tout d'abord l'abbé Rousselot, de Paris, qui eut le mérite d'instaurer cette nouvelle science expé-

rimentale et de l'appuyer sur des moyens que personne n'avait employés avant lui ; de plus il eut le mérite d'attirer une série de collaborateurs parmi lesquels figurent Natier, Olivier, Zünd-Burguet, Panconcelli-Calzia.

Il convient de citer à côté de ces noms ceux de Zwaardemaker, d'Utrecht, et Gallée, Scripture, de New-York, et enfin, Gutzmann, Flatau et Katzenstein, de Berlin au zèle desquels revient le mérite d'avoir fait décider au Congrès International de Budapest, par la Section de Laryngologie, qu'à l'avenir la science nouvelle aurait une place à part dans les Congrès spéciaux. Ce vœu a été réalisé au III^e Congrès International de Laryngologie tenu à Berlin, en 1911, où la phonétique tint un rang honorable et où elle s'affirma, avouons-le, fille de la science allemande.

Il n'est donc pas superflu de remercier le bureau de notre Société qui a consenti à donner à ce sujet nouveau-né le baptême officiel de nos discussions. Deux raisons nous ont incités à assumer la tâche ardue de rédiger un rapport sur cette question : d'abord nous avons tenu à faire connaître les résultats obtenus, et à signaler ce qui reste à faire pour engager nos collègues à s'occuper de la phonétique et ensuite nous avons recueilli les quelques faits publiés en Italie et qui pourraient être emportés par le courant exubérant de la production littéraire étrangère.

Bien entendu, comme nous désirons entretenir les laryngologistes de l'application de la phonétique expérimentale à la Clinique, nous nous inquiéterons uniquement de la phonétique biologique, qui, étroitement liée à la laryngologie devrait être étudiée et enseignée dans toutes les cliniques spéciales. Nous souhaitons de voir fonctionner en Italie des Instituts calqués sur ceux qui sont dirigés, au Collège de France, par l'abbé Rousselot et à l'Institut Colonial de Hambourg¹ par un de nos distingués compatriotes, le Dr G. Panconcelli-Calzia qui font fusionner harmonieusement les deux branches de la phonétique, le rameau biologique et la glottologie.

Notre thème : *Applications de la phonétique expérimentale à la Clinique* embrasse l'utilisation des procédés d'examen fonctionnel des organes vocaux appliqués à la clinique. Ce sujet étant très vaste, nous envisagerons rapidement les méthodes de pho-

1. Nous pouvons ajouter que le Sénat de la Ville de Hambourg vient, dans un élan de générosité, de voter récemment tous les crédits réclamés par le Directeur pour l'installation d'un nouveau laboratoire de phonétique expérimentale, qui deviendra le premier du monde par les moyens dont il disposera.

nétique les plus récentes et leurs applications à l'hygiène et à la prophylaxie ainsi qu'à la pathologie des organes de la voix.

Considérée au point de vue biologique, la *phonétique* remplit pour la rhino-laryngologie, le même rôle que l'acoumétrie en otologie : c'est l'étude fonctionnelle de l'organe vocal, appelée de concert avec l'examen objectif, à fixer le diagnostic et à instituer une thérapeutique appropriée. Si, relativement aux procédés en usage pour les fonctions sensorielles et motrices, les méthodes d'examen fonctionnel de la voix et de la respiration sont encore peu répandues dans la pratique courante, ce fait est dû surtout à ce qu'en rhino-laryngologie, l'examen objectif suffit à assurer le diagnostic et à indiquer le traitement. Mais sans nul doute, l'étude de cette catégorie de phénomènes fonctionnels étendra le champ de nos connaissances et servira de base au diagnostic des maladies de la voix qui ne sont pas liées à de grossières altérations organiques.

En opposition avec la phonétique glottologique qui n'appartient pas au domaine médical, la phonétique biologique acquiert de plus en plus l'importance d'une nouvelle branche laryngologique, de même que la bronchoscopie et l'œsophagoscopie sont des rameaux supplémentaires greffés sur l'examen objectif.

On remarquera que l'épithète *expérimentale* ne signifie pas qu'il faille toujours avoir recours à des instruments plus ou moins compliqués : le simple examen par la vue, l'audition et le toucher peut nous permettre d'examiner et de contrôler les fonctions de certains organes, à condition, bien entendu, que l'observateur possède les qualités requises pour ces examens délicats.

Pour certaines recherches, on est obligé de recourir à l'emploi d'instruments d'enregistrement graphique si l'on veut inscrire les mouvements du thorax et ceux du larynx, ou noter les vibrations vocales ; mais si les procédés instrumentaux offrent certains avantages, ils présentent également de graves inconvénients. Parmi les avantages, on notera en premier lieu l'absence de *subjectivité*, la possibilité de fixer des vibrations fugaces, d'enregistrer avec précision les mouvements les plus divers combinés avec d'autres mouvements et en relation avec le temps, et la possibilité de conserver, clairement inscrits, durant une période indéterminée, les résultats des expériences. Le plus grave inconvénient consiste à fournir des résultats peu véridiques soit parce que l'action des poids et l'embarras causé aux délicats organes de la parole par les appareils enregistreurs en troublent le fonctionnement naturel, soit parce que dans certains cas les graphiques se ressentent trop de l'inertie et des particularités de construction des instruments employés.

Il convient de remémorer à ceux qui s'initient à l'étude de certains problèmes phonétiques et en particulier à la partie mécanique, que la phonation et la parole étant des actes volontaires, ils sont, plus que tous les autres phénomènes, sujets à des influences internes de la volonté contre lesquelles il faut lutter pour réaliser intégralement l'acte purement mécanique.

Quoique la parole et le chant soient des actions volontaires, elles acquièrent par l'exercice et la répétition continuelle, la force d'actes automatiques et c'est à ce moment qu'il faut agir, c'est-à-dire lorsque la volonté qui préside à la fonction l'abandonne aux forces organiques qui constituent la base de tout acte volontaire.

Tant que l'on se borne à explorer des parties du corps distantes des mécanismes articulaires, la chose est aisée, mais elle se complique si l'on désire étudier simultanément les mouvements de la bouche et des régions profondes. L'application d'appareils autour des lèvres, sous le maxillaire et en avant du larynx, suffit à plonger le sujet dans un état de suggestion qui le prive de ses moyens et influe sur l'interprétation du phénomène.

Indubitablement, l'emploi d'appareils enregistreurs délicats et bien construits représente un progrès appréciable pour les études de phonétique, car ainsi le sens de l'observateur s'affine et les résultats ont une précision mathématique.

Pour conclure, nous dirons que la phonétique en tant que science expérimentale se réclame de deux méthodes se rapportant à la tradition italienne et à l'œuvre fondamentale de Léonard de Vinci et de Galilée, c'est-à-dire à l'*observation objective* et à l'*expérimentation* proprement dite ; aussi pour l'étude détaillée des mouvements de la phonation devons-nous appliquer les deux procédés aux divers organes producteurs du son, à l'appareil respiratoire qui fournit la force motrice, à l'appareil laryngien dans lequel se forme le son et à l'appareil articulaire qui modifie ce même son.

Ainsi que le fait justement observer Poirot ¹ l'*observation* est, à l'égard de la méthode, aussi rapide que possible et l'*expérimentation* ne fait que vérifier les traces du procédé.

Nous n'avons pas l'intention d'exposer ici tous les modes d'examen, ni de résumer, même sommairement, les innombrables publications qui, au cours de ces dernières années, ont vu le jour dans le domaine de la phonétique expérimentale ; nous nous bornerons à énumérer les principales.

Pour la bibliographie du sujet, nous renverrons aux excel-

1. POIROT, *Phonetik*.

lents rapports qui ont précédé le nôtre : celui de Zwaardemaker, d'Utrecht : *La phonétique expérimentale considérée au point de vue médical* (1909) et ceux de Gutzmann et Struycken : *Sur les relations de la phonétique expérimentale avec la laryngologie* (1911), qui comprennent des indications bibliographiques très complètes.

Il ne sera pas inutile de rappeler parmi les périodiques uniquement consacrés à la phonétique biologique, la *Parole*, de l'abbé Rousselot et du D^r M. Natier, et la *Voix* du D^r Chervin qui ont cessé de paraître depuis plusieurs années ; actuellement nous possédons plusieurs recueils très importants : la *Revue de Phonétique*, publiée par l'abbé Rousselot et H. Pernot, le *Monatschrift für die gesammte Sprachheilkunde*, fondé par A. et H. Gutzmann il y a 22 ans et *Die Stimme* (La Voix) de T. Flatau et K. Gast. Le D^r Panconcelli-Calzia, de Hambourg, rédige périodiquement la *Bibliografia Fonetica*.

Parmi les traités, en dehors de l'ouvrage classique de l'abbé Rousselot, intitulé la *Phonétique expérimentale*, nous citerons les œuvres de Gutzmann, Zünd-Burguet, Barth, Poirot, Nadolecny, etc. ¹.

En Italie, l'unique traité qui étudie sérieusement le rôle de la voix dans la parole et le chant, est celui de Labus dédié aux orateurs et aux chanteurs. Il serait équitable pourtant de nommer Nuvoli qui, dès 1889, avait publié un volume sur la *Physiologie, l'hygiène et la pathologie des organes vocaux en relation avec l'art du chant et de la parole*, et Garbini, de Vérone, qui d'après une méthode scientifique, a envisagé l'évolution de la voix chez l'enfant dans un travail remarquable par la précision des examens et l'ampleur des idées. On n'oubliera pas non plus que le Prof. C. Biaggi a été le premier, en Italie, à s'intéresser à la phonétique tant au point de vue expérimental que pratique et qu'on lui doit des travaux importants sur ce sujet.

Nous décrirons dans ce mémoire les principales méthodes et les instruments destinés à examiner la respiration, la phonation et l'articulation (mécanisme de la phonation, aérodynamique) ainsi que ceux qui servent à l'analyse des sons (acoustique de la phonation), et nous verrons sous quelle forme ces procédés peuvent être appliqués à l'hygiène, à la prophylaxie et à la culture des organes vocaux. Ci-dessous nous énonçons les diverses parties de ce travail.

1. Tandis que nous rédigeons ce mémoire, le D^r A. MUSEHOLD, de Berlin, a fait paraître un important volume relatif à la phonétique, intitulé *Allgemeine Akustik und Mechanik des menschlichen Stimmorgans*.

APPLICATIONS DE LA PHONÉTIQUE EXPÉRIMENTALE
A LA MÉDECINE

I

Méthodes d'examen.

A. — *Mécanisme de la phonation (aérodynamique).*

1. — MOUVEMENTS DES DIVERS ORGANES VOCAUX.

- a) Etudiés de l'extérieur :
 - α) thorax, diaphragme, abdomen ;
 - β) larynx : position du larynx dans le chant et la parole ;
 - γ) articulation de la parole.
- b) Etudiés à l'intérieur des organes :
 - α) cordes vocales. Registres ; mise en place ;
 - β) épiglotte ;
 - γ) paroi pharyngée ;
 - δ) voile palatin et langue.
- c) Etudiés par des méthodes mixtes, rayons X et cinématographie.

2. — OSCILLATIONS DE L'AIR ACCOMPAGNANT LA PHONATION.

- α) Trachée et larynx ;
- β) bouche et cavité nasale, sinus ;
- γ) volume et vitesse de l'air observés aux orifices de la bouche et du nez.

B. — *Acoustique de la phonation.*

VIBRATIONS DES ORGANES PHONATOIRES.

- a) Etudiés de l'extérieur :
 - α) depuis les parois thoraciques et abdominales ;
 - β) depuis le larynx ;
 - γ) depuis la face et le crâne.
- b) Etudiés de l'intérieur :
cordes vocales (stroboscopie).
- c) Etudiés dans l'air ambiant :
 - α) au moyen de membranes, par des moyens mécaniques ou optiques, à l'air libre ou à travers un microphone ;
 - β) par des méthodes directes, optiques ou acoustiques ;
 - γ) par des résonateurs ;
 - δ) au moyen de diapasons ;
 - ε) par l'oreille.
- d) Etudiés à l'intérieur de la cavité

II

Applications de la phonétique expérimentale.

1. Les déformations de la parole dans la surdi-mutité et la surdité grave acquise.
2. Les aphasies, les troubles de la parole chez les arriérés, le mutisme sans surdité.
3. Le bégaiement et le balbutiement.
4. Les altérations fonctionnelles de la voix (phonasthénie, mogiphonie).
5. Les dyslalies de cause mécanique périphérique.
6. Les altérations de la parole et du langage symptomatiques de maladies du système nerveux.

La première partie, relative au mécanisme de la phonation, sera traitée par le Prof. C. Biaggi ; le Prof. Gradenigo s'est chargé de la seconde partie qui a trait à l'étude des oscillations de l'air au cours de la respiration et de la phonation et de la première partie de l'acoustique de la phonation. La seconde partie de l'acoustique de la phonation a été dévolue au Prof. A. Stefanini auquel nous offrons nos remerciements les plus sincères pour avoir bien voulu assumer cette tâche. Le Prof. Gradenigo r diger  aussi le chapitre des applications pathologiques.

PREMIÈRE PARTIE

Méthodes d'examen.

A. — *Mécanisme de la phonation (aérodynamique).*

I. — MOUVEMENTS DES DIVERS ORGANES VOCAUX.

Comprise au sens le plus large, la phonation constitue, comme moyen d'expression particulière de la race humaine, un ensemble complexe de mouvements, rattachés à la forme des organes vocaux et à leurs attitudes héréditaires ou acquises.

Nous avons pour but d'analyser ces mouvements, de les scinder en éléments simples et d'élucider les lois de leurs associations réciproques, dans leurs rapports avec la pathologie et la médecine, et d'établir le rôle de la phonétique pour le diagnostic et le traitement de certaines formes morbides.

Il va sans dire que la phonétique expérimentale a tiré profit des instruments employés en clinique et en physiologie et que nombre d'appareils ont été imaginés ou modifiés pour être adaptés à l'étude de la phonétique. En physique, l'acoustique nous est également venue en aide, ainsi que les procédés modernes de fixation des sons par le phonographe et de fixation des mouvements par la cinématographie. Les rayons X et la photographie ont aussi pu être appliqués d'une manière nette et précise. On se sert quotidiennement également des moyens d'examen clinique par le toucher et l'auscultation directe.

Pour étudier ces mouvements, il conviendra de les envisager à divers points de vue : pour la production de la parole et du chant, et en cas d'altérations pathologiques.

Ainsi que nous l'avons déjà dit au sujet de la méthode d'élection, les mouvements peuvent être étudiés de l'extérieur ou de l'intérieur et simultanément des deux côtés.

Parmi les procédés externes, nous citerons l'examen clinique et les moyens instrumentaux permettant de reproduire par des graphiques les mouvements des organes. De l'extérieur on peut

étudier les mouvements du thorax, du diaphragme et de l'abdomen, les mouvements du larynx, des lèvres, de la mâchoire et de la langue.

Par contre, l'examen interne permet l'étude des mouvements des cordes vocales, de l'épiglotte, des parois pharyngiennes et du voile palatin; pour atteindre ce but, on se sert du laryngoscope et du stroboscope.

Tous ces organes peuvent être étudiés simultanément du dehors et de l'intérieur au moyen des rayons X, de la photographie et de la cinématographie.

Je ne décrirai pas les méthodes cliniques qui sont à la portée de chacun, mais je m'étendrai au contraire sur les procédés graphiques qui offrent des avantages objectifs et précis.

a) *Mouvements étudiés de l'extérieur.*

α) *Appareil aéromoteur. Mouvements du thorax, du diaphragme et de l'abdomen.* — Par une nécessité physiologique, les mouvements de ces trois groupes musculaires doivent être étudiés dans leur ensemble; il est inutile de vouloir les scinder, attendu que l'harmonie qui règne entre eux, opposée à l'antagonisme existant entre le diaphragme et les parois abdominales sont des conditions d'union des divers mouvements respiratoires.

Lorsque ces mouvements délicats rompent leur équilibre nous sommes en présence d'altérations de la parole et de la voix.

Les moyens les mieux adaptés à nos études, sont les appareils tels que le *pneumographe* qui reproduit sur un graphique le mouvement lui-même. Je ne m'attarderai pas à la description des différents modèles employés par chaque expérimentateur; le plus répandu est celui de Paul Bert qui revêt une forme cylindrique, il y a également celui de Verdin qui a deux capsules et celui de Zünd-Burguet qui affecte l'aspect d'un soufflet; j'insisterai sur le dernier venu, celui de Gutzmann, en forme de tube élastique, qui se roule comme une ceinture autour du thorax et qui a, sur les autres, le privilège d'une grande sensibilité et d'une application aisée.

Dans certains cas d'examens spéciaux, si l'on veut reconnaître toutes les modalités de la respiration, on ne saurait trop préconiser la capsule lenticulaire de Broungeest qui, parmi les instruments en usage pour la phonétique, constitue un précieux

mode d'investigation tant par sa délicatesse que par la multiplicité de ses applications.

La caractéristique de cet instrument fort simple réside dans ce que sa paroi élastique est constituée par deux membranes entre lesquelles on insuffle de l'air. Par ce moyen, cette paroi revêt la forme d'une lentille biconvexe qui sensibilise à la perfection et amplifie selon son degré de courbe les plus légers mouvements. Toutefois il arrive que l'on commet des fautes si en appliquant l'instrument on ne s'entoure pas de précautions suffisantes. Ces inconvénients sont inhérents à l'usage des instruments à paroi élastique, cette dernière étant en état de vibrer par suite d'une simple impulsion venant de l'extérieur autant que par sa nature propre; aussi quant aux résultats, faut-il tenir compte de cette cause éventuelle d'erreur qui altère la reproduction des mouvements.

Pour examiner la fonction respiratoire, j'ai l'habitude d'appliquer deux capsules, l'une sur le thorax, à la hauteur des seins, l'autre au niveau de l'épigastre; les deux courbes réalisées figurent les mouvements des deux facteurs essentiels de la respiration, ceux des muscles costaux et ceux du diaphragme, les mouvements abdominaux devant être envisagés comme résultant des contractions diaphragmatiques.

Il convient de rappeler ici qu'à l'état de quiétude l'inspiration et l'expiration ont une durée à peu près égale, excepté les modalités si clairement mises en évidence par Mosso durant le sommeil et à l'état de veille et on remarquera la direction parallèle suivie par les courbes costales et diaphragmatiques.

En parlant et en chantant, ces deux phases subissent des modifications profondes, l'inspiration devient brève et rapide, tandis que l'expiration est lente et prolongée. L'émission de la voix et la formation du langage articulé sont associées à cette seconde phase.

Cette loi physiologique dont la simplicité est universellement reconnue, est fondée sur le principe qui régit tout l'organisme, consistant à utiliser le moindre effort pour atteindre un but déterminé; chaque fois que l'on s'écarte de ce principe, on se trouve en face de problèmes dont l'étude et la solution relèvent de la phonétique expérimentale.

Ceci dit, comment se comporte la courbe respiratoire aux phases d'inspiration et d'expiration, dans ses modalités costales et diaphragmatiques, lorsque la parole est normale ou pathologique et, en chantant, si l'on parcourt plusieurs registres?

On serait fondé à étudier le développement ontogénique de

cette fonction afin d'observer de quelle manière s'opère la transformation d'un acte vital en un facteur mécanique du langage.

La première manifestation de la phonation chez le nouveau-né est constituée par le cri qui s'échappe généralement d'une manière purement réflexe de la cavité buccale chaque fois que ses conditions externes ou internes se modifient. Peu nous importe d'apprendre si ce cri représente une sensation de plaisir ou d'ennui, il nous suffit de savoir comment il se produit, puisqu'il prépare petit à petit son évolution en un langage articulé.

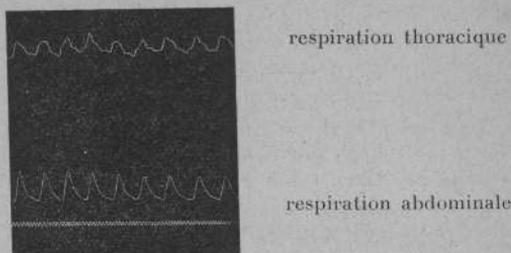


FIG. 1.

Nouveau-né de 10 jours. Respiration calme pendant le sommeil. La ligne ascendante représente l'inspiration et la ligne descendante l'expiration.

Eckerlein (cité par Gutzmann)¹ qui a étudié les modalités respiratoires du nourrisson a noté que le mouvement thoracique remplit un rôle prépondérant dans la production du cri.

Gutzmann a repris ces études et ayant établi des parallèles entre la respiration normale tranquille et celle qui est nécessaire à la parole, il en arrive à conclure que la courbe du cri offre une certaine analogie avec celle de la parole, surtout si le cri est bref, la durée de l'expiration dépassant alors celle de l'inspiration.

Sur les tracés que j'ai obtenus d'après des bébés de 10 à 20 jours recueillis à la Crèche Provinciale de Milan, j'ai pu constater que si la respiration est calme, c'est le mouvement abdominal qui précède le mouvement thoracique, mais dès que l'enfant se prépare à émettre un cri ou s'il commence à pleurer, la respiration devient plus rapide, plus profonde et alors seulement le mouvement thoracique prend le pas sur le mouvement abdominal. (Voir figures 1 et 2.)

1. Gutzmann und Flatau. Die Stimme des Säuglings (*Arch. f. Laryng.*, 1906).

On peut dire que tant que la respiration se maintient dans les limites d'un acte purement organique, les mouvements du diaphragme, muscle essentiellement inspiratoire, suffisent à maintenir l'échange des gaz dans l'appareil pulmonaire, mais en présence d'autres besoins physiologiques, s'agirait-il même d'actes réflexes tels que les pleurs et les cris qui demandent plus d'énergie, le mouvement des parois abdominales prend le dessus sur les mouvements abdominaux.



respiration thoracique

respiration abdominale

FIG. 2.

Tracé respiratoire du même nouveau-né lorsqu'il pleure.

De plus, on observe fréquemment dans le diaphragme des contractions spasmodiques qui interrompent la ligne des deux phases respiratoires et une incoordination marquée entre les mouvements thoraciques et abdominaux, surtout lorsque les larmes se prolongent durant un certain temps.

Nos observations sur le mode respiratoire du nourrisson et la participation des muscles du thorax nous permettent de tirer une déduction pratique concernant la nécessité d'une éducation appropriée, par une gymnastique respiratoire de ces muscles destinés à produire la voix chantée, puisque c'est grâce à ces muscles que peuvent s'accroître la puissance et le volume de l'appareil pulmonaire.

Sur des nouveau-nés dont la voix tremblait en criant, j'ai pu réaliser une autre observation importante également au point de

vue pratique. Chez ces nourrissons, la ligne abdominale présentait des oscillations caractéristiques, et j'incline à rapprocher ce mode de production de la voix du nouveau-né, du trémolo des chanteurs; il est probable que dans les deux cas le mécanisme est identique dans la forme, bien qu'ayant une origine différente; dans le premier cas, il est imputable à des contractions cloniques du diaphragme de nature réflexe, tandis que pour les chanteurs il provient d'une mauvaise éducation vocale.

Nous reviendrons ultérieurement sur ce sujet.

Une des altérations vocales les plus répandues en parlant est la voix *eunuchoïde* (Fistelstimme), c'est-à-dire la persistance de la voix de soprano après la puberté.

Sa pathogénie a été diversement expliquée: au 1^{er} Congrès de laryngologie tenu à Milan, en 1880, Fournié¹ émit l'avis qu'il s'agissait d'un manque d'harmonie dans le développement des divers fragments cartilagineux du larynx.

D'après Gutzmann², cette anomalie provient de la contraction très prononcée du muscle crico-thyroïdien qui, en qualité de tenseur, vient en aide au muscle thyro-aryténoïdien interne relâché. Lorsque l'action du premier prend fin, la voix se brise instantanément et on assiste à la transformation subite d'une voix de fausset en un organe de baryton ou de basse, c'est-à-dire au passage de la voix de tête à la voix de poitrine.

La courbe respiratoire est intéressante dans ces cas-là. On rencontre nombre de jeunes gens et d'adultes qui parlent alternativement dans les deux registres et qui, même après avoir suivi un traitement, s'expriment dans le registre dont ils usaient auparavant. Ces sujets, dont le développement somatique est normal, respirent fréquemment en parlant, mais très superficiellement, comme les enfants; de plus, pour lire une phrase dont le sens est connu, 14 inspirations suffisent pour l'émission des sons graves, tandis que 20 inspirations sont nécessaires pour s'exprimer en voix de fausset.

J'ai eu récemment l'occasion de soigner un malade âgé de 35 ans affecté de troubles vocaux imputables exclusivement à la persistance de la voix de fausset; par nécessité professionnelle, le malade était tenu de faire à haute voix des lectures prolongées et il en éprouvait une telle lassitude accompagnée d'affaiblissement vocal et de temps à autre de congestion pharyngo-laryn-

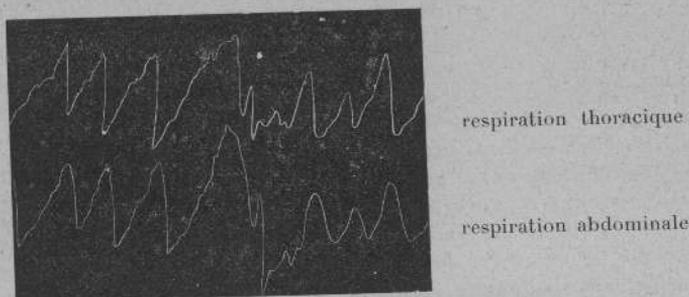
1. Congrès intern. de laryngol. Milan, septembre 1880. Compte rendu par C. Labus.

2. GUTZMANN. Sprachheilkunde, 1912.

gienne, qu'il était souvent obligé d'abandonner ses occupations. On remarquera sur les deux lignes thoracique et abdominale qui cheminent parallèlement que l'inspiration est superficielle et l'expiration très brève, d'où la nécessité de réitérer l'acte respiratoire (voir figure 3).

Oltuszewsky¹ soutient que la voix de fausset engendre des troubles respiratoires, et Natier² a aussi remarqué l'altération que nous avons signalée plus haut.

Ces faits confirment ce que nous savions déjà, que la voix de poitrine fatigüe bien moins que la voix de fausset qui, bien qu'elle



Au repos. **FIG. 3.** *Pendant la lecture.*
Voix eunuchoïde. Homme de 35 ans. Sur ce tracé, l'inspiration est figurée par la ligne descendante.

demande une consommation moindre d'air expiré, exige une contraction plus accusée des muscles du larynx.

On attachera plus d'importance à l'étude des mouvements respiratoires chez les bègues, les sourds-muets et les malades atteints d'aphonie spasmodique.

Nul n'ignore que le bégaiement est une névrose psychique de coordination dans laquelle les troubles moteurs s'apaisent seulement lorsque le malade parle et sur toute l'étendue des muscles vocaux. Il ne survient aucune altération de l'appareil pulmonaire lorsque le malade se tait; selon Gutzmann, la capacité vitale serait normale, tandis que l'abbé Rousselot et Olivier prétendent qu'elle est très atténuée.

Gutzmann a eu l'heureuse idée d'attirer l'attention sur la

1. OLTUSZEWSKY. *Monats f. die gesammte Sprachheilk.*, 1904.
2. M. NATIER. Voix de fausset. Origine et traitement respiratoire (*La Parole*, 1902).

nature spasmodique de cette affection et il a démontré que les manifestations respiratoires qui constituent le point culminant du bégaiement ne sont que des contractions soit toniques, soit cloniques, de nature réflexe indubitable, qui entravent le fonctionnement normal de l'appareil pulmonaire.

On n'oubliera pas non plus que le bégaiement tire son origine d'un trouble de coordination motrice de l'appareil respiratoire auquel viennent s'ajouter successivement, et avec une intensité variable, tous les phénomènes qui, parfois, comme les mouvements associés, dominent la situation et masquent l'essence intime du mal.

Notre opinion qui repose sur vingt années d'observation, est que tous les bégues sont atteints de troubles respiratoires toujours présents dans les formes légères, tandis que les autres manifestations spasmodiques intéressant le larynx ou les articulations peuvent faire totalement défaut.

Les résultats du traitement viennent à l'appui de notre argumentation, vu que l'éducation respiratoire destinée à coordonner les mouvements thoraciques et abdominaux aux effets de la production de la parole suffit souvent pour atténuer et même pour enrayer les crampes de la langue, des lèvres et du palais qui, parfois, constituent la manifestation extérieure la plus nette du bégaiement.

En dehors de notre manière de voir personnelle quant à la pathogénie du bégaiement, si l'on désire jeter un coup d'œil d'ensemble sur la question, il est démontré que les troubles du mécanisme respiratoire sont les plus importants. Ainsi que je l'ai déjà dit, ils affectent la forme de contractions toniques ou cloniques, et cela avant que le bégue ne commence à parler. Il suffit d'avoir trouvé mentalement une idée à exprimer ou une réponse à fournir pour que l'on observe une altération du rythme et de la profondeur de la respiration; et les courbes pneumographiques reproduisent les mouvements thoraciques et abdominaux qui s'écartent de la régularité et du parallélisme caractérisant les courbes de la parole normale.

Cette période, dite *intentionnelle*, ne se vérifie pas toujours, mais elle est l'indice de l'extrême gravité du cas, en raison de l'absence manifeste d'harmonie entre les centres d'association idéo-moteurs.

La dissociation entre les deux courbes s'accroît lorsque le bégue veut traduire en langage articulé ses images mentales. Sous l'influence de l'effort auquel son cerveau a été soumis, par le fait de l'émotion, soit en raison de l'ensemble de ces fac-

teurs psychiques sur lesquels la volonté exerce un contrôle insuffisant, l'équilibre dynamique est rompu entre les divers centres nerveux qui jouent un rôle complexe dans la fonction du lan-

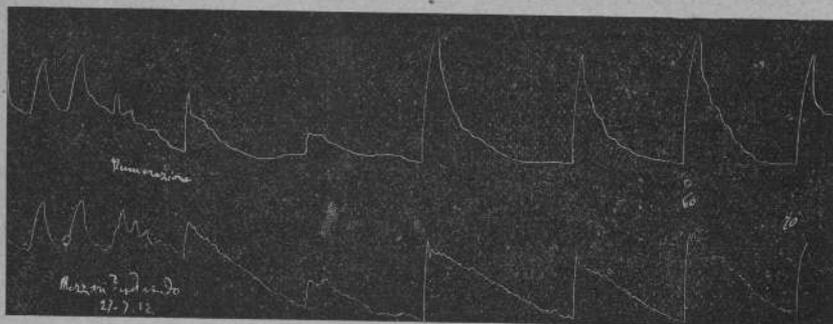


FIG. 4.

Bègue âgé de 17 ans. Respiration durant la numération par un seul chiffre.

gage. De même pour la respiration, on remarque que des spasmes se produisent tant pendant l'inspiration qu'au cours de l'expira-

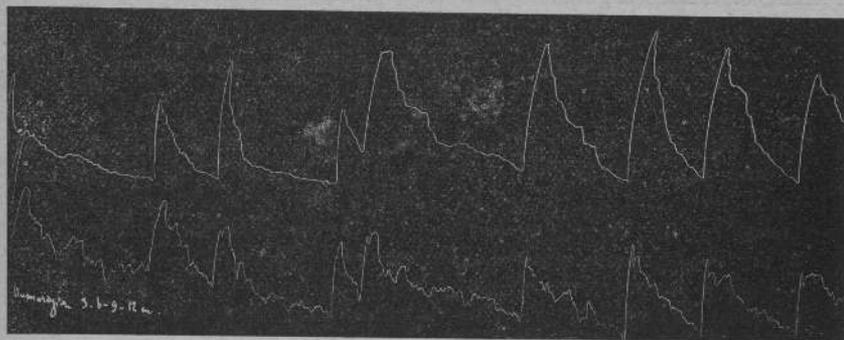


FIG. 5.

Numération par 3 dans le même cas.

tion et qu'ils intéressent séparément ou collectivement le diaphragme et les muscles thoraciques.

L'intensité de ces spasmes est en rapport avec l'état nerveux et psychique du sujet : ainsi les courbes respiratoires revêtent un aspect presque normal chez certains bègues, si la parole ne demande aucun effort mental et alors que le travail s'accomplit

en dehors des centres les plus élevés du langage, comme un acte purement automatique : la réponse à des questions simples ou la numération poursuivie jusqu'à une limite déterminée s'effectuent normalement, tandis que la numération par trois et quatre chiffres révèle aussitôt l'incoordination des mouvements respiratoires.

A l'appui de ce que je viens d'exposer, je reproduis les tracés d'un bègue alors qu'il énonce des nombres d'un seul chiffre ; la courbe ne s'écarte pas de la normale (voir figure 4). Par contre, si l'on considère la courbe effectuée durant l'exécution d'un calcul numérique, elle présente des contractions spasmodiques tout en conservant une allure suffisamment régulière (voir figure 5). Ce même bègue essaya deux fois de se suicider par

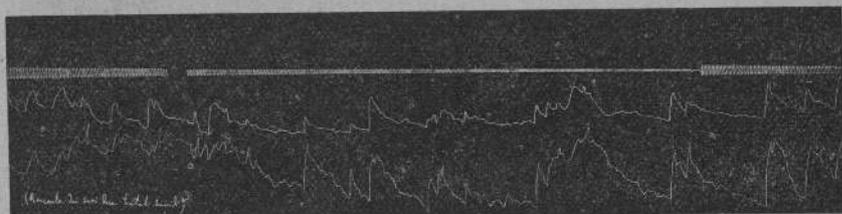


FIG. 6.

Le même bègue raconte qu'il a tenté de se suicider à deux reprises.

suite de l'état d'infériorité où le maintenait son vice de prononciation, et en racontant les détails de ses tentatives, il prit un tracé reproduit ici (figure 6), sur lequel on ne distingue plus la respiration périodique, le parallélisme entre les deux courbes, ni aucune régularité dans l'évolution des deux phases.

Parfois l'incoordination est poussée au point que le bègue éprouve une véritable sensation d'apnée associée à des phénomènes de stase et de congestion cérébrale ; si l'on surmonte l'obstacle et que l'on devienne maître de la résistance, qu'une consonne déterminée oppose à l'élocution normale on observe des manifestations respiratoires plus fréquentes et plus profondes qui ont la valeur d'une respiration de *compensation*.

Quant à la *surdi-mutité*, dans ces derniers temps, à ce point de vue, l'examen de la fonction respiratoire a assumé une grande importance, tant comme élément de diagnostic entre les formes congénitales et acquises que comme moyen de contrôle pour vérifier si, au cours de l'éducation du sourd-muet, les procédés

pédagogiques ont été uniformisés et s'ils répondent aux exigences de l'organisme.

Alors que d'ordinaire, bien des troubles vocaux et articulatoires s'expliquent par un vice dans le mécanisme respiratoire et si, pour les apprécier convenablement, il faut observer attentivement, pour le sourd-muet, cette recherche devient une nécessité pédagogique ; aussi le médecin et l'éducateur doivent-ils recourir à la pneumographie pour réaliser leur but et l'élève se servira du même moyen pour apprécier et contrôler les sensations cinesthésiques qui servent de base à son éducation phonétique.

Lorsqu'ils sont calmes, les sourds-muets présentent une courbe respiratoire qui ne s'éloigne en rien de la normale ; mais s'ils parlent, selon que la surdité est totale ou partielle, congénitale ou infantile, la courbe pneumographique offre des caractéristiques permettant de fixer pour ainsi dire *a priori* la nature et l'intensité de l'affection.

Dans les formes congénitales, les troubles sont plus accentués quand le malade parle et respire : l'expiration est sans cesse interrompue par de brèves inspirations. L'acte de la parole demande un tel effort et une énergie expiratoire si grande qu'il faut un nombre de respirations bien supérieur à celui que réclame le calme.

Au contraire, dans les cas où la surdité s'est manifestée tardivement, ou lorsque des restes d'audition subsistent, l'expiration parlée se rapproche de celle de la parole usuelle et dans les occasions plus favorables où la surdi-mutité est apparue après que l'enfant avait appris à se servir du langage articulé, la courbe respiratoire est uniformisée à la courbe normale, sauf de légers écarts.

Ces altérations sont aisément modifiables et au grand avantage du sourd-muet, au cas d'une éducation respiratoire systématique et rationnelle. La parole gagne en clarté, par la précision de l'articulation et l'économie respiratoire, par la dispersion modérée de l'énergie et par l'utilisation mieux appropriée du volume d'air expiré.

Ces recherches, dues à Gutzmann¹, ont été récemment confirmées par Stern, de Vienne.

Il serait à désirer que les moyens d'examen de la phonétique expérimentale, le pneumographe avant tout, soient employés dans toutes les Institutions de sourds-muets, vu que les professeurs peuvent trouver là un élément de succès pour le travail

1. L. c.

patient de reconstruction mentale qui constitue l'éducation du sourd-muet et qui évolue entre les sensations tactile et visuelle.

En 1875, Schnitzler a décrit pour la première fois une forme très rare, dans laquelle les troubles respiratoires occupent au point de vue symptomatologique une place prépondérante, il s'agit de l'*aphonie spasmodique* caractérisée par l'impossibilité d'émettre un son. Gutzmann¹ a également traité ce sujet et il a décrit avec une grande lucidité les symptômes et le mode de traitement de cette forme d'aphonie.

La littérature italienne est complètement muette sur cette question. Les opinions sont partagées en deux camps à propos de la pathogénie de cette variété d'aphonie; les uns l'imputent à la contracture, à une phase inspiratoire du diaphragme, tandis que les autres supposent qu'il s'agit d'une contraction des constricteurs de la glotte. Seule la phonétique expérimentale pouvait éclairer cette controverse par l'enregistrement simultané des mouvements respiratoires abdominaux et thoraciques et des mouvements du larynx. Il a été démontré que le diaphragme, en communauté avec les autres muscles, se livre à des contractions spasmodiques qui se propagent aux muscles laryngiens chaque fois que le malade abandonne la respiration tranquille pour adopter le mode phonatoire. L'inspiration devient bruyante, peu profonde, et l'expiration, au lieu d'être lente, s'effectue rapidement ou est interrompue par de petites inspirations répétées qui, sur les graphiques, ont un aspect dentelé. De plus, la ligne expiratoire retourne rarement à son point de départ, elle reste à la phase inspiratoire.

Les contractions spasmodiques du diaphragme se reconnaissent à des oscillations de la courbe, auxquelles correspondent pour le temps et l'intensité, des contractions des muscles laryngiens faciles à contrôler, même par un examen laryngoscopique.

Oltuszewski qui vérifia constamment aussi les mêmes spasmes de la poitrine et de l'abdomen, compare ces phénomènes au bégaiement pour la similitude des troubles respiratoires; cette analogie est encore plus frappante si l'on envisage les cas où le bégaiement est localisé à l'émission des voyelles. Toutefois, dans l'aphonie spasmodique, le malade peut s'exprimer d'une voix aphone, alors que cette dernière atténue le bégaiement, mais sans le faire disparaître complètement. Il advient aussi que le bégaiement se manifeste lorsque l'enfant commence à parler, ou

1. Sur la symptomatologie et le traitement de l'aphonie spasmodique, par H. Gutzmann (Collection Chauveau, 1906).

généralement avant ou durant la période de la puberté, tandis que l'aphonie spasmodique débute à un âge plus avancé, soit brusquement, soit graduellement.

Au I^{er} Congrès de laryngologie de Milan auquel nous avons déjà fait allusion, le professeur James relata une observation de bégaiement originaire des cordes vocales, accompagné d'une brusque extinction de voix, tandis que le pouvoir d'articulation demeurait normal. L'auteur fournit un tableau incomplet des manifestations laryngées, mais la lecture de ce travail donne l'impression qu'il s'agissait d'une forme d'aphonie spasmodique.

La pneumographie dans la voix chantée. — Pour chanter, de même que pour parler, il faut avant tout, consommer une certaine quantité d'air expiré ; la recherche des mécanismes qui président à cette fonction constitue le but exclusif de la phonétique expérimentale. Toutefois, on peut déclarer *a priori* que les mécanismes du chant et de la parole ne diffèrent pas dans leur essence fondamentale et que l'émission de la voix chantée ne peut s'écarter des lois qui régissent l'émission de la voix parlée.

La divergence entre la voix et la parole réside, on le sait, dans la différence existant entre la durée et l'étendue des sons produits ; en parlant, la voix module par des passages qui ne correspondent pas aux tons musicaux, tandis que dans le chant, les passages se font par intervalles réguliers, nettement séparés les uns des autres, constitués par des sons ; ainsi, alors qu'en parlant, on parcourt d'ordinaire une gamme comprenant une quinte et exceptionnellement une octave ; en chantant, on effectue deux octaves.

Ces modalités concernent la qualité et la quantité du son, mais le mécanisme producteur demeure invariable ; le fait que la période musicale est plus prolongée que la période parlée n'implique rien d'autre qu'une plus grande réserve de force motrice et un emploi mieux réglé de l'air expiré.

Mais au point de vue mécanique, c'est à la volonté que revient la part principale de la différence entre la parole et le chant ; bien qu'elle constitue un acte volontaire, normalement la parole représente une action automatique, on apprend à parler par une lente coordination de tous les appareils producteurs, sans le moindre effort psychique, alors que le chant qui est un mouvement complexe, a besoin de l'aide de la volonté sans laquelle toute éducation artistique est impossible.

Pour chanter, il faut mettre en œuvre une activité musculaire contrôlée par la volonté et les sens ; les muscles thoraciques con-

viennent mieux que le diaphragme pour remplir ce rôle, et les chanteurs devront accorder la préférence à la respiration thoracique sur la forme abdominale.

A ce propos, nous croyons devoir attirer l'attention sur les tracés obtenus chez les nourrissons qui, en criant, emploient plutôt la respiration thoracique que le mode abdominal qui, pourtant, constitue le procédé de respiration primitif, en raison de l'intervention des muscles du thorax qui maintiennent l'air

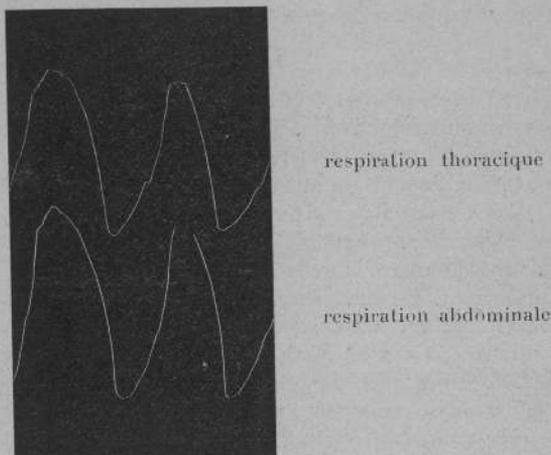


FIG. 7. — Respiration calme chez une élève chanteuse.

pulmonaire sous une pression déterminée et accroissent par là l'intensité du son.

Si nous envisageons maintenant la respiration dans le chant, nous voyons que l'inspiration est rapide et profonde, tandis qu'au contraire, l'expiration est lente et prolongée; les deux lignes thoracique et abdominale évoluent parallèlement, mais on note la prépondérance de la première sur la seconde (Voir les figures 7 et 8, sur lesquelles l'inspiration est représentée par les lignes descendantes).

Nous constatons ce fait principalement chez les jeunes artistes ou chez les élèves chanteurs, au moment où les méthodes scolaires n'ont pas encore pu les influencer, et alors qu'ils ne sont guidés que par leur instinct, mais lorsque nous passons de l'étude

pneumographique des *initiés* à celle des *artistes*, nous observons une telle anarchie dans le mode d'emploi des respirations thoracique et abdominale qu'il nous est difficile d'arriver à une conclusion.

Et nous nous interrogeons pour savoir si les anomalies et les déviations de la courbe normale, ou tout au moins de celle que nos principes scientifiques nous font considérer comme normale, résultent de la perfection fonctionnelle, ou bien s'ils sont le fruit de l'éducation, de méthodes erronées ou d'une fausse appréciation cinesthésique, ou encore des préjugés qui se transmettent d'une génération à une autre dans les écoles de chant.

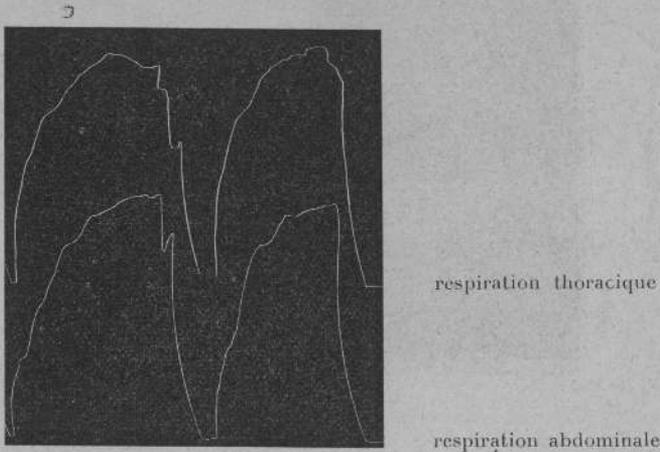


FIG. 8. — Respiration chantée chez la même personne.

Attendu que, ni les professeurs, ni leurs élèves ne prêtent aucune attention à l'éducation respiratoire en matière de pédagogie vocale, j'incline à croire que dans tous les cas où l'examen pneumographique nous permet de constater l'absence de parallélisme entre les deux courbes thoracique et abdominale, une dissociation entre les deux modes respiratoires, il y a lieu d'admettre une anomalie de fonctionnement qui, tôt ou tard, fera sentir son influence sur l'ensemble de l'organe vocal (Voir fig. 9).

On ne peut obtenir la preuve démonstrative de l'utilité de l'emploi d'une forme de respiration de préférence à une autre qu'en examinant des artistes ayant fourni des preuves certaines

de la résistance de leur organe; mais lorsqu'un chanteur vient consulter un spécialiste, c'est qu'il souffre de troubles vocaux et alors il nous est impossible ou à peu près de décider quel est le meilleur mode respiratoire.

Les malades que j'ai étudiés à ce point de vue spécial, étaient tous affectés de lésions laryngiennes, et il faut se demander si ces artistes ne devraient pas imputer leurs maux à leur respiration défectueuse, et si la dissociation plus ou moins évidente des

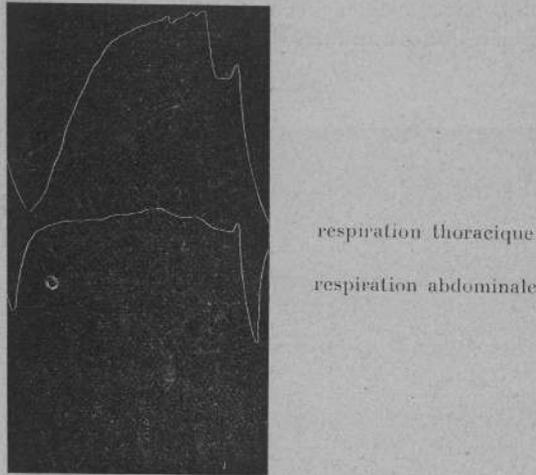


FIG. 9. — Dissociation de la courbe abdominale pendant le chant.

mouvements respiratoires que l'on observait presque toujours, ne provenait pas d'une mauvaise éducation plutôt que d'un mécanisme spécial engendré par un excès de perfectionnement artistique.

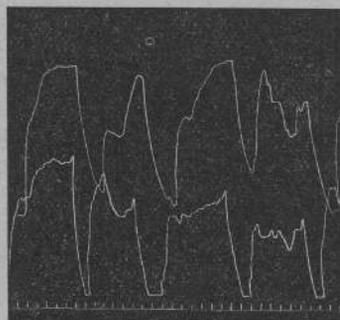
Aussi, en dépit de tous les travaux publiés sur la respiration dans le chant et ses rapports avec les registres, malgré que cette particularité soit la plus aisément contrôlable entre toutes celles qui constituent la phonation, le dernier mot n'a pas été prononcé, et je ne cesserai de préconiser l'étude des altérations vocales par le pneumographe, dont l'usage devrait être aussi répandu que celui du laryngoscope.

Dans un mémoire récemment paru sur les conséquences d'une respiration défectueuse point de vue laryngien¹, j'ai cherché à

1. BIAGGI. Sulle conseguenze laringee degli errori della meccanica respiratoria nei professionisti della voce. *Arch. ital. di Otol.*, fasc. IV, 1912.

montrer l'influence de la respiration sur l'état de l'organe vocal. J'ajouterai que la fermeté, l'intensité et la résonance de la voix dépendent de la respiration, et que c'est dans une altération du mécanisme respiratoire que nous devons chercher l'origine des lésions vocales.

Quant aux registres, je n'ai pu relever aucune modification de type dans l'emploi des deux registres ou dans le passage de l'un à l'autre. Ainsi que je l'ai dit au III^e Congrès international de Berlin c'est uniquement sur Caruso que j'ai remarqué une dissociation entre les mouvements du thorax et ceux du diaphragme lors du passage de la voix de poitrine à la voix de tête: alors la courbe abdominale s'arrêtait tandis que la courbe thoracique continuait à s'élever (Voir figure 10).



respiration thoracique

respiration abdominale

FIG. 10. — Chez Caruso, la ligne abdominale s'arrête tandis que la ligne thoracique continue à s'élever au passage de la voix de poitrine à la voix de tête.

Je n'ai jamais vérifié d'autres exemples de ce fait.

Au même Congrès, Nadoleczny, dans une communication sur les mouvements respiratoires chez les chanteurs, a soutenu que chez les *artistes chantant naturellement* (Naturasänger), les courbes qui, d'ordinaire, sont tourmentées lorsque la voix change de registre revêtent une allure plus modérée lorsque les chanteurs adoptent la voix de tête. Au contraire pour les *chanteurs artistes* (Kunstsänger), les courbes affectent un aspect régulier, il arrive pourtant assez fréquemment que l'on observe une altération provoquée des mouvements et que la respiration abdominale précède la respiration thoracique.

Donc, l'accord entre mes déductions et celles de Nadoleczny

m'incite à croire que je ne suis pas éloigné de la vérité lorsque je soutiens que les deux courbes doivent cheminer parallèlement et que leur dissociation peut être interprétée comme une déviation de la normale ou un fait exceptionnel. Toujours au sujet des registres, Garcia et Merkel avaient relevé que l'on pouvait prolonger de plus en son émis en voix de poitrine plutôt qu'en voix de fausset. Katzenstein a confirmé cette observation, mais seulement pour les individus chantant naturellement, tandis que l'inverse se produit pour les artistes ayant travaillé leur voix.

Les tracés pneumographiques fournissent des données plus précises au sujet des divers procédés d'attaque du son ; le fameux *coup de glotte* qu'il est inutile de décrire, se détache sur la courbe respiratoire par un léger ressaut qui se manifeste sitôt après l'inspiration. Le *coup de poitrine* se reconnaît au contraire sur les deux lignes à une descente rapide avant que la voix ne commence à se former. Lors de l'*attaque* que nous baptiserons *physiologique*, c'est-à-dire lorsque la voix se forme au moment de l'expulsion de l'air, la ligne expiratoire s'incline aussitôt normalement.

En cas de *trémolo* on aperçoit que la courbe respiratoire vient d'être altérée ; alors, les deux courbes ont un cours normal, mais la ligne d'expiration abdominale est coupée de hachures, ce qui indiquerait une absence d'harmonie dans la fonction expiratoire, entre le diaphragme et les muscles costaux.

Il convient de présenter une dernière observation relative au mode d'examen de choix de la fonction respiratoire chez les chanteurs qui offre un intérêt capital. Nadoleczny conseille l'émission de sons distincts et il fait parcourir à la voix deux octaves ; j'ai aussi l'habitude de faire émettre isolément des notes de tête et de poitrine, des octaves, des arpèges et des gammes comprenant le passage d'un registre à un autre. Mais je suis persuadé que l'on ne réussit pas toujours ainsi à découvrir un vice dans le mécanisme respiratoire. Aussi faut-il détourner l'attention de l'artiste soumis à l'examen en lui faisant exécuter un morceau tout entier si court soit-il. C'est ainsi seulement que se décèlent inconsciemment les mauvaises habitudes susceptibles d'engendrer les altérations pour lesquelles le chanteur vient réclamer nos soins.

§) *Mouvements du larynx*. — Aucune question de phonétique expérimentale n'a été aussi controversée, en particulier par les auteurs allemands, que celle des mouvements du larynx dans la formation du son.

Ce débat est fort intéressant, non seulement au point de vue

scientifique, mais par les considérations pratiques qu'il suggère au sujet de la pédagogie de la voix chantée.

Jusqu'ici la physiologie générale nous enseignait que tous les sons dépendaient de la position variable du larynx, c'est-à-dire que la situation inférieure correspondait aux tons bas et la situation supérieure aux sons élevés. Lorsque nous examinons des malades au laryngoscope, nous leur faisons émettre un son sur la voyelle *e* ouverte ou sur la lettre *i*, dans le but d'élever le larynx, de projeter l'épiglotte en avant et de faciliter ainsi l'éclairage et l'examen de l'orifice laryngien, attendu que nous savons qu'un son grave émis sur d'autres voyelles rend l'examen presque impraticable.

Ensuite, si nous attirons l'attention sur nous-mêmes en appliquant un doigt à la hauteur de l'insertion supérieure du cartilage thyroïde, nous parcourons la gamme des sons et nous remarquons aussitôt que le larynx remonte vers l'os hyoïde au fur à mesure que les sons augmentent d'intensité.

Comme nous ne sommes pas des chanteurs professionnels, nous nous demandons de quelle façon se produit le phénomène chez les sujets qui font usage de leur voix dans un but artistique ?

J'ai effectué il y a quelques années des recherches à la bibliothèque du Conservatoire de Milan afin de voir si les anciens professeurs de chant italiens avaient laissé des travaux traitant cette question ; mais mes efforts ont été stériles, les rares manuels de chant que j'ai parcourus sont muets sur ce sujet ; j'ai fait alors une enquête restreinte ; parmi les professeurs qui ont répondu à mon interrogatoire, les uns prétendent que le larynx s'élève suivant les sons, les autres que le mouvement inverse se produit, c'est-à-dire qu'il s'abaisse lorsque le son monte et une dernière catégorie soutient que le larynx demeure immobile. Donc ni la littérature, ni l'opinion des professeurs ne m'aident à solutionner ce problème ; ces derniers manifestant des idées basées plutôt sur la tradition et sur des sensations subjectives que sur des faits scientifiques ou d'observation directe.

Désirant m'appuyer sur une opinion personnelle, j'ai résolu d'observer tous les chanteurs soumis à mon examen et en appliquant un doigt sur le larynx je faisais émettre un arpège passant de la voix de poitrine à la voix de tête. Je remarquai une grande variété de fonctionnement de l'organe et mes observations n'auraient pas abouti si l'examen direct du larynx par le toucher ne m'avait permis la comparaison et l'étude parallèle à l'examen pneumographique.

Avant d'exposer mes déductions, je ferai observer que pour examiner la position du larynx en parlant et, en chantant, il faut avoir recours au toucher en maintenant le sujet de profil.

Pour mieux apprécier les vibrations du larynx, Zünd-Burguet conseille d'insérer entre le doigt et la peau une fiche de bois ou de métal, ou simplement une pièce métallique.

Des nombreux appareils permettent d'enregistrer les déplacements de la boîte laryngienne ; je renvoie ceux que la question intéresse au volume intitulé « *Phonetik* » de Poirot.

Au point de vue du larynx, nous sommes en mesure de décrire les vibrations de la voix aussi bien que les mouvements verticaux et sagittaux.

Pour les vibrations, on emploie les capsules ordinaires à paroi élastique de formes diverses adaptées à la conformation de la région thyroïdienne.

Pour les mouvements en masse du larynx, on adoptera les différents modèles de *laryngographes*, parmi lesquels nous citerons celui de Pilton, pour les mouvements verticaux, celui de Curtis, construit sur le modèle d'une capsule de Marey, celui de Zünd-Burguet, muni de deux capsules qui embrassent les deux faces du châton thyroïdien et qui imprime les mouvements vibratoires des cordes vocales simultanément avec les mouvements verticaux.

Le laryngographe de l'abbé Rousselot permet d'atteindre aux mêmes résultats. Zwaardemaker a tenté de perfectionner l'instrumentation phonétique ; son laryngographe inscrit trois mouvements : les vibrations des cordes vocales, le mouvement vertical et le mouvement horizontal.

Gutzmann emploie la capsule de Brondgeest qui se recommande par sa sensibilité et sa facilité d'application.

L'inconvénient inhérent à l'appareil de Zwaardemaker réside dans son poids et sa difficulté d'adaptation vu que l'incisure thyroïdienne sur laquelle il doit appuyer la petite pelote de son bras horizontal, est insuffisamment prononcée, ne demeure pas en place et ne suit pas les mouvements verticaux du larynx qu'il y aurait intérêt à fixer. La capsule de Brondgeest sert toujours, soit pour l'exploration du larynx féminin, soit pour l'examen du larynx masculin ; je me loue beaucoup de son emploi que je ne saurais trop recommander à mes confrères.

Voyons maintenant à quel point se trouve la question des mouvements du larynx en parlant et en chantant et envisageons les opinions de différents auteurs.

Pour la parole, les controverses ne sont pas très vives, mais

pour me borner aux travaux publiés, je ferai remarquer que les recherches ont porté uniquement sur les langues allemande et française et que tant qu'elles n'auront pas été répétées en Italie afin que les résultats permettent des comparaisons, il est impossible d'adopter des conclusions définitives.

Gutzmann a remarqué que le larynx demeure fixe lorsque la respiration est calme et qu'il exécute au contraire des mouvements de va-et-vient si la respiration devient plus profonde et plus énergique. Le mouvement vertical domine le mouvement sagittal qui n'est visible que par exception. Même en prononçant diverses voyelles, le larynx demeure dans une position indifférente : c'est tout au plus s'il suit passivement le mouvement des organes d'articulation. En prononçant les consonnes le mouvement sagittal est plus accentué que le vertical, à condition que l'émission soit correcte ; les consonnes qui provoquent de violents mouvements de la langue comme les lettres *l* ou *r* engendrent des mouvements verticaux. On peut donc conclure que le larynx participe modérément, par ses mouvements sagittaux et verticaux à la formation du son et à l'articulation de la parole, et que les mouvements verticaux sont en relation directe avec la profondeur de la respiration ; pour moi ce dernier fait assume une importance capitale.

Au contraire, en cas de troubles de coordination de la parole, spasmodiques et dysarthriques (bégaiement, aphonie spasmodique, aphtongie, etc.), ces mouvements ressortissent au tableau symptomatique et les appareils enregistreurs les signalent par des oscillations de la ligne normale du larynx.

Par contre, l'aspect du larynx chez les chanteurs est diversement interprété.

P. Hellat, de Saint-Petersbourg¹ en examinant de nombreux chanteurs a remarqué que le larynx ne se comporte pas de même chez tous les professionnels de la voix. Tout d'abord, l'auteur établit une distinction entre ceux qui chantent naturellement et ceux qui y arrivent par l'étude. Dans la première catégorie (Natarsänger), le larynx suit la formule de Merkel, c'est-à-dire qu'il demeure abaissé lors de l'émission d'un son grave, tandis que la position élevée correspond à une note aiguë. Beaucoup d'artistes ont adopté la même règle de conduite.

Chez les chanteurs (Kunstsänger), on s'aperçoit au contraire que le larynx demeure fixé à la partie inférieure quel que soit le

1. HELLAT. Von der Stellung des Kehlkopfes beim Singen (*Arch. f. Lar.* vol. VIII, p. 340).

son émis ; pour les soprani légers (Coloratursängerinnen) le larynx est fixé à la région supérieure.

E. Barth¹ admet que certains artistes chantent en laissant le larynx assez mobile pour suivre la hauteur du son, bas pour les sons graves et haut pour les sons aigus ; mais la plupart du temps, il reconnaît que grâce à une éducation appropriée, le larynx peut acquérir la propriété spéciale de se mouvoir en opposition avec la hauteur du son ; ainsi lorsque le son serait suraigu, le larynx serait très bas et vice versa.

Gutzmann et Flatau² ne se sont pas contentés d'étudier les mouvements du larynx, ils ont établi leurs rapports avec ceux de la langue, du maxillaire et des lèvres et ils ont conclu à deux types de mouvements absolument distincts. Dans une des catégories, on distingue ces mouvements très accentués du larynx et de la mâchoire, associés à des mouvements à peine perceptibles du plancher buccal et des lèvres et alors le larynx, qui lors de la phonation se trouve au-dessus de la position indifférente, monte avec les notes de la gamme.

Le second type de mouvements, se rencontre chez les chanteurs de profession qui effectuent de petits mouvements du larynx indépendants de la progression des sons et dont l'organe conserve une position quelconque tandis que la langue agit et que le maxillaire se déplace légèrement.

Ces auteurs admettent que le chant réclame une position compensatrice des voyelles et l'ensemble du mécanisme a pour but, moyennant la réduction de travail du larynx et l'activité des portions périphériques, de créer de meilleures conditions en vue de l'unité de direction et de la concentration des ondes sonores.

Il me faut ici remémorer l'opinion de Marage³ qui soutient que lors de l'émission des notes graves le larynx s'abaisse, alors qu'il se relève pendant l'émission des sons aigus.

Ainsi que l'on en peut juger, l'accord est encore bien loin d'être établi sur la question des mouvements du larynx dans le chant, de même que pour la respiration, et de nombreuses observations seront encore nécessaires. Comme je l'ai dit plus haut, en se basant simplement sur les examens et la palpation du larynx, j'ai observé des divergences très grandes parmi les chanteurs, et tout en admettant l'hypothèse de Gutzmann et Flatau d'après laquelle

1. E. BARTH. Zur Lehre Tonansatz auf Grund physiologischer und anatomischer Untersuchungen (*Arch. f. Lar.*, vol. XVI, p. 481).

2. GUTZMANN et FLATAU. Neue Versuche zur Physiologie des Gesanges (*Arch. f. Lar.*, vol. XVI, p. 11).

3. MARAGE. Petit manuel de Physiologie de la voix à l'usage des chanteurs et des orateurs (Paris, 1911).

certaines artistes modifient singulièrement le tube supplémentaire alors que d'autres maintiennent les organes de résonance dans une position fixe, je suis persuadé de ce qui suit :

1° La motilité ou la fixation du larynx dépendent de l'école à laquelle l'artiste a été formé ; dans certaines institutions les élèves prennent l'habitude de mouvoir leur larynx alors qu'il demeure fixe chez les élèves d'un autre établissement.

2° La motilité ou la fixation entretiennent des rapports très étroits avec le mode respiratoire ; ceux qui respirent en provoquant des contractions anormales pour immobiliser le diaphragme impriment au larynx des mouvements très limités ou le maintiennent immobile, même durant les gammes ascendantes.

Mon affirmation semble corroborée par l'expérimentation rapportée ci-dessus, selon laquelle, au cours des mouvements respiratoires profonds nécessaires pour chanter, le larynx se meut verticalement et qu'il ascensionne par conséquent pendant l'expiration, tandis qu'il descend durant l'inspiration.

3° J'ai observé en outre que les élèves qui adoptent le *coup de glotte* comme règle de l'émission vocale ont un larynx fixé.

Il me semble que l'on se rapprocherait de la solution de cet argument en observant les artistes qui ont conservé leur voix au delà des limites ordinaires, attendu qu'eux seuls pourront nous apprendre si la conservation de leur organe provient de la fixation du larynx ou de ses mouvements ascendants ou descendants suivant l'émission de sons aigus ou graves.

J'admets que, par une méthode appropriée, on réussit à chanter quelle que soit la position du larynx ; mais il faudrait savoir par quel moyen on obtient un chant physiologique.

N'oublions pas que la plupart des auteurs précités ont fait leurs observations sur des chanteurs allemands dont les méthodes ne sont nullement appropriées à notre goût musical. Je ne discuterai pas sur la valeur des deux procédés, mais il est certain que les écoles de chant allemandes et italiennes présentent des divergences profondes, imputables non seulement à la langue, mais à la pose de la voix ; aussi faut-il conclure que, tout en ayant une certaine valeur, les formules de Hellat, Barth, Gutzmann et Flatau ne peuvent être considérées comme définitives.

Pour citer encore le cas exceptionnel d'un artiste lyrique de l'école italienne remarquable par la pureté de son chant, j'ai nommé Caruso, je puis affirmer, à la suite d'examen répétés, qu'il chante en imprimant au larynx des mouvements variables selon les registres employés. Le larynx s'élève pour émettre les sons de poitrine, tandis qu'il s'abaisse lors du passage et s'élève très lentement pour le registre de tête.

Il se peut que ces mouvements soient particuliers à Caruso, de même que le timbre de sa voix est exceptionnel.

Il faudrait que les laryngologistes italiens vissent en aide aux professeurs de chant pour les aider à s'évader de l'empirisme dans lequel ils se débattent.

γ) *Mouvements des organes externes de l'articulation.* — En matière de phonétique expérimentale, c'est l'étude des mouvements des organes articulatoires qui a été la première en date. La possibilité d'exercer sur ces organes un contrôle facile, sans avoir recours à des instruments spéciaux, a permis aux glottologues, aux philologues et aux biologistes de recueillir un grand nombre d'observations sur ce sujet; au point de vue pratique, les orthophonistes ont envisagé la surdi-mutité et les autres vices de la parole.

Mais la vue, l'audition et le toucher se sont démontrés bientôt impuissants à enregistrer les mouvements fugitifs de l'articulation d'un son et il fallut y suppléer par des moyens instrumentaux.

Parmi les savants, l'abbé Rousselot est celui qui a le plus contribué à l'étude de cette question, et on ne peut s'empêcher d'admirer les nombreux appareils grâce auxquels lui et ses élèves ont effectué d'importantes recherches non seulement en français, mais en divers idiomes et dialectes et aussi en italien. Je citerai ici deux mémoires de Josselin : *De la nasalité en italien. Études expérimentales de phonétique italienne*, qui mériteraient d'être étendus à un plus grand nombre de sujets.

Afin de comprendre la valeur des instruments imaginés par l'abbé Rousselot, Rosapelly, Zünd-Burguet, Zwaardemaker et d'autres auteurs que nous citerons plus loin, je rappellerai que les points d'articulation de la parole se trouvent : 1° entre les lèvres; 2° entre la pointe de la langue et les dents; 3° entre la base de la langue et le voile du palais; 4° entre le voile palatin et la paroi pharyngée. Sur chacun de ces points, l'air expiré se condensant sous une pression donnée pour vaincre l'*obstruction* existant entre les différentes régions, ou passant à travers des *fissures* qui subsistent entre ces régions, donne lieu à la production des diverses consonnes de notre langage articulé. Les lèvres, la langue, le maxillaire, le voile du palais sont les organes dont nous devons étudier les mouvements pour nous former une idée précise des modifications subies par l'air expiré en passant au-dessus.

Les appareils construits à cet effet sont basés sur le principe

du mouvement à l'air renfermé dans un système de vases clos adopté par Marey; bien entendu l'application varie selon la nature de l'organe que l'on veut étudier.

Pour les mouvements des lèvres, on a proposé plusieurs instruments, mais le premier en date est celui de Rosapelly dans lequel les mouvements des lèvres fusionnent en une courbe unique.

Pour obvier à cet inconvénient, l'abbé Rousselot a construit un premier labiographe à double capsule avec lequel on distingue nettement les mouvements dirigés dans le sens vertical; un second labiographe appliqué devant la bouche reproduit au contraire les mouvements horizontaux des lèvres.

Ces labiographes qui doivent être insérés entre les lèvres entravent le fonctionnement des organes articulatoires; aussi Zwaardemaker a-t-il imaginé un appareil destiné à enregistrer les mouvements de la lèvre supérieure, qui est maintenue en place au moyen du dilatateur nasal de Feldbausch et que l'on peut employer concurremment avec l'appareil du même auteur pour enregistrer les mouvements du maxillaire inférieur et ceux de la langue.

On peut suivre sur l'articulation temporo-maxillaire les mouvements de la mâchoire en oblitérant à l'aide d'une capsule le conduit auditif ou en se servant de l'appareil de Zwaardemaker; ceux de la langue se reproduisent indirectement, de l'extérieur; l'abbé Rousselot a tiré parti de l'articulation linguale pour déduire les mouvements buccaux et il a appliqué une capsule sous-maxillaire en correspondance avec le plancher buccal.

Zwaardemaker a simplifié et unifié tous ces appareils en un modèle permettant d'enregistrer simultanément les mouvements des lèvres, de la langue et du maxillaire.

Je ne m'attarderai pas à décrire cet appareil qui, ainsi que je l'ai déjà dit, offre l'avantage d'entraver moins que les autres les mouvements externes des organes d'articulation et de les extérioriser avec une précision suffisante.

Pour transcrire les mouvements du maxillaire, j'applique un petit pneumographe sur le sommet du crâne. Au moyen de rubans, je suspends aux deux parois élastiques un morceau de métal en forme de fer à cheval qui entoure le fébord inférieur du maxillaire. Alors tous les mouvements du maxillaire sont transmis au moyen des deux nœuds aux parois du pneumographe qui, à son tour, les transmet à la capsule graphique. Pour inscrire les mouvements de la langue, j'ai appliqué dans l'espace séparant les deux branches du fer à cheval un cardiographe minuscule dont le bouton va presser le muscle génioglosse, de

même que l'appareil de Zwaardemaker. Cet appareil très simple est moins encombrant que les précédents et l'articulation de la parole s'effectue plus librement.

En terminant, je dirai que la contribution de l'Italie dans la phonétique expérimentale est peu étendue jusqu'à présent et qu'elle est absolument nulle quant aux articulations.

On comprend quel serait l'intérêt scientifique de recherches instituées pour mettre en relief les mérites de notre langue et les liens existant entre les nombreux dialectes italiens.

Les observations glottologiques et les lois sur le développement du langage pourraient être confirmées par la phonétique expérimentale.

C'est là un champ d'études qu'il convient de signaler aux adeptes de cette nouvelle branche de la spécialité, vu que si notre langue présente des caractères phonétiques aussi variés par la recherche de l'harmonie et aussi différents des autres par l'expression, elle devrait naturellement posséder en propre une phonétique expérimentale qu'il serait utile de découvrir.

Au point de vue de la pathologie du langage, l'étude des mouvements articulaires est surtout attrayante par les relations qu'elle entretient avec la surdi-mutité, le bégaiement, la paralysie labio-glosso-pharyngée et nombre d'autres affections du système nerveux propres à l'enfance et à l'âge mûr.

b) *Mouvements étudiés de l'intérieur.*

α) *Cordes vocales. Registres. Mise au point.* — En ma qualité de laryngologiste, je me crois dispensé de parler du laryngoscope qui a permis pour la première fois d'observer les mouvements des cordes vocales; je ferai également le silence sur toutes les modifications que l'on a cru devoir apporter dans ces derniers temps à la laryngoscopie classique.

Kirstein a préconisé un procédé de *laryngoscopie directe* permettant d'observer le larynx sans miroir, qui a été notablement perfectionné par Killian.

Je mentionnerai encore tout spécialement un instrument récemment imaginé par Hay et Flatau, le *laryngo-endoscope* qui permet, la bouche étant close et le palais fortement abaissé, d'observer non seulement les mouvements du larynx, mais encore ceux de l'épiglotte, des parois pharyngiennes et éventuellement du voile palatin. Cet instrument peut rendre d'immenses services pour la phonétique et il sert d'adjuvant pour les démonstrations si on le complète par un appareil muni d'un prisme permettant au sujet examiné de contrôler *de visu* les mouvements de ses cordes vocales.

On a proposé de nombreux types plus ou moins compliqués et dispendieux de *stroboscopes* pour se rendre compte du fonctionnement des cordes vocales.

Le prof. Gradenigo fournira des explications relatives au principe physique de cet appareil. Quant à moi, je me bornerai à faire remarquer que le premier *laryngo-stroboscope* a été construit par Koschlakoff et recommandé par Oertel; mais c'est Musehold qui, ayant dépensé son activité à l'étude de la photographie du larynx, a perfectionné le stroboscope en l'adaptant aux besoins de la clinique.

Réthi a imaginé un autre modèle et on possède aussi un dernier type de Wethlo qui a l'avantage d'être accessible aux bourses les plus modestes.

A l'aide de ces instruments, tous les savants, depuis Garcia jusqu'à nos jours, ont porté leur attention sur les registres de la voix chantée. Je ne citerai pas toutes les opinions énumérées dans les manuels de laryngologie, mais il est indéniable que la laryngoscopie directe et la laryngo-stroboscopie ont besoin d'être étayées sur les rayons X et l'expérimentation.

L'ensemble de ces études permet de conclure à la confirmation de l'hypothèse primitivement émise par Garcia. On n'a pas oublié les expériences du grand physiologiste Müller qui, le premier, a révélé les relations étroites unissant la tension des cordes et la pression de l'air dans le larynx humain, d'où il appert que tant par l'accroissement de la violence du courant expiratoire que par l'augmentation de la tension des cordes vocales, on peut obtenir par la compensation entre ces diverses formes, l'élévation du ton.

Au sujet de la production des registres, Müller a également démontré que dans le registre de poitrine les cordes vocales entrent toutes en vibration, tandis que seul leur bord vibre lorsque la voix de tête est en jeu.

Ludwig a provoqué le même phénomène sur un larynx artificiel et les observations directes effectuées sur le vivant ont confirmé que le muscle thyro-aryténoïdien interne représente la force mécanique essentielle pour engendrer la voix de poitrine alors que c'est le muscle crico-thyroïdien latéral qui produit la voix de tête.

Ce ne serait là qu'un ensemble schématique des principaux registres vocaux; la participation des autres muscles intrinsèques du larynx est requise pour déterminer la hauteur du son.

Quelques auteurs ne se contentent pas des deux registres de poitrine et de tête, il leur en faut un troisième, *moyen* ou *mixte*

(Mittelstimme) qui correspondrait au passage presque imperceptible entre les deux registres.

Les professeurs de chant concentrent d'ordinaire toute leur attention sur ce registre et les artistes se heurtent à des grandes difficultés pour la technique de l'exécution.

Pour l'obtention de ce registre, il faut qu'il y ait entente absolue entre l'activité du muscle thyro-aryténoïdien interne et celle du muscle crico-thyroïdien latéral. La condition du passage est que la contraction de l'un des muscles cesse lentement alors que l'autre muscle se contracte progressivement.

Il va de soi que cet équilibre ne s'obtient que chez un sujet intelligent se prêtant à des exercices consciencieux.

Flatau prétend que dans certains cas, il faudrait mentionner un quatrième registre situé à l'extrémité du registre de tête et dans lequel la fente glottique serait réduite à un petit orifice séparant les cordes vocales. L'air circulant à travers cette ouverture rendrait un son sifflotant ; du reste Flatau l'a baptisé *registre de sifflet* (Pfeifregister). On l'observe assez fréquemment chez les enfants.

Sur une jeune espagnole se livrant à l'étude du chant et disposant d'une voix exceptionnelle de trois octaves, j'ai pu vérifier l'existence de ce quatrième registre et son mode de formation. Lorsque l'artiste atteignait les sons suraigus, par suite d'une contraction des fausses cordes et de l'abaissement de l'épiglotte, il était impossible de distinguer les cordes vocales. La fente était réduite à l'état d'orifice imperceptible à travers lequel la voix *sifflait*.

Certains auteurs n'admettent pas la division de la voix en registres. Marage soutient qu'il n'existe qu'une seule catégorie de voix, la voix aéro-laryngienne qui se produit au niveau de la glotte, aussi les expressions voix de tête et voix de poitrine devraient être réservées pour désigner les registres aigu et grave.

À dire vrai, une voix bien conduite ne devant présenter aucune discontinuité et le passage des sons graves aux sons aigus ne se signalant par aucune modification de timbre ou de couleur, il faudrait accorder une certaine créance aux auteurs, qui, à l'exemple de Marage, rejettent le vocable de registres et ne veulent entendre parler que de sons graves et de sons aigus.

Les diverses modalités d'attaque du son que nous avons envisagées en parlant des courbes pneumographiques présentent, au laryngoscope, des signes caractéristiques. Le *coup de glotte* se produit par la contraction intime des cordes vocales à laquelle participent quelquefois aussi les fausses cordes par un petit mou-

vement d'adduction : l'émission du son se produit brusquement, comme une explosion. Seeman a démontré expérimentalement que le coup de glotte se produit 1/60^e de seconde avant le début de la vibration vocale.

Le *coup de poitrine*, pour employer l'expression de Garcia, est caractérisé au contraire au laryngoscope en ce que les cordes vocales s'écartent avant que la voix se forme. En ce cas, le son est précédé d'une rumeur âpre, *spiritus asper*, et la voix chantée est ainsi accompagnée du souffle.

Les pédagogues de la voix ont parlé et écrit à tort et à travers sur ce souffle particulier qui accompagne l'émission de la voix ; *chanter sur le souffle*, telle est l'expression couramment employée par les professeurs et leurs élèves pour désigner le *spiritus asper* associé à la formation de la voix.

La troisième forme d'attaque que nous considérons comme physiologique mériterait d'être généralement appliquée, attendu qu'elle demande peu d'énergie, et s'accompagne d'un bruit de souffle imperceptible, *spiritus lenis*. Le mouvement d'adduction des cordes vocales se produit à l'instant précis où l'air expiré les met en vibration : le larynx se présente alors sous la forme normale, même chez les personnes n'ayant pas travaillé le chant.

En dehors des registres, on s'intéressera aussi à la question de l'étendue de la voix chez l'homme et chez la femme en tenant compte que le larynx féminin rend des sons plus étendus d'une octave que le larynx masculin.

Nicolai¹ a étudié le développement du conduit laryngien chez des individus des deux sexes dont l'âge oscillait de 1 à 24 ans.

Bien entendu l'observation clinique précéda l'examen anatomique, l'auteur ayant remarqué que nombre de chanteurs tout en ayant des cordes vocales normales quant à la forme, au coloris, au mouvement et à la tension, ne réussissaient pas à émettre des sons aigus par suite d'une incapacité temporaire ou permanente de limitation des vibrations des cordes vocales à la portion antérieure.

Par des mensurations précises, Nicolai finit par établir que ni la forme du triangle glottique, ni la hauteur du cricoïde, ni la forme ou les dimensions du ventricule de Morgagni n'entretenaient aucun rapport avec l'étendue de la voix ; il porta toute son attention, au contraire, sur les relations existant entre les portions cartilagineuse et ligamenteuse des cordes.

Chez les enfants, alors que la voix est à peu près similaire pour les deux sexes, la subdivision de la corde est analogue ;

1. Nicolai. Studio anatomico sullo sviluppo del canale laringeo nell'uomo e nella donna, Milan, 1903.

mais sitôt qu'arrive l'âge de la puberté, les cordes augmentent de longueur chez l'homme avec prédominance de la portion ligamenteuse, alors que chez la femme les deux portions présentent un développement uniforme.

Nicolaï conclut de ce fait, que, vu la longueur restreinte de la portion ligamenteuse vibrante, le larynx féminin se trouve dans les conditions requises par la physique pour émettre des sons plus aigus que le larynx masculin qui présente au contraire une portion ligamenteuse plus étendue.

β) *Épiglotte*. — Outre le mécanisme singulier auquel le larynx est astreint pour accomplir dans le registre moyen une action compensatrice entre les diverses forces musculaires, les chanteurs ont encore recours à d'autres artifices pour assurer l'homogénéité du passage de la voix d'un registre à un autre.

Les Allemands désignent ce mécanisme sous le nom de *Deckung* que l'on devrait traduire littéralement *couverture*, mais qu'en Italie on baptise *occlusion*, attendu qu'aux expressions italiennes de *voix ouverte et fermée* correspondent en allemand les expressions de *offen und gedeckt gesungene Töne* qui se traduisent en français par *sons ouverts et fermés*.

Il ne faut pas confondre les désignations d'*ouverte et fermée* avec celles de *claire et sombrée*, attendu qu'elles ne se développent pas parallèlement et que même des rapports inverses peuvent exister entre elles.

La voix ne conserve pas dans toute son étendue le caractère ouvert ou fermé, et l'occlusion ne se produit pas toujours au même point, elle est sous la dépendance de la voyelle sur laquelle on émet le son.

Si par exemple, nous observons un ténor dont la voix s'étend du si¹ au si³, l'occlusion se produira sur la voyelle *i* entre le ré² et le sol², sur l'*u* entre le mi² et le sol² dièze, sur l'*e* entre le fa² et l'ut³, sur l'*o* entre le sol² et le ré³, sur l'*a* entre l'ut dièze et le fa³.

Au Congrès tenu à Berlin en 1911, Pielke¹ a lu une intéressante contribution sur ce sujet. En dehors des observations recueillies sur de nombreux chanteurs, l'auteur tire des déductions personnelles, car il s'est adonné durant un certain temps à la carrière lyrique.

Ultérieurement, Pielke a servi de sujet d'examen à Musehold qui, aidé du stroboscope, a confirmé ses remarques sur les modifications endo-laryngiennes qui se vérifient pour l'émission des sons clairs et sombres.

1. Verhandlungen des III^{en} Internationalen Laryngo-rhinologen Kongresses, Berlin, 1911.

Notre attention est attirée sur le mécanisme de cette occlusion. On pourrait croire que cette modification de la voix soit sous la dépendance d'un changement dans le tube ajouté (cavités de résonance : elle est au contraire en rapport avec la situation de l'épiglotte qui effectue des mouvements en opposition directe avec la définition de la voix *ouverte* et *fermée*.

En effet, lorsque la voix est sombrée, l'épiglotte se porte en avant et dilate l'orifice laryngien, au lieu que si on émet un son clair, l'épiglotte s'incline en arrière et oblitère plus ou moins l'aditus. De plus, dans le premier cas les cordes vocales entrent légèrement en abduction, tandis que dans le second cas elles se rapprochent davantage de la ligne médiane.

Les observations de Pielke ont une grande valeur, étant donné que l'examen objectif a été contrôlé par un sens cinesthésique sur lequel se basent rarement les chanteurs.

Nous avons tenu à nous appesantir sur cette question de phonétique très délicate afin de démontrer que chez les chanteurs, l'examen pur et simple des cordes vocales pour dépister une altération vocale, constitue le point de départ d'une série d'examenens qui réclament de la part du médecin un sens intuitif et un ensemble de connaissances musicales et artistiques que l'on trouve rarement réunis.

Très souvent, en présence d'un artiste qui en dépit de l'examen négatif du larynx, souffre d'altérations vocales telles que des trous dans la voix, nous croyons nous tirer d'embarras en attribuant ces troubles à la mauvaise émission ou à la fatigue, sans oser insister davantage. Il s'agit alors d'un examen incomplet auquel il faudrait remédier.

γ) *Parois pharyngiennes*. — La motilité des parois pharyngées exerce une influence indéniable sur le timbre de la voix parlée et chantée.

Je ne m'étendrai pas sur cette particularité qui sera envisagée par le prof. Stefanini dans la partie du rapport où il considérera les fonctions des parois du pharynx comme des organes de résonance.

Quant aux amygdales que les chanteurs rendent souvent responsables de nombreux troubles vocaux, je n'y ferai pas allusion, tous les spécialistes devant être en mesure d'apprécier selon les cas la part qui revient à ces organes dans les altérations du timbre. Mon expérience personnelle conclut à l'utilité de leur ablation lorsqu'un artiste éprouve de la difficulté à émettre les sons, mais il est parfois dangereux de toucher aux parois pharyngiennes d'un artiste dont l'éducation vocale est achevée,

en raison des modifications qui peuvent se produire dans les cavités de résonance de la voix.

Ces artistes pourraient être obligés de se livrer à un nouveau travail pour adapter les exigences acoustiques à l'état actuel du pharynx.

Au sujet de la façon d'appuyer la voix, récemment Dreyfuss¹ a démontré expérimentalement l'influence exercée sur la musculature laryngienne par le muscle constricteur inférieur du pharynx. Si cette action ne se manifeste pas, la voix devient faible et hésitante comme dans la paralysie bulbaire.

δ) *Voile palatin et langue.* — Nous avons déjà parlé des méthodes d'examen indirect des mouvements de la langue ; les procédés directs sont de nature variée.

En première ligne, nous citerons l'appareil de Gentil dit *glossographe*, constitué par de petits leviers qui, insérés dans diverses régions buccales, transmettent les mouvements des organes internes au moyen de contacts électriques, sur une feuille de papier qui tourne. Stern a étudié les mouvements de la langue au moyen de cet appareil fort ingénieusement construit, mais qui offre le grave inconvénient de devoir être tenu dans la bouche, ce qui entrave les mouvements.

L'abbé Rousselot a recherché les points d'articulation de la langue à l'aide d'*ampoules exploratrices* qui sont de petites boules élastiques de dimensions variables, comprimées sur plusieurs points de la bouche où on les insère et transmettant au tambour enregistreur les impressions reçues.

Rousselot a encore imaginé un autre appareil pour étudier les consonnes linguales, c'est le palais artificiel (palatographie). Sur un palais modelé sur le sujet examiné, on répand de la poudre de caolin ou de licopode ; sitôt l'appareil mis en place, on fait prononcer une consonne déterminée et l'empreinte laissée sur le palais permet de reconnaître les points contre lesquels la langue est allée frapper pour produire ce phonème.

Ces palatogrammes rendent service pour corriger certains défauts de prononciation, surtout en cas de dysarthrie linguale.

Entre les régions buccales, c'est le voile palatin qui joue le rôle principal dans la formation du langage articulé.

Des observations d'ablation de la langue nous ont enseigné que cet organe, pas plus que les dents, n'est absolument nécessaire à la parole. Au contraire l'intégrité anatomique et fonctionnelle du voile du palais est la condition *sine qua non* d'une prononciation correcte.

1. DREYFUSS. Experimentelle Untersuchung über den Einfluss des Schlundschürers auf die Kehlkopfmuskulatur (Frankfort s/Mein, 1911).

Beaucoup d'instruments et de procédés ont été employés pour examiner les mouvements du voile palatin.

Par l'observation directe, en faisant émettre des sons clairs, on peut généralement se rendre compte de l'intégrité et de la motilité du palais. Je remémorerai à ce propos les études de Labus¹ sur la luette des chanteurs communiquées au 1^{er} Congrès de laryngologie qui se réunit à Milan. Il attira l'attention sur ce petit appendice implanté au point de concentration des voies nasale, pharyngée et buccale, qui par certaines transformations, peut entraîner des altérations de résonance de la voix chantée. De plus, il a reconnu qu'en chantant sur la voyelle *a* en timbre clair, la contraction de la luette débute quand la voix atteint les notes les plus élevées du registre de poitrine, elle se retire complètement dans le médium et se dispose horizontalement si l'on chante en voix de fausset.

On peut par un moyen beaucoup plus simple, établir le pouvoir de contraction du voile palatin. A l'aide d'une olive mise en communication avec un manomètre ou une poire de caoutchouc, on obture complètement une narine; on fait émettre au sujet un son vigoureux et en insufflant de l'air dans la fosse nasale, on se rend compte de la pression requise pour vaincre l'obstruction provoquée par le voile entre les cavités du nez et du pharynx.

Les mouvements du palais peuvent donc être étudiés tant par la voie buccale qu'à travers le nez.

Par la bouche on insère l'appareil de Weeks, constitué par un bandeau frontal ordinaire armé sur le devant d'une capsule de Marey. Sur le levier qui, partant du front, se prolonge jusqu'à la bouche, on fixe une anse de fil métallique munie à son extrémité d'un petit disque d'ivoire.

Si, au moyen d'une ostie, nous faisons adhérer le disque au palais, nous transmettons les mouvements du voile palatin au bras de la capsule de Marey.

On peut étudier les mêmes mouvements à travers le nez en introduisant dans la fosse nasale un levier qui vient toucher le rebord du voile du palais. L'enregistrement se fait directement ou par transmission pneumatique. C'est à Czermak que revient le mérite de l'invention de ce procédé: après lui, Gentzen, Allen et Gutzmann l'ont adopté.

Zwaardemaker et Eykmann ont construit un nouvel appareil basé sur le même principe que celui de Czermak que l'on subdivise d'avance pour obtenir des chiffres exacts.

Quel que soit le procédé employé, l'examen expérimental des

1. *Loc. cit.*

mouvements du voile palatin constitue une des plus grosses difficultés techniques.

Pour les besoins de la clinique, il est inutile de posséder de nombreux instruments; un tube de caoutchouc ordinaire mesurant environ 60 cm. de long et muni à son extrémité d'une olive destinée à pénétrer dans le nez du malade et d'une autre olive s'insérant dans l'oreille du médecin, suffit à vérifier le fonctionnement du voile palatin dans tous les cas de rhinopathie engendrée soit par des végétations adénoïdes, soit par une insuffisance vélo-palatine fonctionnelle ou anatomique, soit par des fissures palatines, etc.

En introduisant dans le tube naso-auriculaire un autre tube en forme de T permettant au malade de percevoir l'air sortant du nez ou l'excès de résonance des sons vocaux, on possède un moyen de contrôle, grâce auquel le patient est en mesure d'apprécier l'entité de son défaut.

Par l'étude de la résonance nasale, Fröschels¹ a pu établir la présence dans le rétro-pharynx d'une région voisine de la paroi postérieure dans laquelle cette résonance prend fin. Cet espace *mort* varie selon les sujets et il n'influe aucunement sur la production des sons, même lors de l'émission des consonnes nasales telles que *m*, *n* et *ng*.

De plus l'auteur enseigne qu'en parlant, de même qu'en chantant, la résonance nasale demeure sous la dépendance de la contraction du voile palatin. Toutefois dans des conditions d'intensité égale, la voyelle *a* produit un son nasal plus puissant, l'*i* vient ensuite et la résonance s'atténue graduellement pour les voyelles *e*, *o*, *u*.

Fröschels émet l'opinion que relativement à l'intensité du son buccal, le son nasal, par son exiguité, n'exerce pas une grande influence sur la portée de la voix. Sur ce point il est en contradiction avec les professeurs de chant qui cherchent à accroître cette résonance par leurs méthodes d'enseignement.

En dépit de son intensité restreinte, il faut accorder au son nasal une importance primordiale quant à la production du timbre normal.

c) *Mouvements étudiés par les méthodes mixtes.*
Rayons X. Photographie.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la phonétique expérimentale a mis à profit tous les moyens et les procédés les plus modernes dont dispose la physique. Scheier en particulier, qui, le premier,

1. FRÖSCHELS. Verhandlungen des III intern. laryngo-rhin. Kongress. Berlin, 1911.

a étudié le mécanisme de la parole et celui du chant, s'est servi des rayons Roentgen.

Tout d'abord, il reconnut la position du larynx lors de l'émission des voyelles et il observa que la divergence la plus grande se produisait entre les voyelles *i* et *u*. Chez les chanteurs, Scheier a pu confirmer les observations de Flatau et de Gutzmann en ce qui concerne l'immobilisation du larynx dans le statu quo, alors que lors de l'émission de la voix de tête, l'épiglotte demeure dans le voisinage de la base de la langue, tandis qu'elle s'abaisse vers l'orifice laryngien si l'on chante en voix de poitrine, et que même dans certains cas, elle arrive à toucher la paroi postérieure du pharynx.

A l'aide des rayons X, Möller a étudié les mouvements effectués par le larynx lors de l'émission de la voix de poitrine et de fausset, et en mesurant l'espace inter-crico-thyroïdien sur les plaques photographiques, il a établi que lors du passage d'un registre à l'autre, cet espace se restreint toujours par suite de la contraction du muscle crico-thyroïdien latéral. Par là, se trouve confirmé le fait que dans le registre de fausset le son monte suivant le degré de contraction du muscle sus-nommé. Les muscles internes sont beaucoup moins actifs et on peut exclure l'action du muscle thyro-aryténoïdien, de façon à ce que le bord libre de la corde vocale entre aisément en vibration. Ces résultats ont été contrôlés ultérieurement par Scheier.

Barth et Meyer ont obtenu des photographies dont le contour des organes articulaires est plus évident, en étendant un léger nuage de pâte de bismuth sur les lèvres, la langue, le plancher buccal et les dents. Froeschels a étudié les mouvements du voile palatin par les mêmes procédés de renforcement des ombres que Barth.

Plus récemment, Eykmann a envisagé les mouvements du larynx dans la déglutition, au moyen d'une méthode par laquelle le mouvement du châton thyroïdien contemporain de la déglutition est transmis à un levier et fait remonter le tube.

Nous ajouterons que la photographie par les rayons X a été abandonnée et que la pneumographie est le meilleur procédé actuellement employé.

Cinématographie.

Afin d'assurer aux chanteurs la plus grande liberté lors de l'examen, Gutzmann et Flatau ont résolu d'observer par la cinématographie les mouvements des organes phonétiques. A l'aide d'un crayon dermatographique, ils délimitèrent certaines régions

sur la peau du larynx, de la poitrine et du ventre, afin d'obtenir sur la pellicule cinématographique des contours plus nets et de pouvoir ainsi évaluer la portée des mouvements effectués en chantant et en parlant.

Dans son ouvrage sur la physiologie de la voix, Marage a inséré une série de photographies cinématographiques de la bouche pendant l'élocution.

La photographie ordinaire a été aussi employée par l'abbé Rousselot et Zünd-Burguet, et Gutzmann a illustré par la photographie un travail sur la lecture labiale.

La cinématographie se montre certainement supérieure à la photographie, vu qu'elle permet de pénétrer plus intimement les phénomènes articulaires.

2) *Mouvements de l'air associés à la phonation.*

Nous analyserons les mouvements de l'air associés à la phonation au point de vue du volume, de la vélocité et de la pression, remettant à un autre chapitre l'étude des vibrations sonores.

Il convient d'établir que les mouvements de l'air expiré (utilisé au cours de la phonation) n'offrent qu'un intérêt indirect au point de vue de l'étude des propriétés acoustiques de la parole ou du chant; attendu que lors de l'émission du son, la majeure partie de l'air expiré ne sert à rien pour la phonation (*aria perduta, wilde Luft* des Allemands) et c'est le mérite du chanteur et de l'orateur de savoir l'utiliser au mieux. D'après Zwaardemaker, seule 1/1000 de l'énergie de l'air sous-glottique expiré se transformerait en son. Toutefois l'étude des mouvements de l'air au cours de la respiration est nécessaire pour se rendre compte de l'étendue et de la rapidité des mouvements qui accompagnent la phonation.

α) *L'air dans la trachée au-dessous du rétrécissement glottique.*

Depuis les travaux classiques de Jean Müller, de Cagnard La Tour et de Grützner, nous connaissons les relations existant entre la tension des cordes vocales et la pression de l'air pour la production des sons ¹. Nous savons que pour hausser la tonalité d'un son, il convient d'accroître la pression de l'air infra-glottique ou d'augmenter la tension des cordes vocales, et par con-

1. Au sujet de la détermination de la pression de l'air dans la trachée durant la phonation qui varie de 50 à 1000 mm. d'eau, on peut s'en référer aux recherches de Rondet, Chanou, Sargnon et Marage.

séquent, la pression exagérée de l'air aurait tendance à engendrer des sons plus élevés et d'une intensité supérieure.

Ces faits ont également été mis en évidence par Labus¹. Pour *filer une note*, c'est-à-dire tenir un son en commençant *piano*, puis en augmentant l'intensité jusqu'au *forte* et *fortissimo* en diminuant jusqu'au *piano*, il faut que la pression de l'air et la tension des cordes agissent délicatement, de manière qu'au début le souffle soit très léger et la tension assez forte et qu'à l'apogée du *fortissimo*, la force du souffle soit excessivement puissante, tandis que la tension s'abaisse; avec la diminution d'intensité, la tension des cordes s'accroît alors que le souffle s'affaiblit graduellement.

L'étude de la pression de l'air infraglottique qui peut s'effectuer sur des sujets porteurs de fistules trachéales nous permet d'établir ainsi que l'a fait Poli, mais par un autre procédé, la valeur physiologique comparée entre la respiration nasale et buccale; Poli a conclu que la respiration buccale était ordinairement moins profonde, plus rare et moins rythmée que la respiration nasale.

3) *Mouvements de l'air dans la bouche, les cavités nasales et les sinus annexes.*

Les mouvements de l'air dans la bouche ont été étudiés d'une façon très détaillée à l'aide d'ingénieux dispositifs, au point de vue des particularités d'articulation des différents phonèmes, par A. Theoris.

Les oscillations de l'air à l'intérieur des fosses nasales ont fait l'objet de nombreuses recherches dont la plupart n'ont aucun rapport avec l'étude de la phonation, mais qui seraient plutôt en relation avec les courants de l'air inspiré et expiré à l'intérieur du nez. Parmi les méthodes appliquées, nous citerons celle qui permet de voir les cavités nasales d'un cadavre en remplaçant la cloison par une plaque de verre et en mélangeant au courant aérien des matières finement pulvérisées ou de la fumée de tabac. D'autres auteurs ont eu recours à de petits carrés de papier imprégnés de réactifs et appliqués sur les parois des cavités, susceptibles de changer de couleur sous l'influence des courants d'air. Il appert de l'ensemble de ces recherches qu'à l'état normal, l'air suit une courbe dont la convexité est tournée vers le haut et effleure le rebord inférieur du cornet moyen. Dans les cas pathologiques, les anomalies de conformation des fosses

1. LABUS. *Per l'oratore e per il cantante*, cap. IX.

nasales engendrent des mouvements tourbillonnants caractéristiques. Ce genre de recherches a une grande valeur au sujet de la physio-pathologie des cavités nasales et de l'olfaction.

Franke, Kayser, Mink, Krause, Paulsen, Réthi, Burckardt ont entrepris des expériences sur la direction et les particularités des courants d'air respiré à travers le nez. Burckardt fait observer avec raison que les déductions tirées d'expériences sur les fosses nasales des cadavres sont peu probantes, vu que les cornets privés de sang sur les cadavres ont des dimensions beaucoup plus restreintes que chez les sujets vivants. A l'exemple de Réthi, il a tenté d'obvier à cet inconvénient en expérimentant sur des modèles correspondant par leurs formes et leurs dimensions, aux fosses nasales des individus vivants. Les résultats obtenus par les modifications de coloris des papiers réactifs disposés sur les parois de la cavité ne fournissent pas toujours des indications exactes, vu que le courant d'air subit un ralentissement le long des parois et que l'on peut obtenir une coloration plus intense dans les passages resserrés. Comme il est impossible de contrôler le passage de l'air à travers le nez en introduisant des instruments enregistreurs qui s'opposeraient à la circulation normale de l'air dans les fosses nasales, le procédé d'élection consiste à observer directement les oscillations de l'air chargé de fumée.

Il résulte des recherches concordantes de Réthi et Burckardt que l'air après avoir pénétré dans la narine, décrit une courbe convexe vers la partie supérieure, jusqu'à l'extrémité antérieure du cornet moyen, de là, il se dirige presque horizontalement en arrière pour descendre ensuite vers les choanes et le pharynx nasal. A l'état normal, c'est le méat moyen qui constitue la voie la plus large pour le passage de l'air, le méat inférieur vient ensuite. D'ordinaire, on ne voit pas d'angle obtus à l'intérieur du nez et l'air ne tourbillonne pas. Quant à l'orifice nasal, l'air qui y pénètre par la portion antérieure se fraye une voie vers la région supérieure, tandis que l'air qui entre par la région postérieure du nez traverse la portion inférieure des fosses nasales.

Dans des cas pathologiques, de petits obstacles au passage de l'air ne réussissent pas à dévier notablement la direction des courants à l'intérieur du nez; s'il y a de la résistance, elle provient des tourbillons et de la rétention de l'air.

En ce qui concerne la participation des cavités nasales accessoires à la respiration, nous citerons les beaux travaux de Calamida et Citelli sur le sinus frontal, qui démontrèrent les oscillations du manomètre à alcool provoquées par l'air issu du sinus

frontal lorsque la respiration est calme à travers le nez et la bouche ¹. La participation des cavités accessoires du nez à la respiration entretient des rapports évidents avec la dimension et la position de leur ouverture, et surtout avec la configuration des cavités.

γ) *Volume et vélocité de l'air étudiés aux orifices
de la bouche et du nez.*

Ces recherches ont une grande valeur au point de vue des applications cliniques. Nous pouvons étudier toutes les particularités de l'inspiration et de l'expiration, évaluer le volume et la vélocité de l'air en rapport avec le temps, envisager la valeur de la fonction respiratoire du nez vis-à-vis de celle de la bouche, reconnaître le degré de perméabilité nasale, confronter entre elles la valeur respiratoire des deux fosses nasales, obtenir des indications précises sur les fonctions du voile palatin, tant dans la respiration que dans la phonation, étudier le montant de la consommation de l'air pour l'émission des diverses voix et des différents registres, etc.

L'instrumentation est variée et elle a été notablement perfectionnée dans ces derniers temps.

1° On peut adapter exactement au visage une sorte de masque enveloppant la bouche et le nez ; le volume de l'air est évalué relativement au temps, à l'aide d'un manomètre ordinaire, fonctionnant de préférence par l'eau, ou d'un spiromètre commun, tel que celui de Verdin, ou encore d'un instrument spécial récemment perfectionné par Gutzmann et Wethlo qui consiste essentiellement en une sorte de sifflet gradué en centimètres cubes. Ces instruments permettent aussi d'inscrire graphiquement les résultats des recherches. Pour mesurer la vélocité de l'air au cours de la respiration et de la phonation, on se sert de l'*aérodromètre* de *Zwaardemaker*, instrument rationnel et très simple, consistant en un menu disque d'aluminium d'une extrême légèreté, maintenu transversalement à sa moitié par un tube de verre soutenu par deux minces spirales métalliques. A son passage, le courant d'air déplace le disque dans une mesure variable d'après sa vélocité, et on peut lire le degré sur une échelle inscrite en centimètres et millimètres. Les instruments sont

1. Les mouvements de l'air dans le pharynx nasal pendant l'émission des divers phonèmes et les phénomènes de résonance ont été récemment étudiés par Froeschel qui percevait les divers modes de résonance au moyen d'un cathéter auriculaire inséré dans le nez.

échantillonnés d'une manière empirique, et les résultats peuvent être consignés sur un graphique spécial permettant de reconnaître que si une extrémité du tube s'est déplacée vers le haut, à un déplacement du disque de 10 mm. de la position de repos, s'il s'agit par exemple de courant expiratoire, correspond à un passage de 320 cmc. d'air à la seconde, de 295 lors de l'inspiration; un déplacement de 20 mm. à 455 ou à 420 cmc., etc.

2° On peut insérer dans la bouche du sujet soumis à l'examen un tube court de Pitot, relié à l'aérodromomètre par un tube de caoutchouc.

3° Pour mesurer la force expiratoire des poumons avant et après un discours, on peut avoir recours au pneumatographe acoustique de Patrizi, constitué par une sirène de Cagnard La Tour avec un compte-tours électrique. On obtient la note la plus aiguë en soufflant violemment dans le tube de la sirène. Plus le compteur enregistrera de tours, plus la force d'expiration sera élevée.

4° Afin d'étudier séparément la quantité d'air sortant ou entrant dans la bouche ou le nez, on maintient entre les lèvres l'embouchure du tube et on applique une olive aux deux narines, on relie ces appareils au moyen de tubes de caoutchouc avec des capsules qui inscrivent au moyen du kimographe ou de l'aérodromomètre, ou même par un simple manomètre.

5° Dans le même but, on peut faire respirer, parler ou chanter dans une sorte d'embout maintenu devant la bouche, n'entrant pas en contact avec celle-ci, mais en communication avec un instrument enregistreur.

Pour enregistrer les indications de l'aérodromomètre, il convient de photographier les oscillations du petit disque d'aluminium sur une plaque ou sur un papier sensible se déroulant.

Lorsqu'on recueille avec les instruments enregistreurs l'air issu de la bouche ou du nez, il faut en laisser fuir une partie à travers un orifice pratiqué dans les parois des tubes de jonction, surtout durant les excursions de respiration profonde, autrement les instruments pourraient être endommagés¹.

6° On a songé à utiliser la vélocité de l'air sortant de la bouche lors de l'émission des phonèmes vocaux, tant lorsque la voix est aphone que s'il s'agit du ton de la conversation ou du commandement, pour évaluer l'intensité de la voix. Généralement, il n'existe aucun rapport constant entre l'intensité mécanique du

1. La proportion entre le volume d'air enregistré et celui qui s'échappe n'est pas la même au cours des différentes épreuves, si la pression de l'air varie.

souffle de la prononciation et l'intensité acoustique du son émis, mais les indications peuvent être exactes, ainsi que l'ont démontré récemment Tonietti et Stefanini pour les diverses intensités d'un même ton prononcé d'une voix aphone par un expérimentateur. Lucae a imaginé un instrument de ce genre, que Tonietti et Stefanini ont perfectionné dernièrement et qui est constitué par un levier horizontal portant sur des points éloignés de son axe, deux disques d'aluminium qui, au repos, demeurent appuyés contre la base la plus petite d'une embouchure tronco-conique spéciale. Un ressort à spirale, fixé à l'axe de rotation comme celui des balanciers de montres, oppose une faible résistance au mouvement du levier qui vient s'ajouter à la résistance opposée par l'air au déplacement des disques. Pour éviter que le levier ne revienne en arrière, on se sert d'une roue finement dentelée contre laquelle s'appuie un ressort. Le bras le plus long du levier sert d'index pour la lecture de la rotation qui s'imprime sur l'arc sous-jacent.

L'embout a une forme évidée, afin que les syllabes commençant par la lettre *s* ou des sons sifflants, puissent exercer une action sur le phonomètre. Celles-ci se montrent inefficaces sur le phonomètre Lucae, vu que le souffle est dirigé presque verticalement vers le bas; avec le phonomètre Stefanini-Tonietti, l'évasement antérieur sert à recueillir le souffle et à le guider sur le disque mobile.

On emploie deux disques pour que l'appareil à graduation limitée puisse servir pour des phonèmes d'intensité différente. Bien entendu, on devra prononcer les premiers, ceux de faible intensité, contre le disque le plus éloigné et les autres contre le disque le plus voisin de l'axe de rotation.

L'instrument permet de constater la difficulté de prononcer avec la même intensité un phonème donné même des plus faciles.

7° La rapidité de contraction des muscles servant à la production de la parole a été enregistrée en reliant le circuit d'un signal électrique Deprez à un contact inséré au centre d'une capsule Marey qui communique avec un pavillon dans lequel on parle¹. Lors de la prononciation de chaque syllabe, on ferme le circuit et le signal Deprez enregistre les contacts sur le papier fumé. On obtient un résultat analogue en enregistrant au moyen d'une capsule de Marey sur un kimographe ordinaire le nombre de syllabes pouvant être prononcées dans un temps donné.

8° Afin d'évaluer le volume de l'air circulant à travers le nez,

1. PATRIZI. *L'oratore*, p. 180 et 187.

on a eu recours à divers *rhinomètres*. Le plus simple a été proposé en 1889 par Zwaardemaker. Il consiste en un miroir plane ou concave qui se ternit par la vapeur respiratoire lorsqu'on le maintient horizontalement sous le nez ; la disparition plus ou moins rapide de la vapeur d'eau qui obscurcit le miroir permet de tirer des conclusions quant au degré de perméabilité des fosses nasales. Cet appareil a été modifié par plusieurs auteurs qui ont voulu que les traces de vapeur soient plus persistantes, afin de pouvoir les évaluer avec précision.

Un élève de Zwaardemaker, Glazel, a proposé l'emploi d'une plaque métallique maintenue horizontalement en l'appuyant à environ un demi cm. au-dessous de l'orifice nasal. Courtade a décrit un instrument similaire. Foy¹ perfectionna cette méthode de rhinométrie indirecte, atmorhinométrie, en faisant observer que c'est seulement en suspendant la plaque obliquement au-dessous du nez et parallèlement à la direction du dos du nez que l'on enregistre en long et en large les cônes formés par l'air expiré. Il faut que le patient respire tranquillement quatre ou cinq fois de suite pour obtenir des résultats précis. Au lieu d'un miroir, Foy se sert d'un verre poli à l'émeri, qui condense et rend visible la vapeur d'eau ; par la juxtaposition d'un second verre transparent, il fixe les taches reproduites sur le verre poli, ainsi que l'on procède pour les préparations microscopiques. Les ombres ainsi obtenues peuvent être calquées par transparence sur du vélin.

Afin de contrôler les résultats obtenus avec l'atmorhinomètre, pour enregistrer directement l'air inspiré et expiré à travers les fosses nasales, Foy a eu recours à deux canules de verre munies d'un orifice extérieur, de façon que seule une partie des mouvements de l'air respiré soit enregistrée. L'usage des canules élimine l'influence de la conformation des narines sur la direction du courant d'air expiré, tandis qu'avec l'atmorhinomètre, les particularités de direction et d'extension des courants d'air expiré sont surtout déterminées par la conformation des fosses nasales. Par l'emploi des canules enregistreuses, on observe que l'énergie inspiratoire est supérieure d'un tiers environ à l'énergie expiratoire ; lorsque la respiration est calme, la durée de l'expiration dépasse de moitié celle de l'inspiration. Parmi les procédés de mensuration directe, nous citerons le *rhinomètre* d'Escat qui consiste essentiellement en un manomètre anéroïde modifié. Mais cet instrument ne nous fournit d'indications que sur la pression maxima

1. M. Foy. *Ann. mal. or. et lar.*, 1910, p. 130, première partie.

de l'air expiré à travers une fosse nasale, sans envisager le temps ni le volume. De plus, la pression de l'air du côté examiné demeure libre ; il est évident que plus cette seconde cavité sera large, plus elle fera passer d'air, tandis que la narine examinée fera passer une quantité d'air moindre. L'aérodromomètre de Zwaardemaker fournit d'excellents résultats si l'on tient compte

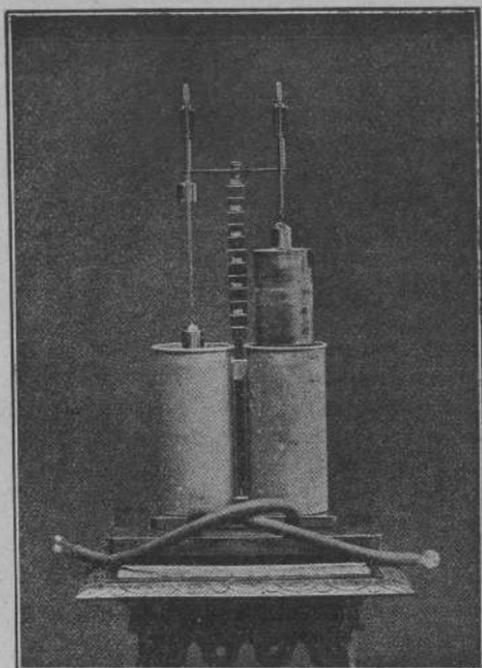


FIG. 11.

du temps au moyen d'un appareil enregistreur, d'un métronome ou même d'une simple montre à secondes.

C. A. Bucklin a proposé, pour établir la perméabilité des fosses nasales vis-à-vis de l'air, un instrument baptisé *respiromètre*, consistant en un tube de verre mesurant 1 m. 50 de long et environ 4 mm. de diamètre. On pose sur le sol un récipient contenant de l'eau sur une hauteur de deux cm. environ. On invite le malade à respirer fortement, puis au moyen d'un embout de caoutchouc, il saisit dans la bouche l'extrémité supérieure du

tube de verre dont l'extrémité inférieure plonge dans l'eau du récipient et il respire énergiquement par le nez. En cas d'obstruction ou d'insuffisance nasale, il se produit un vide plus ou moins étendu dans l'appareil respiratoire et dans la bouche, et l'eau atteint diverses hauteurs dans le tube.

Pour se rendre compte des modalités de la respiration normale à travers le nez et pour l'étude comparée de la perméabilité des fosses nasales, Stefanini et Gradenigo ont imaginé un rhinomètre spécial. Le volume de l'air expiré et inspiré fait monter ou descendre deux cloches cylindriques immergées dans l'eau contenue dans deux récipients qui communiquent. Les deux cloches sont équilibrées par des poids fixés à des chaînettes métalliques ; et les dimensions et le poids de ces chaînettes sont choisis de telle sorte que lorsque chaque cloche est dans la position la plus basse, il existe un équilibre parfait entre son poids et celui de la chaînette d'une part, et le contre-poids et la poussée de l'eau d'autre part. Peu à peu la cloche se soulève et la poussée de l'eau s'abaisse ; mais cette diminution est compensée par la partie de la chaînette qui diminue du côté de la cloche tandis qu'elle augmente vers le contre-poids. Pour que ce fait se vérifie, il faut que le poids de la chaînette soit égal à la moitié de la poussée que subit la cloche plongée dans l'eau. Grâce à cet artifice le mouvement de l'air issu des narines ne rencontre aucune résistance et on mesure aisément la respiration normale.

On peut ainsi facilement se rendre compte du volume de l'air expiré ou inspiré qui est enregistré sur un kimographe au moyen d'un dispositif très simple.

Il existe un instrument fort élégant qui se borne à nous fournir des indications sur la valeur relative de la perméabilité respiratoire des fosses nasales, il a été inventé par Zwaardemaker et repose sur le principe du *pont différentiel à résistance électrique*. Par cet instrument, on cherche à obtenir l'équilibre entre la pression de l'air expiré simultanément par les deux narines en utilisant un manomètre ultra-sensible. L'air des fosses nasales est recueilli dans deux cylindres métalliques d'égale dimension dont chacun est percé de deux orifices, l'un aboutit au tube de verre du manomètre contenant l'index enregistreur, l'autre susceptible de se dilater à l'aide d'un *diaphragme iris*, communique directement avec l'extérieur. Plus l'ouverture est large, moindre sera la pression exercée par l'air sur le manomètre, et en modifiant cette pression on trouvera pour chaque cylindre un orifice permettant d'atteindre l'équilibre du manomètre. Alors

le rapport du diamètre des orifices, sera le rapport de la dimension des fosses nasales.

Pour toutes ces épreuves, on n'oubliera pas que la condition essentielle de l'obtention de résultats précis consiste en ce que l'ouverture des olives nasales et des tubes aboutissant aux appareils enregistreurs soit supérieure au diamètre moyen normal des cavités nasales.

Au moyen du spiromètre à cloches que je viens de décrire, Stefanini et Gradenigo ont constaté, ainsi qu'il était aisé de le prévoir, que si les communications entre les narines et les cloches s'établissent au moyen de tubes de diamètres variés qui pourtant sur un trajet restreint présentent des surfaces égales ou inférieures à la plus petite cavité nasale, la quantité d'air que reçoivent les deux cloches est égale, même si une narine est plus

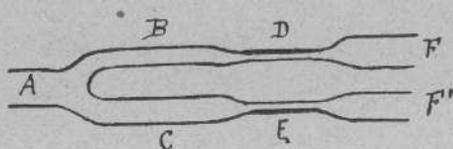


FIG. 12.

Explication du fonctionnement de notre rhinomètre.

perméable que sa congénère. Le fait est démontré sur le schéma ci-dessous.

En effet en soufflant dans le tube A, bien que les tubes B et C soient de calibres différents, si les portions D et E ont une section inférieure à celle de la branche B, les tubes E, F font passer une égale quantité d'air.

B. ACOUSTIQUE DE LA PHONATION.

VIBRATIONS DES PAROIS DES ORGANES DE LA PHONATION.

a) *Vibrations étudiées de l'extérieur.* — Il s'agit de vibrations constatées soit au toucher, soit par l'auscultation et qui durant l'émission de la voix ou du chant sont transmises aux parois des organes de la phonation. Ces recherches complètent l'étude des phénomènes de résonance.

Le procédé des anneaux en noir de fumée, dit de Marbe¹ permet, ainsi que l'a démontré Stefanini, d'étudier avec beaucoup plus de précision que par le passé, ces phénomènes

1. Voir p. 145 et suiv.

de résonance ; nous rapporterons certains résultats de Stefanini.

Pour l'émission de la parole et surtout du chant, on a tenu compte principalement jusqu'ici des modifications du ton laryngien produites par un tube inséré au-dessus de la glotte (pharynx, bouche, nez), les cavités de résonance infraglottique (trachée, thorax, abdomen) ont aussi une répercussion très marquée sur les particularités du son.

2) Thorax, abdomen.

H. Stern a étudié les vibrations des parois thoraciques. Il va sans dire que ces vibrations acquièrent plus d'intensité si l'on chante en voix de poitrine, et surtout lors de l'émission des voyelles les plus basses de la série, *u* et *o* ; elles sont localisées principalement à la région supérieure du sternum et sur les côtes.

En enregistrant par la méthode Marbe les vibrations sonores du thorax lors de l'émission de la voix parlée, et en appliquant, ainsi que le fit Stefanini, une capsule en haut ou en bas du sternum, les voyelles et les syllabes sont généralement bien marquées et la durée de leurs vibrations équivaut à la durée des vibrations de la voix dans l'air expiré. Au contraire, pour la voix aphone, sur le tracé les vibrations font défaut pour les voyelles et sont à peine indiquées pour les syllabes.

Si l'on appuie sur la région costale la capsule qui enregistre, les vibrations acoustiques de la voix parlée sont visibles, mais elles durent moins longtemps que si la voix est transmise par les ondes aériennes ; celles de la voix aphone sont invisibles ou à peine accentuées.

Abdomen. — Le sujet examiné étant assis ou debout, on appuie la capsule qui inscrit sur la paroi abdominale antérieure et on distingue nettement les voyelles et syllabes *ra*, *ro*, *re*, *ri*, *ru*, et *pa... pu* ; mais l'inscription s'effectue en un laps de temps plus bref que la transmission de la voix de l'expiration, c'est-à-dire que les vibrations abdominales coïncident avec la période moyenne de l'émission des voyelles et avec le début de l'émission des syllabes citées plus haut.

Trachée.

On prêterait attention à la façon dont se comportent les vibrations sonores sur les parois trachéales, immédiatement au-dessous du larynx.

Le prof. Stefanini a expérimenté sur lui-même en employant la voix de conversation ordinaire par la méthode Marbe.

Lors de l'émission des voyelles *a*, *e*, *i*, *u*, les vibrations sont plus amples que celles de la voix émise par la bouche, leur inscription trachéale précède et succède à celle de la voix : tandis que dans ce dernier cas on compte 28 anneaux ou vibrations, pour la trachée on a 10 autres anneaux qui précèdent.

Pour l'*o* on observe les mêmes particularités, mais les vibrations trachéales sont plus prolongées que celles de la voix transmises par l'air.

Si l'on prononce la syllabe *ba*, le tracé trachéal commence presque simultanément (pour la *b* explosible labiale) mais il prend fin un peu plus tard (3 anneaux ou vibrations) pour la voyelle *a*. La syllabe entière se compose de 38 anneaux pour la voix (à l'*unisson* bien entendu avec ceux de la trachée); quant à ceux du tracé trachéal les 9 premiers sont très développés et les 3 derniers de dimension supérieure à ceux de la voix.

Pour *be* les tracés évoluent simultanément; ceux de la trachée prennent fin après ceux de la voix (3 anneaux).

Si les voyelles *a*, *e*, *o* sont prononcées d'une voix aphone, ils demeurent invisibles sur la courbe vocale; ils affectent simplement l'aspect d'amplifications du tracé trachéal.

La voyelle *i* se détache nettement sur le tracé vocal, mais moins bien sur la courbe trachéale.

L'*u* est très visible sur la courbe vocale; les anneaux semblent des amplifications du tracé de la trachée.

β) *Larynx.*

Les vibrations des cordes vocales se transmettent aux lames du cartilage thyroïde et on les perçoit aisément par le toucher. Elles peuvent être enregistrées directement au moyen de capsules spéciales, dont Brondgeest et Panconcelli-Galzia ont présenté récemment des modèles perfectionnés.

En cas de vibrations rapides (la voix chantée comprend dans les différentes tessitures de 80 à plus de 1000 vibrations doubles à la seconde), il faut avoir recours à des appareils enregistreurs très délicats, et le kimographe n'est pas indiqué, soit parce que le cylindre doit être doté d'une vélocité de rotation considérable, soit parce que le carton fumé offre trop de résistance aux mouvements du levier qui inscrit; il vaut mieux pour l'enregistrement, se servir des anneaux noirs de fumée de Marbe qui sera décrit ultérieurement.

D'ordinaire, on inscrira plus aisément, vu qu'elles sont plus espacées, les vibrations du larynx d'une basse ou d'un baryton que celles d'un ténor ou d'un organe féminin.

Même pour la voix parlée, d'après Gutzmann le ton ordinaire de l'homme oscille du *La* de la grande octave (environ 108 v. d.) au *mi* de la petite octave (environ 162 v. d.); chez la femme il est plus élevé d'une octave et part du *la* de la petite octave (217) pour aboutir au *mi* de l'octave première, avec 325 v. d. (notation allemande et italienne). On voit ainsi que la tonalité de la voix parlée de la femme dépasse d'une octave celle de l'homme, et par conséquent les vibrations sont deux fois plus nombreuses. Il est beaucoup plus facile d'enregistrer les vibrations du larynx pour l'homme.

Nous rapporterons quelques résultats obtenus par Stefanini, au moyen de la méthode de Marbe, en maintenant la capsule sur le cartilage thyroïde gauche.

Voix de conversation. — L'a produit des vibrations distinctes, à l'unisson, sur les deux tracés du larynx et de la voix prise à l'émission. Sur la courbe laryngée, les anneaux commencent avant et finissent après.

E et *i* à l'unisson durent plus pour le larynx, tandis que dans les mêmes conditions, *o* et *u* se prolongent pour la voix.

Pour la syllabe *ra*, il y a au début une divergence entre les deux tracés, mais à la fin il y a identité pour l'a; *r* est plus marqué sur le tracé laryngien.

Re dure plus longtemps pour le larynx.

Ri, *ro*, *ru* débutent pour la voix et terminent plus tard pour le larynx; *r* n'est visible que sur le tracé laryngien.

Voix aphone. — *A* se détache seulement sur le tracé du larynx, tandis que *e* et *i* ne sont visibles que sur le tracé vocal.

O ne se remarque que sur le tracé laryngien alors que *u* très saillant au point de vue vocal est impossible à distinguer sur le tracé laryngien.

Pour les syllabes *ra... ru*, les anneaux de la lettre *r* sont très marqués pour le larynx et à peine distincts pour la voix.

Pa et *pu* se détachent sur les deux tracés.

γ) Crâne et face.

Flatau et Zimmermann¹ ont entrepris l'étude des vibrations du crâne et de la face lors de l'émission de la voix et du chant.

1. *Die Stimme*, avril 1911.

Celles-ci se manifestent de préférence autour des parois buccales et sur le vertex crânien où elles forment une sorte de calotte; elles sont plus nettes quand on prononce les voyelles *u* et *i* pour lesquelles le *tube ajouté* se restreint, elles deviennent moins évidentes pour *o* et *e* et à peine sensibles pour *a*. Les vibrations du dos du nez perçues au toucher sont caractéristiques des phonèmes nasaux *m* et *n*.

b) *Vibrations étudiées à l'intérieur. Vibrations sonores des cordes vocales.* — A l'état normal, les vibrations des cordes vocales sont tellement rapides, qu'il est impossible de les suivre à l'œil directement ou indirectement par un simple examen laryngoscopique; on peut tirer des déductions sur la forme et l'intensité des vibrations en considérant l'imprécision des contours visibles des bords libres de la corde et des déplacements de petits flocons muqueux qui se trouvent sur la face supérieure des cordes et subissent l'impulsion des mouvements.

On peut recourir avec profit aussi, en clinique, à un procédé d'une simplicité relative qui ralentit les images des vibrations et permet de suivre leurs différentes phases; j'entends parler de la *stroboscopie*.

Ce mode d'observation, basé sur la persistance des images dans l'œil, consiste à faire tourner devant l'objet vibrant, un disque muni de nombreuses fissures radiales. Si la rotation du disque s'effectue avec une vitesse telle, que chaque fissure soit en face d'un point déterminé de l'objet, chaque fois que ce point retrouve la même position dans l'espace, il semblera fixe; et puisque dans le champ visuel se trouvent simultanément de nombreuses fissures, on verra comme immobile cette portion de l'objet qui se trouve en face de ces fissures.

Ensuite pour se rendre compte de la nature des oscillations, il suffit d'imprimer au disque stroboscopique une vitesse inférieure ou supérieure à celle qui est requise pour obtenir la vision stationnaire. Alors la fissure ne peut retrouver à chaque évolution complète du disque, le même point dans une position identique, mais elle permet de l'observer à une phase qui diffère de la précédente, et l'ensemble des fissures fait voir le corps oscillant dans une autre situation; ces positions variées se succédant avec lenteur donnent l'impression de la forme assumée par le corps oscillant.

Pour observer à l'état de fixité les cordes vocales durant l'émission de la voix, il suffit de régler la vitesse du disque de façon qu'en soufflant avec un chalumeau contre les fissures, l'instrument, faisant fonction de sirène, rende une note de la même

hauteur que la voix. Après l'obtention de ce résultat, en ralentissant légèrement la vélocité du disque, on distingue la forme plus ou moins ondulée assumée par les cordes vocales en vibration.

c) *Vibrations sonores de l'air, étudiées à l'intérieur des cavités ou dans l'air ambiant.* — L'étude des vibrations sonores de l'air soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, constitue un chapitre important de la phonétique expérimentale, mais en dépit des nombreux travaux élaborés sur ce sujet, nous sommes obligés de confesser que nous ne possédons aucun moyen certain pour analyser la voix et par conséquent, nous sommes dans l'incapacité absolue de solutionner les problèmes complexes auxquels nous nous heurtons à chaque pas, tant dans le domaine théorique, que pour les applications cliniques. Cette lacune provient de la complexité énorme des ondes sonores qui se manifestent lors de l'émission des sons; la multitude de méthodes en usage pour l'étude objective des sons démontre que l'on a reconnu leur insuffisance.

Dans l'énumération rapide que nous fournirons des moyens les plus usités pour l'étude des ondes sonores, il nous sera impossible de suivre l'ordre chronologique; nous les envisagerons d'après les procédés employés pour enregistrer ou observer les vibrations complexes de l'air ou pour en résoudre les éléments.

α) *Membranes.*

Mettant à profit la propriété que possèdent les membranes d'être mises en vibration par n'importe quelle onde sonore, propriété qui, on le sait, fait fonctionner le tympan humain, beaucoup d'appareils destinés à enregistrer les sons sont dotés de membranes choisies de manière à ne pas avoir de vibrations propres, ou du moins que ces vibrations n'aient rien de commun avec celles des sons élémentaires qui forment l'onde que l'on désire enregistrer.

Cette condition ne se réalise pas toujours aisément, aussi la courbe produite par une membrane a une forme différente de celle de l'onde afférente. L'usage de la membrane introduit des vibrations qui n'existaient pas dans le son étudié et son inertie empêche de rendre visibles les particularités des vibrations qui constituent l'onde sonore. Néanmoins si la substance qui forme la membrane est peu élastique (feuille de caoutchouc, collodion riciné, etc.) et que celle-ci soit mince et en état de vibrer, les déformations peuvent passer inaperçues et le tracé fournit d'utiles indications sur les particularités du son étudié.

Membranes avec appareil enregistreur mécanique. — Le premier instrument avec membrane munie d'un stylo-enregistreur est le *phonautographe* de Scott (1858) qui a été perfectionné par Kœnig et à l'aide duquel Donders¹ obtint les premiers tracés des sons vocaux. En 1876, Barlow construisit d'après le même principe le *logographe* qui donne des courbes très accentuées pour les consonnes, mais peu marquées pour les voyelles. Pour ces dernières il fallait recourir à un système d'amplification des mouvements de la membrane; un des premiers qui appliqua ce perfectionnement fut Schnebeli² qui construisit une sorte de stylet avec un levier très léger dont le bras le plus court, s'appuyait au centre de la membrane. Le système a été amélioré dans l'appareil de Hensen³ qui servit aux expériences de Wendeler, Mertens et Pipping, portant sur les consonnes, les voyelles et les diphtongues.

Les courbes ainsi obtenues sont peu détaillées en raison de l'inertie du levier qui inscrit et de la résistance offerte par la surface fumée sur laquelle l'enregistrement a lieu; ces causes diverses s'opposent à l'obtention des particularités les plus délicates de l'onde sonore; on n'a qu'une trace des harmoniques les plus élevées.

Le *phonographe* d'Edison présente tous ces défauts exagérés étant donné que le stylet enregistreur doit graver un sillon sur un cylindre de cire; il en est de même du *gramophone* de Berliner, dont la pointe pénètre la couche de cire qui recouvre un disque de zinc.

Si ces appareils reproduisent suffisamment bien les sons musicaux et vocaux, cela provient de ce que l'oreille, pour reconstituer les voyelles et les phrases, n'a besoin que de certains éléments du son complexe qui les constitue, mais les *phonogrammes* ainsi obtenus ne donnent qu'une idée approximative de la vibration sonore, soit qu'on les observe directement au microscope, soit qu'ils soient transformés en courbes par un procédé de leviers amplificateurs.

Pour amplifier les courbes des phonogrammes, en dehors de l'appareil de Scripture⁵, on en connaît d'autres bien construits parmi lesquels les meilleurs sont ceux de Lioret dans lesquels le levier amplificateur demeure fixe et le cylindre phonogra-

1. Zur Klangfarbe der Vocaleu (*Ann. der Phys. und Chemie*, 1868).

2. On the articulation of the human voice (*Trans. Royal Soc.*, 1876).

3. Soc. des sc. nat. de Neuchâtel, 1878.

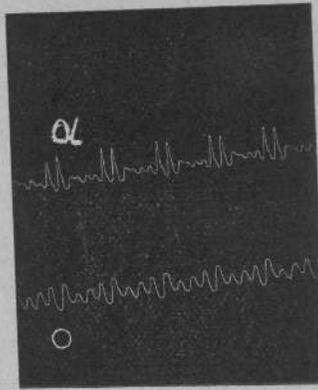
4. Ueber der Schrift von Schallbewegungen (*Zeits. f. Biol.*, 1887).

5. F. W. SCRIPTURE. Recherches sur la voix (*Laryngoscope*, Saint-Louis, 1908).

phique en tournant se déplace aussi longitudinalement, tandis que simultanément le cylindre fumé sur lequel le levier inscrit sa courbe, se déplace et se met à tourner.

Dans un autre appareil de Lioret, le tracé se reproduit sur un papier photographique qui se déroule rapidement dans un châssis ad hoc.

Lorsque la prononciation s'effectue dans des conditions déterminées, on peut obtenir par ces procédés des courbes caractéristiques très détaillées pour les différentes voyelles ; nous ferons



Voyelles a et o.

FIG. 13.

Transcription graphique des tracés phonographiques au moyen de l'appareil de Lioret (Panconcelli-Calzia).

remarquer que ces tracés sont modifiés du tout au tout si la voyelle est chantée sur une note de musique ou si, prononcée normalement, elle est accompagnée d'une consonne ¹. On ne peut donc attribuer qu'une valeur très relative aux conclusions tirées des expériences phonographiques ou gramophoniques quant à la composition des voyelles.

Toutefois, en raison de leur maniement aisé, ces instruments pourraient servir à la phonétique expérimentale, si l'on arrivait à découvrir une relation quelconque entre les altérations typiques des organes vocaux et les formes correspondantes des phonogrammes de voyelles ou de consonnes.

1. A. STEFANINI. L'analyse des voyelles (*Arch. Intern. de Lar.*, 1911-1912).

Membranes avec appareil enregistreur optique.

Afin de rendre libres et d'amplifier les mouvements, on a eu l'idée de transmettre les vibrations du centre de la membrane à un miroir très léger monté sur un mince ressort élastique (système Blake) ou attaché à un fil tendu parallèlement à la membrane (capsule palmoptique de Rigollot et Chavanon).

Ces membranes facilitent l'obtention de superbes tracés pour les diverses voyelles et des phrases entières : les recherches de Hermann et de Marage sont particulièrement intéressantes à ce sujet. Les tracés de Hermann se prêtent surtout à l'analyse des voyelles, alors que ceux de Marage s'adaptent mieux à la clinique et à un but didactique. La figure 14 reproduit les courbes obtenues par Hermann pour la voyelle *o* chantée sur plusieurs notes.

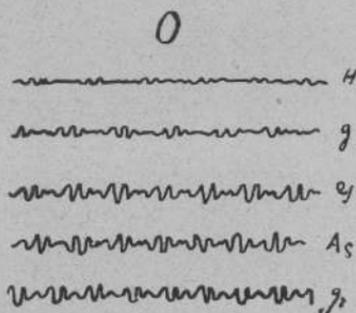


FIG. 14.

Courbes obtenues par Hermann pour la voyelle *o* chantée en si, sol, mi bémol, la bémol, sol dièse.

D'autres systèmes optiques ont été appliqués par Martens et Leppin et par Struycken.

Le procédé de Martens-Leppin consiste à fixer normalement sur la membrane, à un disque de phonographe, deux petits miroirs parallèles, de façon que la lumière tombant obliquement sur le premier se reflète sur le second et se répercute sur un miroir rotatif qui aide à sa projection sur l'écran ou dans la chambre photographique.

La disposition adoptée par Struycken est infiniment plus délicate que les précédentes. Les deux parois horizontales d'une petite chambre cubique sont constituées par du papier de soie, tandis que la face antérieure est béante. On appose au centre de chaque membrane un léger fil métallique ; les deux fils qui aboutissent verticalement à la portion médiane de la caisse,

supportent un fil transversal auquel s'ajuste à angle droit un miroir de dimension très réduites. La tension des deux membranes peut se régler à volonté. Cette disposition produit la

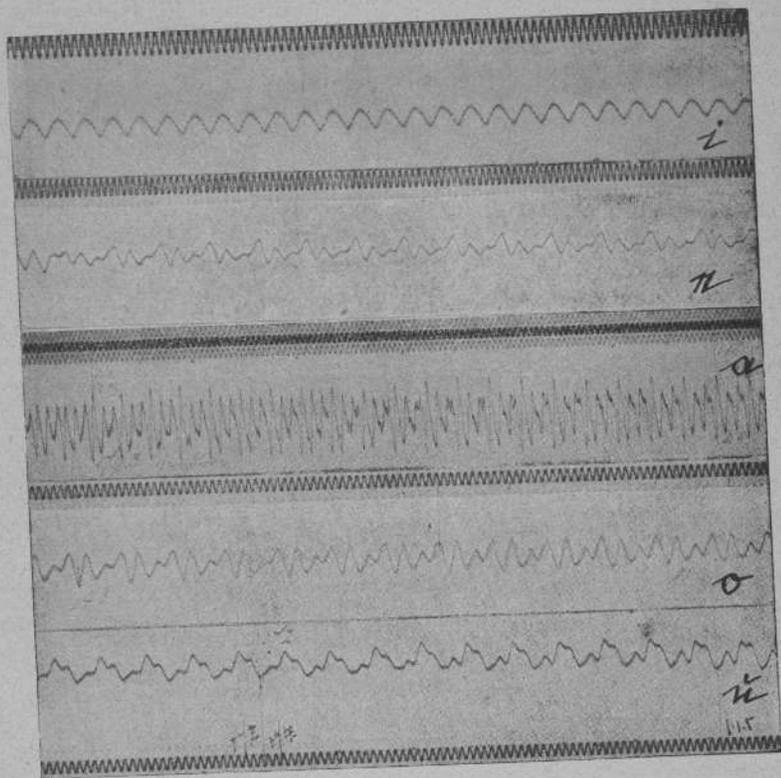


FIG. 15.

Tracés obtenus par Struycken : du haut en bas, on distingue les tracés photographiques des voyelles *i*, *e*, *a*, *o*, *u*. Le diapason employé enregistre 1048 vibrations doubles à la seconde.

rotation du miroir autour de son axe, même si la membrane n'effectue que de petits déplacements ; si l'on n'emploie qu'une seule membrane, le miroir cesse de tourner au-dessous d'une limite donnée, d'après le mode d'union du miroir à la membrane. Sous l'influence de sons très faibles et même de la voix aphone, les deux membranes de l'appareil Struycken vibrent de

façon à imprimer au faisceau de lumière solaire qui tombe sur le miroir des oscillations sensibles. Ces dernières peuvent être photographiées ou observées avec une jumelle armée d'un prisme oscillant. Pour obvier à la nécessité de maintenir constante la vitesse du rouleau, on enregistre celles d'un diapason d'environ 1000 v. d. à l'aide d'un miroir fixé à une des branches et agrandi 300 fois par un dispositif optique.

Un autre appareil très sensible est le *phonoscope* de Weiss, dans lequel la membrane est constituée par une lame liquide produite par de l'eau de savon. Un levier très léger, constitué par un fil de fer argenté, appuyé par sa branche la plus courte au centre de la lame liquide, permet d'en photographier les vibrations grâce à la lumière réfléchie par l'extrémité libre du levier.

Microphones.

Dans les microphones modernes, les mouvements de la membrane tenue de charbon contre laquelle on parle sont suffisamment libres ; et en enregistrant au moyen d'un galvanomètre spécial (oscillographe) les variations que les vibrations de la membrane provoquent dans l'intensité du courant circulant dans le microphone, on obtient pour les différentes voyelles des tracés typiques avec de menus détails qui se prêtent admirablement à l'étude de la voix, même dans un but clinique.

Devaux-Charbonnel ¹ a réalisé ainsi pour les diverses voyelles des courbes particulièrement intéressantes, desquelles il résulte que chaque voyelle est caractérisée non par une note fixe, mais par des harmoniques déterminées par la note fondamentale.

Il faudrait s'assurer si les formes vérifiées par Devaux-Charbonnel sont vraiment caractéristiques ou si elles varient selon l'organe des sujets, ou avec le caractère plus ou moins musical de la voix. Quelques expériences effectuées par le professeur Gradenigo avec l'oscillographe de l'Institut Physique de l'Université de Pise, démontreraient qu'en émettant la voyelle sur une note (l'ut ² à 256 v. d. par exemple), la courbe diverge notablement de celle que Devaux-Charbonnel a obtenue par la voix naturelle (Voir figure 16).

Marage a photographié les vibrations de la membrane d'un téléphone inséré dans le circuit d'un microphone, en fixant au centre de la membrane du téléphone un petit miroir, reproduisant ainsi la disposition du téléphone optique de Wien.

1. DEVAUX-CHARBONNEL. La lumière électrique, III, 1908.

Ce procédé est moins compliqué que celui de l'oscillographe, mais l'auto-induction des circuits électriques qui se produit avec la méthode de Marage fausse la forme des courants ondulatoires qui circulent dans le téléphone ; effectivement les courbes de Marage ne présentent pas les particularités que l'on remarque sur les tracés fournis par l'oscillographe.

On peut observer directement les variations engendrées par les vibrations sonores dans l'intensité du courant microphonique, en employant un procédé indiqué par Stefanini ¹ et consistant à insérer dans le circuit du microphone un milliampèremètre très sensible (échelle de 0 à 50 M. A.).

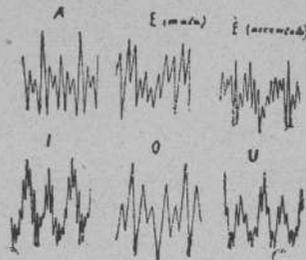


FIG. 16.

Courbe des voyelles de Devaux-Charbonnel.

En parlant normalement au voisinage du microphone, on voit l'aiguille osciller plus ou moins lors de l'émission des voyelles ou des phénomènes les plus intenses ; les mouvements de l'aiguille étant apériodiques, on suit parfaitement, en les observant, les variations de l'intensité vocale. Pour accroître la sensibilité de l'appareil, on applique au milliampèremètre un petit miroir qui tourne autour de l'axe de rotation de l'aiguille et fait tomber sur une échelle lointaine la lumière issue d'une lampe électrique et réfléchié par le miroir.

Les microphones sont plus ou moins sensibles aux diverses voyelles, et chacun d'eux possède un maximum de sensibilité pour des régions déterminées de l'échelle des sons, sous la dépendance de la résonance de la membrane.

Cette méthode, employée par Gradenigo ² pour étudier la voix d'une chanteuse frappée de débilité du registre moyen (ut²-mi²) lui a permis de recueillir des documents importants. Lorsque la cantatrice émettait des sons sur la voyelle *a* en ouvrant

1. A. STEFANINI (*Arch. Ital. d'Otol.*, 1908).

2. G. GRADENIGO et A. STEFANINI (*Arch. Intern. de Lar.*, 1909).

largement la bouche, on observait des excursions du faisceau lumineux fort étendues et qui duraient autant que la note, alors que si la chanteuse émettait péniblement certains sons, le faisceau lumineux avait des excursions restreintes et extrêmement irrégulières.

Ce procédé, plus simple que celui de Marage, peut aider à l'étude et au contrôle du chant.

Membranes libres.

1) *Flammes manométriques.*

Par l'introduction des flammes manométriques de Kœnig, la membrane conserve la liberté de ses mouvements, et il semblerait que les oscillations de la flamme observées avec le miroir rotatif, ou photographiées, devraient fournir des résultats préférables à ceux des méthodes précédentes. Au contraire la flamme ne permet pas de reconnaître les particularités de l'onde sonore. Bien que les expériences effectuées par ce procédé démontrent que la flamme a une allure caractéristique pour chaque voyelle, il est impossible d'en déduire l'exacte composition du son. On peut seulement conclure que pour la voyelle *a* les crans de la flamme sont groupés par trois, tandis qu'ils sont au nombre de deux pour les lettres *e* et *o* qu'il existe une dentelure unique pour *i* et *u*.

2) *Anneaux de fumée.*

Tandis que l'observation directe des flammes de Kœnig est excessivement simple, il est très malaisé de les photographier ; aussi la découverte de Marbe constitue un réel progrès en permettant d'enregistrer directement les vibrations d'une flamme longue et fuligineuse d'acétylène en faisant courir rapidement au-dessus un morceau de papier. Quand elle vibre sous l'action d'un son ou de la voix, la flamme s'allonge et se raccourcit, laissant sur le papier une trace produite par un anneau circulaire de fumée légère mais très nette. Les anneaux qui s'impriment sur le papier se superposent les uns aux autres, et leur distribution et leur écartement, lorsque l'on peut mesurer la vitesse du carton, permettent de déduire la période fondamentale et celle des principales harmoniques du son et de la voix.

L'appareil de Marbe comprend trois flammes manométriques : l'une est commandée par les vibrations d'un diapason (flamme chronographique) pour éviter l'uniformité et évaluer la vitesse

du papier ; la seconde est commandée par le son que l'on étudie ; et la troisième par un petit ballon de caoutchouc sur lequel on frappe afin de fixer sur le papier les points saillants du phénomène.

La comparaison entre les anneaux des deux premières flammes a pour but d'envisager les qualités du son même si le papier est enroulé à la main autour d'un cylindre, mais le mouvement peut s'uniformiser par l'adaptation d'un moteur électrique.

Ce procédé est assez pratique, mais les flammes cessent de

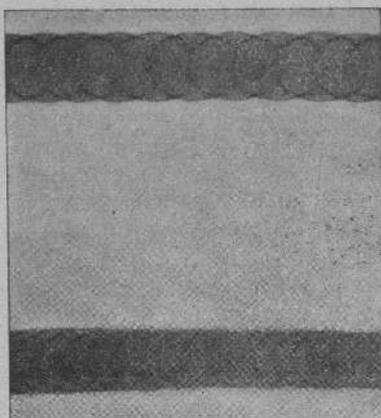


FIG. 17.

Voyelle *i* enregistrée par le procédé de Marbe. A la partie supérieure, on distingue les vibrations d'un diapason fournissant 100 vibrations doubles à la minute ; en bas, on voit les vibrations représentées par des anneaux de noir de fumée correspondant au son fondamental des voyelles émises par le professeur Stefanini.

réagir au delà de 1000 v. d. à la seconde (ut^3).

La fumée abondante qui se dégage de la flamme alors que ses vibrations ne sont pas encore enregistrées, se répand dans la chambre sous une forme désagréable. Stefanini a supprimé cet inconvénient en se servant de flammes très courtes, non fuligineuses, qui laissent sur le papier des traces aussi nettes que les flammes longues employées primitivement par Marbe (Voir figures 17 et 18).

Les anneaux de Marbe se prêtent également à l'enregistrement des vibrations du larynx ou du thorax par l'application d'une capsule spéciale sur la paroi externe de ces organes. Ainsi qu'on

l'a déjà fait remarquer, l'enregistrement simultané des anneaux de fumée obtenus par la voix et les vibrations des parois externes des organes de la phonation, permet de reconnaître si les mouvements de ces organes et de l'air ambiant débutent ou cessent simultanément et s'ils offrent des différences. Certaines expériences préliminaires de Stefanini nous ont mis sur la voie de comparaisons utiles dans les questions de phonétique expérimentales.

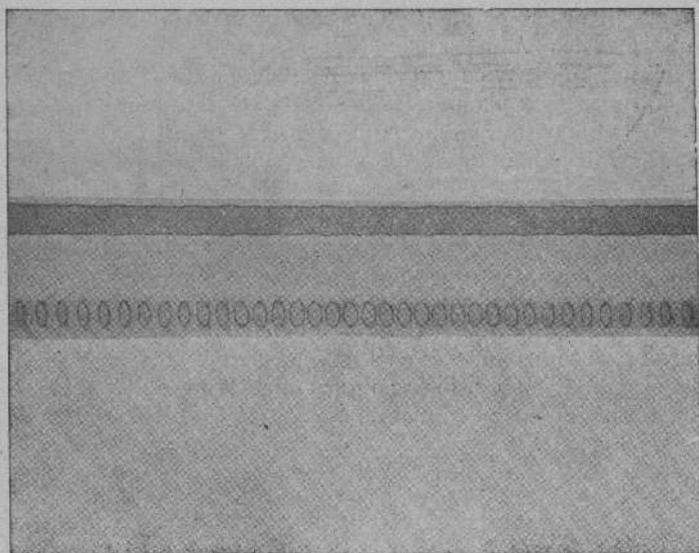


FIG. 18.
Voyelle e avec anneaux de fumée Marbe.

En faisant agir deux sons sur une même membrane, ces anneaux servent aussi à étudier les battements qui sont mis en valeur, même s'ils sont nombreux.

Ce que j'ai déjà énoncé démontre que bien que n'étant pas aptes à l'analyse complète des sons, les anneaux de Marbe se prêtent à la solution de questions de phonétique, telles que l'étude de l'accent musical dans le langage ordinaire¹ et ils peuvent être employés dans les recherches cliniques sur les altérations vocales.

1. PANCONCELLI CALZIA, Die Sprachmelodie (*Med. Pädag. Monats. f. die gesam. Sprachheilk.*, 1891).

β) *Étude directe des vibrations.*

1. *Méthode interférentielle optique.*— Les variations de pression provoquées dans l'air par les ondes sonores sont visibles sans employer des membranes au moyen d'un procédé imaginé par Boltzmann et réalisé par Raps.

Les rayons d'une source lumineuse, rendus parallèles par un système de lentilles, tombent sur une des deux plaques de verre à faces planes et parallèles d'un réfractomètre interférentiel de Jamin, qui les scinde en deux faisceaux parallèles s'entrecroisant avec ceux qui proviennent de la seconde plaque. Dans leur trajet entre les deux plaques, les faisceaux se propagent entre deux tubes distincts, et si dans l'un des tubes on provoque, par un son, des variations de pression, le système des franges d'interférence subit des déplacements d'où l'on peut déduire la nature de l'onde sonore.

2. G. et G. Laudet emploient un autre procédé direct de photographie de la voix sans l'intervention de membranes, mais au moyen de jets d'air comprimé ; les détails de cette méthode n'ont pas encore été publiés. Les belles photographies que MM. Laudet ont montrées en 1908, présentent pour les voyelles des formes analogues, mais non absolument identiques, à celles que l'on obtient par l'emploi de membranes.

3. *Méthode interférentielle acoustique.*— Par cette méthode, inventée par Grütznér et Sauberschwarz, on se sert d'un long tube cylindrique sur lequel sont greffés de nombreux tubes secondaires munis de pistons. Le son ou la voyelle sont émis par l'une des extrémités du tube principal qui mesure quelques mètres et traverse les cloisons de deux chambres ; on le perçoit à l'autre extrémité, assez éloignée pour n'entendre ni le son ni la voix directement. En ajustant la longueur d'un seul ou de plusieurs tubes secondaires, on arrive à éliminer, par interférence, les sons composants dont la longueur d'onde est quadruple du tube ou des tubes accessoires qui fonctionnent.

Par ce procédé, on reconnaît que le caractère d'une voyelle n'est nullement altéré si on en supprime la note fondamentale, tandis qu'il se modifie par la suppression de certaines harmoniques. Ainsi on peut déterminer les sons caractéristiques des diverses voyelles.

On peut également supprimer certaines harmoniques en intercalant une capacité déterminée et des auto-inductions dans le circuit d'un appareil microtéléphonique ; c'est ainsi que Devaux-

Charbonnel a reconnu la possibilité de supprimer le son fondamental et les harmoniques très élevées ou très basses sans altérer notablement la voix, mais les paroles deviennent inintelligibles si l'on supprime les notes d'environ 1200 v. d. à la seconde.

4. *Tubes de Kundt*. — Un tube de verre, parfaitement asséché, fixé en position horizontale et dont la longueur se règle en déplaçant un piston, est parsemé à l'intérieur de liège pulvérisé ou de préférence de lycopode bien sec. On sait que l'air du tube résonnera dès qu'un son sera émis au voisinage de l'extrémité béante, s'il peut se former un système d'ondes stationnaires avec un nœud à une extrémité et un ventre à l'autre. Les nœuds et les ventres de ces ondes seront révélés par la poudre qui s'accumule de préférence dans les nœuds.

Ce procédé ne se prête pas à une véritable analyse des sons et il a servi principalement à nous renseigner sur la période de vibration des sons suraigus, ultramusicaux, et il révèle (comme on peut le faire au moyen des flammes sensibles de Govi ou de Tyndall), l'existence de vibrations aériennes non accompagnées de sons, attendu qu'elles ont des périodes au delà de ceux des sons perceptibles.

b) Au lieu de déduire la longueur de l'onde stationnaire des figures formées par les poudres, on peut les déterminer par l'oreille ou par une flamme sensible. Dans ce but, Hegener a perfectionné un procédé indiqué par Schnebeli et Seebeck et qui consiste à produire la résonance dans un tube de verre à piston mobile conduisant les ondes sonores à l'oreille où à une flamme sensible par un tube qui débouche à angle droit à quelques centimètres de l'extrémité béante. Ainsi on peut déterminer avec précision la position du piston requise pour que la résonance acquière son maximum d'intensité. Pour que ce moyen réussisse il faut que les déplacements du piston s'effectuent rapidement.

La méthode Hegener qui a fourni des résultats importants pour l'étude des sons rendus par le sifflet de Galton, a l'inconvénient de ne pas posséder une sensibilité égale pour tous les sons ; il est évident que cette sensibilité atteindra son maximum lorsqu'un nœud de l'onde stationnaire se formera au point correspondant à la ramification qui transmettra le son à l'oreille. Il faudrait que le point de partage fût déplacé vers l'extrémité béante du tube. Afin d'obvier à cette difficulté, Stefanini a proposé d'étudier les ondes stationnaires en insérant dans un tube cylindrique un autre tube oblitéré à son extrémité par une membrane tendue. En approchant de l'oreille l'extrémité opposée de

ce tube, on peut déterminer les positions pour lesquelles la membrane correspond à un nœud des ondes stationnaires. L'autre oreille étant protégée contre les sons directs, on déterminera la tonalité des bruits engendrés par les oscillations du balancier des horloges et en expérimentant avec des tubes de grand diamètre, on pourrait aussi étudier les sons de la voix et les zones d'interférence dans les locaux ouverts ou fermés.

c) Rubens et Krigar-Menzel se servent d'un tube métallique mesurant 3 ou 4 mètres de long et 8 à 10 centimètres de diamètre, obturé à une extrémité par une membrane; ils ont pratiqué

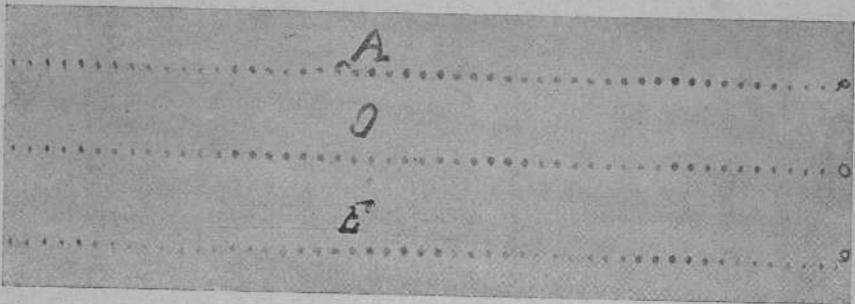


FIG. 19.

Flammes de Krigar-Menzel; les plus marquées sont les plus lumineuses qui correspondent à la longueur d'onde du son fondamental pour les voyelles *a*, *o*, *e* (Stefanini).

le long d'une génératrice du cylindre une série de petits trous, distants de 3 centimètres l'un de l'autre. En faisant aboutir le gaz d'éclairage dans le tube, les flammes s'allument après en avoir expulsé l'air et on règle le gaz, de manière que les flammes d'une hauteur de 1 centimètre environ, soient à peine visibles.

Lorsque devant la membrane, on produit un son prolongé d'une certaine intensité, il se forme dans le tube une onde stationnaire dont les nœuds et les ventres sont reconnaissables d'après la longueur des flammes qui dans l'ensemble dessinent une sorte de sinuosité le long du tube.

En émettant devant la membrane les diverses voyelles, on obtient par les flammes des images caractéristiques qui diffèrent selon les dialectes, mais il faut ajuster, avec un piston, le tube à la longueur voulue pour chaque son.

γ) *Résonateurs.*

Tout le monde est au courant de l'application des résonateurs de Helmholtz à l'analyse des sons musicaux complexes et à l'étude des voyelles. On applique ces résonateurs directement à l'oreille si l'on veut reconnaître l'existence d'un son composé avec lequel le résonateur tomberait d'accord. Si ce son existe, l'air renfermé dans le résonateur entre en vibration, autrement il demeure muet. Si, au contraire, on avait l'idée de rechercher simultanément tous les sons entrant dans la composition de l'onde, il faudrait disposer de nombreux résonateurs accordés sur des notes de plus en plus aiguës, munies de capsules manométriques, et observer les flammes au moyen d'un long miroir rotatif disposé devant la série des résonateurs. Les flammes d'apparence dentelée désigneraient les résonateurs entrant en vibration et l'ampleur des échancrures donnerait une idée de l'intensité relative des notes isolées.

Pour que cette méthode fournisse des résultats probants, il faudrait que le résonateur corresponde à une note unique. Or, si cette condition se vérifie très approximativement pour les résonateurs sphériques, elle n'a aucune valeur pour ceux qui revêtent un autre aspect, qui résonnent fortement pour leur note, mais s'excitent plus ou moins pour de nombreuses notes voisines ou pour leurs harmoniques supérieures ou inférieures.

On se sert généralement de résonateurs cylindro-hémisphériques, de capacité variable, du type Kœnig, du modèle cylindrique à lunette de Schaefer ou du sphérique à ouverture variable d'Edelmann. Seuls quelques-uns de ces instruments permettent d'obtenir une série de notes fort étendue, dépendant du changement de longueur du résonateur ou de la dimension de son orifice.

δ) *Diapasons.*

a) Stefanini ¹ a démontré que l'on pouvait surmonter les difficultés imputables à la résonance multiple des appareils ordinaires en employant des diapasons montés sur des caisses de résonance.

Ainsi le son du diapason fixé sur la caisse est excité et persiste même après cessation du son excitateur, à condition que celui-ci soit à l'unisson du diapason.

Si l'on disposait d'une série de diapasons montés sur des

1. *Arch. Ital. d'Otol.*, 1911.

caisses de résonance, d'une sensibilité égale, les notes caractéristiques de chaque voyelle seraient révélées par ces diapasons qui entreraient en résonance si la voyelle était émise à proximité.

b) On s'est aussi servi du procédé de la résonance pour l'étude des voyelles, en remarquant quels sont les diapasons dont le son est renforcé s'ils viennent approchés à la bouche lorsqu'elle s'apprête à prononcer une voyelle.

Plus de vingt expérimentateurs ont eu recours à cette méthode, mais il n'en est pas deux qui soient arrivés aux mêmes résultats pour toutes les voyelles; ainsi pour l'o on va du sol (Bourseul) à l'ut³ (de Zahn). Ces divergences s'expliquent aisément par la variété des différents dialectes, mais comme presque tous n'ont signalé qu'une note ou deux au plus comme harmoniques caractéristiques, on conçoit que ce procédé ne fournisse que des données fort incertaines.

ε) *Étude directe par l'oreille.*

L'oreille humaine, ce merveilleux et incomparable instrument de physique, permet de discerner et d'analyser avec précision les sons, même très faibles lorsque l'organe est exercé à ces recherches. Il suffit de remémorer que Helmholtz avait réussi, aidé seulement de l'ouïe à reconnaître les harmoniques d'un son composé. Dans la pratique, l'expérimentateur s'aide avec un piano ou un harmonium, mais il peut aussi se contenter d'un sifflet à plusieurs notes construit pour les chanteurs ou d'un diapason ordinaire. La constatation et la numération des *battements* aident à déterminer la tonalité exacte d'un son.

A l'état pathologique, l'oreille peut aussi être utilisée pour établir tout au moins approximativement la hauteur des sons. Certaines affections de l'organe auditif sont susceptibles de provoquer des lésions circonscrites à des zones déterminées que l'on décele au moyen des diapasons.

Bezold ayant examiné soigneusement de nombreux sourds-muets conservant encore des vestiges d'audition, a pu établir que pour percevoir la voix parlée il suffisait que le malade eût conservé un certain degré d'audition pour les tons compris entre le si bémol¹ et le sol². Cette zone comprend évidemment les notes principales qui caractérisent les phénomènes de la voix.

Ainsi qu'il a été dit, nous sommes encore insuffisamment documentés sur les caractéristiques des différentes voyelles,

mais nous pouvons déduire par à peu près que la voyelle *u* est la plus basse, viennent ensuite par ordre de tonalité les *o*, *a*, *e*, tandis que la voyelle *i* est la plus aiguë. M. Gradenigo pu vérifier à plusieurs reprises sur des malades atteints d'affections auriculaires que lorsque l'examen au diapason révélait une lésion auditive affectant surtout les sons graves, c'était la voyelle *u* qui était particulièrement mal perçue, tandis que l'*i* était en cause pour les sons aigus.

ζ) *Étude des vibrations de l'air à l'intérieur de la cavité.*

Pour étudier les vibrations de l'air à l'intérieur de la bouche, il convient d'y insérer un tube et de recueillir les vibrations à l'aide d'une capsule manométrique dont la membrane est munie d'un miroir ou d'un levier enregistreur.

Katzenstein a étudié de cette façon les vibrations des cordes vocales au moyen de l'appareil de Martens en introduisant un tube jusqu'à la glotte pour éliminer les vibrations de l'air renfermé dans la bouche.

Les courbes ainsi obtenues sont sinusoïdales pour la voix de conversation, mais la première octave fondamentale est très faible pour la voix de fausset. En tamponnant les cavités de résonance de la bouche et du nez, la courbe de la voyelle *a* n'est nullement changée, mais on observe certaines modifications dans les courbes des *o* et des *u*. Ainsi les cavités nasales renforceraient de préférence les harmoniques inférieures. Les harmoniques sont plus nombreuses dans le registre de poitrine que dans la voix de fausset.

Considérations sur les résultats obtenus par les méthodes acoustiques précédentes.

Si l'on pouvait effectuer dans de bonnes conditions des recherches avec les résonateurs, ce serait le meilleur moyen de se renseigner sur les composantes élémentaires et sinusoïdaux des sons complexes.

On a vu comment, à l'aide de diapasons montés sur des caisses de résonance, on pouvait déterminer les harmoniques constituant les sons des voyelles ; mais le même procédé permettrait d'assigner la période de la note fondamentale en se servant du diapason pour la recherche de la voix à l'unisson pour les diverses voyelles. Ce mode d'investigation s'adapte aisément à une oreille exercée à la musique et pour s'aider, on peut avoir recours aux battements qui sont perçus au voisinage de l'unis-

son, alors que la voyelle est soutenue en présence d'un diapason vibrant avec une intensité à peu près égale.

Par malheur, cette méthode est plutôt théorique que pratique, attendu que les diapasons nécessaires font défaut, ceux que l'on trouve dans le commerce étant peu utilisables en raison de leur absence de sensibilité pour les recherches de cette catégorie.

Aussi l'attention des observateurs s'est-elle concentrée presque uniquement sur les tracés obtenus par les divers procédés d'enregistrement signalés plus haut. Mais nous avouons que cette entreprise est ardue et que les conclusions adoptées quant à présent ne sont que plus ou moins approximatives.

Comme nous l'avons déjà laissé entrevoir, l'existence de membranes fausse plus ou moins les résultats, soit qu'elles introduisent des éléments étrangers, soit qu'elles en suppriment quelques-uns contenus dans l'onde sonore examinée. On reconnaît la véracité de ces faits en comparant les meilleures courbes obtenues pour le même son, à l'aide d'un instrument ou de la voix, par plusieurs auteurs.

Struycken est arrivé à des résultats très probants avec son appareil qui lui permet de photographier jusqu'à 20.000 v. d. à la seconde, et les voyelles aphones, les consonnes, les diptongues, etc. Il a réalisé de splendides photographies des vibrations d'un diapason sur lesquelles on discerne nettement, outre la note fondamentale, certaines harmoniques, ce qui milite en faveur de la sensibilité de l'appareil. Le fait qu'en modifiant la tension des deux membranes qui le constituent, c'est-à-dire en les accordant avec des tons de hauteur variable, il est réussi à ne photographier que certains sons d'un ensemble complexe, démontre à l'évidence que les membranes ne peuvent rendre l'image fidèle d'une onde complexe.

Il est difficile d'indiquer l'influence exercée par les membranes sur l'étude des sons, si on les envisage séparément, attendu qu'on ne peut certifier que le son adopté pour les expériences successives soit toujours le même. On se contentera de savoir que l'ampleur des vibrations de la membrane n'est nullement proportionnée à l'intensité du son, mais qu'elle s'exagère pour les notes correspondant aux vibrations propres de la membrane (résonance) ; il appert de là qu'il faut employer des membranes dont les vibrations diffèrent notablement de celles qui composent le son étudié.

Au sujet de l'influence des membranes, on consultera avec fruit un récent article de l'abbé Rousselot¹ dans lequel il envi-

1. *Revue de Phonétique*, I, fasc. 3. p. 201, 1911.

sage surtout l'action des tubes qui transmettent le son de la source à l'appareil enregistreur.

Pour vérifier l'influence exercée par la membrane sur le caractère de l'onde, Stefanini s'est servi des anneaux fumés de Marbe. Il a creusé dans une tablette de bois deux cavités circulaires égales, dont l'une fut couverte avec un morceau de papier et l'autre à l'aide d'une pellicule de collodion riciné. Ces cavités tenant lieu de capsules manométriques, et étant réunies par deux becs de l'appareil Marbe, Stefanini a examiné les anneaux de fumée produits lors de la production du son ou de la prononciation d'une voyelle ou d'une syllabe, en proximité du système des deux capsules, de manière à ce que la source sonore fût dans une position symétrique par rapport aux deux membranes.

L'expérience enseigne que la forme, la distribution et la durée des anneaux sont différentes sur les deux tracés.

Avec les anneaux de fumée, Stefanini a révélé l'influence des tubes adducteurs des ondes, en faisant communiquer par des tubes inégaux deux flammes de Marbe avec une capsule manométrique unique.

En dépit de toutes ces complications, quant à présent nous devons baser notre opinion uniquement sur les tracés relevés d'après des membranes.

Il est vrai que ces dernières ne jouent aucun rôle dans la méthode optique interférentielle ni dans celle de Laudet; mais peu d'expériences ont été effectuées d'après ces procédés qui ne sont pas entrés dans la pratique courante vu leur application malaisée et le coût excessif des appareils.

Lorsque la courbe est réalisée, il faut en interpréter la signification, ce qui offre beaucoup de difficultés, à moins qu'il ne s'agisse d'une courbe sinusoïdale simple.

Au cas où le tracé n'affecte pas la forme sinusoïdale, il reste à savoir quelles sont les formes simples dont elle est résultée. Ce résultat s'obtient grâce au fameux théorème de Fourier qui permet de démontrer qu'une fonction périodique quelconque peut être envisagée comme la somme de deux séries de sinus et de cosinus d'arcs multiples entiers de celui qui correspond à la période de la fonction.

Cette décomposition exige des calculs prolongés; mais nous possédons des moyens adaptés à l'obtention des premières harmoniques et parmi ceux-ci le meilleur est celui proposé par Hermann qui a confectionné des tables spéciales et des cartons perforés destinés à faciliter les calculs et à réduire au minimum les causes d'erreur.

Au lieu d'analyser la courbe en se servant du calcul par le théorème de Fourier, Devaux-Charbonnel conseille l'emploi d'un procédé géométrique inverse de celui que l'on applique pour tracer la courbe résultante de plusieurs courbes sinusoïdales. On procède ainsi qu'il suit : par un agrandissement photographique de la courbe, on reconnaît que les dentelures de la courbe sont également distancées et correspondent à un égal nombre d'harmoniques que l'on pourrait éliminer sitôt qu'on en connaîtrait l'amplitude. En effet, il suffirait de retrancher de cette ampleur les degrés de sommets les plus accentués pour obtenir des points de la courbe sous-jacente que l'on compléterait aisément. Ce résultat est promptement acquis et l'on obtient une nouvelle courbe privée de cet harmonique mais qui présente encore des sommets très distincts ; en opérant cette dernière on réalise rapidement une courbe qui ne représente plus que le son fondamental.

Nous possédons des appareils aptes à décomposer mécaniquement les éléments sinusoïdaux d'une courbe, basés sur la méthode graphique de décomposition harmonique préconisée par Clifford. On en trouve dans le commerce qui sont d'une application commode, celui de Mader par exemple.

Afin de tirer des indications précises de l'analyse de ces tracés, il faut suivre le procédé de Struycken pour contrôler l'appareil au moyen des sources sonores bien définies. Struycken remplace l'entonnoir dans lequel on parle, par une plaque avec un orifice de 1 cm^2 et il fait vibrer devant cette ouverture des diapasons de hauteur variable, puis il note l'ampleur des oscillations de la courbe obtenue au moment où les diapasons atteignent une amplitude fixée à volonté, à 10μ généralement. De cette façon, on remarque que les membranes de l'appareil ne réagissent pas également pour toutes les notes ; tandis que pour le diapason sol^1 , la courbe a l'amplitude de $0,1 \text{ mm.}$, pour sol^2 elle est de $0,3$, pour sol^3 , de $0,7$, pour sol , de $0,2$, etc. Ces données permettent de corriger les résultats de l'analyse mathématique et l'ampleur de la courbe photographique facilitera l'évaluation de l'amplitude effective de la vibration de l'air dans le son étudié, A défaut de ces corrections, les tracés fournis par les membranes peuvent nous induire en erreur, attendu qu'il n'est pas toujours exact que la note à laquelle l'analyse mathématique de la courbe d'une voyelle assigne l'ampleur d'oscillation la plus grande doive être considérée comme la *formante* de cette voyelle.

SECONDE PARTIE

Applications de la phonétique expérimentale à la pathologie et à la thérapeutique de l'organe vocal,

par G. GRADENIGO ¹.

Les applications de la phonétique sont très nombreuses, elle s'adapte aux vices de la parole, envisagés non seulement en eux-mêmes, mais comme l'expression de troubles généralisés et surtout de maladies du système nerveux; il suffit de savoir que la complexité et la délicatesse de l'appareil nerveux et musculaire qui préside aux mouvements de la parole peuvent être comparées à la complexité et à la délicatesse de l'appareil nerveux et musculaire annexé à l'organe visuel. Il faut d'abord analyser soigneusement les altérations de la voix chantée avant d'entreprendre un traitement efficace.

Gutzmann qui est un champion déclaré de la phonétique, possède aussi des qualités de vulgarisateur émérite et il expose avec force détails, dans un article basé sur son expérience personnelle ² la manière d'employer les instruments enregistreurs en rhino-laryngologie. *Gutzmann* a fait établir par la maison E. Zimmermann, de Leipzig, un kimiographe succinct — *Appareil enregistreur de voyage, sans tambour*, — qui ne pèse que 3 kilos et se distingue du kimiographe véritable en ce que l'enregistrement s'effectue sur un rouleau de papier déjà noirci mesurant 25 mètres, se déroulant sous les appareils qui inscrivent au moyen d'un mouvement d'horlogerie uniforme ou pouvant être développé avec la main, si l'on désire accélérer les mouvements ³. Bien entendu, on peut adapter les *trois appareils enregistreurs*

1. Voir *Archives*, t. XXXV, 812; t. XXXVI, pp. 154, 476, 798; t. XXXVII, p. 156.

2. GUTZMANN, Die Registrierung in der Praxis der Rhino-laryngologen (*Zeits. f. Lar. u. Rhin.* Vol. V, fasc. 4, 1912).

3. L'instrument est basé sur le même principe que le *nystagmographe* de Buys, et Gradenigo a été très satisfait de son emploi.

de l'instrument pour différents enregistrements suivant les instruments avec lesquels on les met en rapport : Gutzmann accorde la préférence au dispositif des deux courbes respiratoires thoracique et abdominale, et du tracé des vibrations laryngiennes recueilli à l'aide de capsules spéciales. Il convient de noter, incidemment, que l'usage du papier glacé noirci par la méthode de Zimmermann, supprime un des principaux inconvénients de l'enregistrement des vibrations du larynx, consistant dans la notable résistance que le papier ordinaire fumé oppose aux mouvements délicats du levier enregistreur ¹. Le temps est inscrit sur le papier, grâce à un mouvement d'horlogerie qui indique un cinquième de seconde. L'appareil imprime deux vitesses au papier, l'une de 10 mm., l'autre de 25 mm. à la seconde, mais nous répétons qu'au moyen de plusieurs petits artifices, on peut accroître notablement cette vélocité, surtout pour l'enregistrement des vibrations locales.

Les tracés obtenus sont rapidement fixés par l'emploi d'une faible solution de celloïdine dissoute dans l'alcool et l'éther.

On a préconisé l'emploi d'instruments enregistreurs des troubles de la parole et du chant, non seulement dans un but diagnostique, mais encore ultérieurement pour comparer l'allure des phénomènes morbides et pour la démonstration objective de l'efficacité du traitement, d'autant qu'il s'agit fréquemment d'affections justiciables d'un traitement prolongé. A ce point de vue le phonographe est susceptible de rendre de réels services, qu'ainsi que l'affirme Breitung, cet instrument a la propriété d'exagérer jusqu'à la caricature les anomalies de la voix.

Après avoir passé en revue les principaux modes d'examen et de traitement, nous nous bornerons à considérer les applications de la phonétique expérimental au point de vue de la pathologie et du traitement de l'organe vocal, en renvoyant les lecteurs désireux d'en savoir davantage, à la copieuse littérature du sujet et à l'exposition faite par Gutzmann dans un récent ouvrage ². Nous distinguons :

1) *Les déformations de la parole en cas de surdi-mutité et de surdité grave acquise.*

2) *Les aphasies, les troubles de la parole chez les sujets déficients; le mutisme sans surdité.*

3) *Le bégaiement et la blésité.*

1. Voir ci-dessus.

2. *Sprachheilkunde*, 2^e édition allemande avec 131 figures dans le texte, Fischer, éditeur, Berlin, 1912. Cet ouvrage contient de nombreuses indications bibliographiques.

4) *Les altérations fonctionnelles de la voix (phonasthénie, mogiphonie).*

5) *Les dyslalies d'origine mécanique périphérique.*

6) *Les altérations de la parole et du langage, symptomatiques d'affections du système nerveux.*

1. *Les déformations de la parole chez les sourds-muets et en cas de surdité grave acquise.*

On n'ignore pas que des impressions sensibles périphériques aboutissant aux centres de trois voies principales aident au développement du langage et à son contrôle dans le premier âge : la voie auditive est la plus importante, c'est elle qui préside à la formation de la parole, puis viennent la voie visuelle et la voie cinesthésique (sensations de contact, de position, de mouvement des organes phonatoires). On comprend la grande valeur de la voie acoustique par rapport aux deux autres voies au point de vue de la formation du langage chez l'enfant, en considérant l'imperfection de la parole quand elle est obtenue seulement par l'emploi des deux autres voies. Ainsi que le fait observer justement Gutzmann, notre perception visuelle de la parole dépend toujours un de l'audition ; au cas où cette dernière fait défaut, la perception visuelle en souffre, aussi chez les enfants sourds-muets non instruits, nous pouvons noter l'observation de la mimique, des mouvements, des gestes des personnes environnantes et éventuellement de la bouche de l'interlocuteur ; mais ils sont incapables de percevoir spontanément les divers éléments de la parole, ni de différencier les mouvements isolés que les enfants doivent distinguer afin de les reproduire. Les sourds-muets qui ont appris à parler en lisant sur les lèvres, présentent au point de vue phonétique, deux caractéristiques principales en ce qui concerne les mouvements articulaires et ceux de la respiration qu'ils effectuent pour parler, vu que ces mouvements se ressemblent toujours du procédé artificiel par lequel ils ont été inculqués. Chez les enfants sourds-muets, les mouvements des mâchoires, des lèvres, de la langue et du plancher buccal, lors de l'articulation de la parole, qui peuvent être étudiés sur les tracés, apparaissent très amples et exagérés : il est évident que le sourd-muet fait un effort supérieur à celui de l'entendant pour parler. Les mouvements respiratoires présentent aussi une grande irrégularité lors de la phonation. Tandis que la respiration calme est régulière et se rapproche de celle des sujets

normaux, les inspirations associées à la parole sont brèves et fréquentes, et il existe une incoordination marquée entre les mouvements du thorax et ceux du diaphragme.

Pour les enfants chez lesquels la surdité s'est manifestée alors que la parole était déjà suffisamment développée, les anomalies qui accompagnent les mouvements respiratoires en parlant sont à peine dessinées, alors qu'elles sont très manifestes dans la surdité congénitale. La divergence entre les tracés dans les formes de surdité congénitale et acquise est ordinairement si accusée que l'on est presque toujours en état de discerner à l'examen d'une courbe respiratoire, si un enfant est atteint de surdité congénitale ou s'il est devenu sourd après sa naissance. Cette distinction est fort importante, si l'on songe aux difficultés que présente souvent la différenciation basée uniquement sur l'anamnèse et sur l'examen des organes auditifs.

2. *Les aphasies, les troubles de la parole chez les anormaux; le mutisme sans surdité.*

Nombreux sont les troubles de la parole d'origine centrale, dus à des altérations de l'appareil conducteur des sons, au-dessus des noyaux des nerfs crâniens et dans leurs centres respectifs. La question de la genèse et de la nature des aphasies sort du cadre de notre sujet.

Pour l'éducation, ou plutôt la rééducation de la parole chez les malades ressortissant à cette catégorie, il faut tâcher de leur apprendre à tirer parti de leurs organes sensoriels, afin qu'ils puissent retenir un vocabulaire suffisant. Chez les aphasiques affectés d'hémiplégie du côté droit, Gutzmann recommande l'exercice de l'écriture par la main gauche qui constitue un subsidiaire utile pour l'articulation des sons. dans la plupart des cas d'aphasie sensorielle la voie optique persiste : il convient alors d'enseigner méthodiquement la lecture de la parole sur les lèvres.

Lorsque les enfants arriérés éprouvent une certaine difficulté à parler, on favorisera le développement intellectuel de ces déshérités, on améliorera leur existence matérielle et on veillera à ce que les organes respiratoires et vocaux soient suffisamment exercés.

Le mutisme sans surdité (*audi-mutitas, Hörstummheit* des Allemands que par opposition à la surdimutité, nous pourrions désigner sous l'appellation de *mutisme auditif*) est parfois d'origine hystérique et ce n'est pas le cas d'insister ici sur les traitements appropriés. Il advient aussi que le mutisme auditif

dépend d'une insuffisance de développement des centres de la parole et qu'il est associé à des lacunes intellectuelles. Nous sommes toutefois dans l'incapacité absolue d'expliquer la pathogénie des cas de mutisme alors que l'audition subsiste et que l'intelligence est normale.

Dans les cas de ce genre, contrairement aux idées généralement admises, il est inutile de faire répéter automatiquement des mots aux enfants qu'il faut au contraire exercer à la prononciation des phonèmes et des paroles à l'âge de 4 ou 5 ans en se servant des procédés de la phonétique moderne.

3. *Bégaiement, blésité.*

L'application méthodique de la phonétique expérimentale permet de recueillir une ample moisson de faits inhérents à la physiopathologie du *bégaiement*. On a reconnu que cette névrose caractéristique était imputable non seulement aux organes de la phonation et de l'articulation, mais encore aux organes respiratoires et cette constatation a une valeur énorme au point de vue thérapeutique. Les tares fonctionnelles ont été étudiées et enregistrées très minutieusement et on a contrôlé avec soin les résultats des diverses méthodes curatives.

D'après la définition classique de Kussmaul-Gutzmann, le *bégaiement* constitue une névrose spasmodique de coordination des mouvements de la parole en partie de nature centrale et périphérique; il s'agit de spasmes toniques et cloniques se manifestant lorsque le malade veut parler. En ce qui concerne les mouvements articulatoires, les crampes musculaires peuvent surgir dans les trois sièges principaux de l'articulation, sur les lèvres, à la pointe et à la base de la langue. On distingue très nettement les spasmes sur les tracés. Les spasmes des muscles respiratoires ont une valeur reconnue dans la détermination du *bégaiement*; souvent à la suite d'une inspiration rapide, le *bègue* expulse tout d'un trait l'air des poumons avant de parler et tente ensuite de s'exprimer avec le peu d'air résiduel. Les tracés de l'air expulsé à travers le nez permettent d'étudier les mouvements anormaux respiratoires des *bègues*, pendant qu'ils parlent mieux que par le pneumographe et l'enregistrement des mouvements de l'air au sortir de la bouche qui souvent demeure close par un spasme au cours des efforts phonatoires. Ordinairement dans ces malades la respiration tranquille est normale, alors qu'on observe toujours des anomalies quand ils parlent. On remarque aussi

que la respiration est plus rapide, et les actes respiratoires plus fréquents que chez les sujets normaux lors de l'émission de la parole.

Pour compléter le tableau du bégaiement, concourent les spasmes concomitants de divers groupes musculaires et en particulier de ceux des membres.

Le traitement du bégaiement est représenté surtout par les exercices des organes de la parole par le procédé physiologique ; on enseignera au malade la respiration, l'émission des sons laryngiens, l'articulation correcte des différents phonèmes. Gutzmann insiste justement sur ce que le bègue doit se rendre compte du but à atteindre par les excitationes. De cette manière en résulte aussi une sorte de thérapeutique psychique très efficace.

L'aphlogie ou *aphonie spasmodique* qui offre une grande analogie avec le bégaiement est justiciable du même traitement ; à chaque tentative de phonation, les muscles qui ferment la glotte se contractent et le son fait défaut pendant un laps de temps plus ou moins prolongé.

La blésité consiste en la prononciation défectueuse des différents phonèmes, si par exemple, on prononce mal les lettres *s*, *l* et *r* on se trouve en présence de plusieurs formes de *sigmatisme*, de *lambdacisme*, de *rotacisme*, etc.

Si le phonème au lieu d'être simplement mal prononcé est remplacé par un autre phonème, que la lettre *r*, fasse place au *d*, ou à la lettre *l* il s'agit de *pararotacisme* et par analogie, de *paralambdacisme* et de *parasigmatisme*. Ce défaut peut s'étendre aussi aux voyelles, il advient par exemple que les voyelles acquièrent une résonance nasale ou soient prononcées d'une manière imparfaite, aussi l'o peut se substituer à l'u, etc.

Même pour la blésité, la connaissance exacte du siège et des particularités de l'articulation normale des voyelles et des consonnes, dérivant des recherches expérimentales, a permis de recourir à une thérapeutique rationnelle, parfois rapidement efficace. Il suffit en effet que le sujet se rende compte de la position exacte des lèvres, de la langue et du maxillaire pour s'exercer à la prononciation correcte du phonème qu'il émet imparfaitement, pourvu qu'il soit bientôt en état de le prononcer correctement et qu'il se corrige définitivement de sa blésité. On aura recours également à certains artifices de technique instrumentale pour guérir ce défaut. Contre la *voix eunuchoïde*, il suffit souvent d'expliquer au malade le ton sur lequel il doit s'exprimer, eu égard à l'étendue de la voix et à la longueur des cordes vocales.

4. *Les altérations fonctionnelles de la voix*
(*phonasthénie, mogiphonie*).

Les applications de la phonétique expérimentale trouvent un champ très étendu dans les altérations fonctionnelles de la voix réunies sous l'appellation de phonasthénie, en l'absence de lésions mécaniques grossières aptes à leur production. Cette forme morbide a fait l'objet d'une étude soigneuse de Flatau.

Les causes et les symptômes de la phonasthénie sont très nombreuses et variables : mais il ne faut pas croire à l'absence totale de lésions organiques si la voix est faible ou absente. Ces manifestations ne remplissent d'ordinaire qu'un rôle secondaire dans la production des phénomènes morbides, et ils doivent être envisagés plutôt comme la conséquence que comme l'origine de la phonasthénie. Parmi les altérations ressortissant à cette catégorie, on peut citer la rougeur et la tuméfaction du pharynx, l'hypertrophie des cordons latéraux pharyngiens, la rougeur de l'épiglotte et des aryténoïdes, la tuméfaction de la paroi postérieure du larynx, l'aspérité, la rougeur des cordes vocales diffuse ou limitée à certaines zones, une légère parésie des thyro-aryténoïdiens internes, l'action compensatrice des fausses cordes durant la phonation, etc.

Les symptômes subjectifs embrassent, outre la propension à la fatigue vocale, une sensation de picotement, de prurit de la gorge, de toux irritante, de spasmes de la déglutition, de la sécheresse et des brûlures de l'isthme pharyngien, une raucité confinant à l'aphonie, etc.

On distingue les altérations de la *voix parlée* (chez les orateurs, les instituteurs, les artistes dramatiques, etc.); de la *voix de commandement* (officiers, employés de chemins de fer, etc.) de la *voix chantée chez les artistes* qui se destinent au théâtre.

Nous ne pouvons nous appesantir sur les détails ; qu'il suffise de dire que pour soigner ces maladies, il convient de se livrer à une enquête exacte et minutieuse et d'employer tous les moyens diagnostiques favorisés par les progrès de la phonétique expérimentale.

On n'oubliera pas que la tonalité de la voix parlée se trouve d'ordinaire à la limite inférieure de l'extension de la voix chantée et, d'après Gutzmann, oscille pour le sexe masculin du *la* au *mi* (de 108 à 162 vibrations doubles) et atteint chez la femme une octave supérieure du *la* au *mi'* (de 217 à 325 vibrations doubles). La voix de commandement est plus élevée d'une

octave que la voix parlée ordinaire. Pour le chant il faut que le sujet soit en état de maintenir constamment une tonalité donnée ou l'intensité d'une note, alors on étudiera l'attaque de la voix et la manière dont se comportent les divers registres, etc.

De nombreuses méthodes thérapeutiques sont appliquées à la correction de la phonasthénie, concurremment avec le traitement médicamenteux général adapté à chaque cas en particulier. On effectuera des mouvements actifs ou passifs de compensation du larynx, de la bouche et des lèvres ; pour la voix chantée on veillera à ce que l'émission soit correcte. Gutzmann a fait construire plusieurs diapasons mus par l'électricité qui embrassent deux octaves, du *la* de l'octave principale avec 108 vibrations jusqu'au *la'* ou *la* d'orchestre à 435 vibrations doubles embrassant toute l'étendue des tons des voix masculines et féminines. Au moyen d'une capsule, les vibrations du diapason sont transmises à deux autres capsules qui trouvent à droite et à gauche des points d'appui sur le larynx ; tout d'abord on fait entendre au malade la note qu'il doit émettre et on met l'appareil en mouvement ; au cas de légères divergences de tonalité entre la note objective et la voix chantée, c'est-à-dire dans le nombre des vibrations, on perçoit des battements ; tantôt les vibrations ont une délicatesse extrême au point que le sujet les perçoit difficilement tandis que les battements ont une intensité marquée et sont nettement perçus. De cette façon, le malade est exercé à conserver une intonation correcte.

Flatau s'est servi d'un appareil plus compliqué pour associer dans le traitement de la phonasthénie l'action sur le larynx des vibrations acoustiques au moyen d'applications faradiques.

Le nombre des pulsations mécaniques et des interruptions de courant électrique appliqué au larynx égale le nombre des vibrations de la note que le malade émet simultanément ².

Le repos de la voix est d'une importance capitale pour la cure de la phonasthénie. D'abord on aura recours à l'examen objectif avec l'aide éventuelle de la stroboscopie, puis à l'examen fonctionnel de la voix qui permettra de rechercher l'origine de la dysphonie.

On traitera chirurgicalement les lésions anatomiques grossières des cordes vocales ; si ces lésions se bornent à la rougeur ou à l'infiltration modérée des cordes, à de petits nodules implantés sur leur bord libre, on peut se dispenser des moyens chirurgicaux, puisque la suppression des troubles fonctionnels suffit généralement à enrayer les accidents imputables à des anomalies de fonctionnement. Il faudra tenir compte de l'étiologie et en

particulier de l'exercice immodéré et défectueux de l'organe vocal pour la parole et le chant. Tous les auteurs s'accordent sur ce point et Biaggi a eu le mérite d'insister sur la nécessité de régulariser la respiration en signalant au malade, à l'aide de tracés pneumographiques, les défectuosités de sa respiration.

Bien entendu, il faudra tenir compte également des causes générales pouvant influer sur les manifestations phonasthéniques et qui devront être combattus.

5. *Les dystalies d'origine mécanique périphérique.*
a) *Dystalie laryngienne.*

Cette dystalie est provoquée le plus souvent par une paralysie, ou par l'absence d'une des cordes vocales compensée en partie par l'action vicariante de la corde vocale saine. Afin d'aider à cette compensation, il suffit d'exercer une pression sur le chanton du cartilage thyroïdien du côté de la corde paralysée, de manière que celle-ci soit portée vers la corde saine. Ainsi la voix peut être tout à fait claire, surtout si l'on invite le sujet à s'exprimer sur une tonalité plus aiguë que celle qu'il emploie d'ordinaire, pour l'homme, elle oscille de l'*ut*¹ au *mi*¹.

Brünings a proposé récemment d'injecter de la paraffine à l'intérieur des tissus de la corde paralysée, dans le but de la faire déborder au delà de la ligne médiane vers la corde saine. La difficulté de technique mise à part, il semble douteux que cette intervention permette d'obtenir un rebord suffisamment lisse de la corde vocale injectée qui, adossée à la marge de la corde saine, peut être de quelque utilité pour la phonation.

On remarquera que dans les cas de ce genre, l'action vicariante de la corde vocale saine n'est jamais assez parfaite pour émettre la voix de commandement.

Lorsque les deux cordes vocales vraies sont détruites partiellement ou en totalité par un processus morbide, il s'établit un certain degré de compensation avec l'émission d'un son vocal, soit par le rapprochement des fausses cordes, soit par la constitution d'un espace restreint entre l'épiglotte et les arytépoïdes. En telle occurrence la voix est toujours rauque et défectueuse.

Il est intéressant de savoir ce qui se produit lorsque le larynx fait complètement défaut chez les sujets qui ont subi l'ablation de cet organe pour un cancer ou chez ceux qui à la suite de lésions cicatricielles graves souffrent d'une occlusion totale de l'orifice laryngien s'opposant au passage de l'air des poumons.

Ces malades s'habituent aisément à prononcer les consonnes et il en résulte une sorte de voix aphone, ils profitent de l'air qu'ils émettent par les mouvements des joues ou en élevant la base de la langue contre le palais.

L'émission des voyelles isolées ou initiales des paroles est très pénible par ce mécanisme, et la prononciation des voyelles est subordonnée à celle des consonnes. La voix des laryngectomisés est si faible qu'il est presque impossible de la percevoir à distance, pourtant les malades ayant subi une laryngectomie peuvent se servir d'une autre voix dénommée *pseudo-voix* par les Allemands et qui s'acquiert grâce à un exercice prolongé.

Cette seconde catégorie de voix provient d'un dépôt aérien dans l'hypopharynx, c'est-à-dire dans l'espace où était situé le larynx ou encore dans la région inférieure du pharynx buccal. Cet espace peut être dilaté activement par l'action des muscles de façon que l'air de la bouche y soit attiré parfois par une rumeur caractéristique. Il suffit de l'existence d'un passage restreint au-dessus de ce dépôt aérien pour que la voix soit assez forte pour être perçue à distance, attendu que l'articulation de la parole subsiste dans son intégrité chez ces malades.

Des exercices méthodiques, effectués sous la direction de personnes au courant des lois de la phonétique, sont nécessaires pour que le malade s'exerce à parler.

b) *Dyslalie pharyngienne et nasale.*

L'hypertrophie de l'amygdale pharyngienne, les *végétations adénoïdes*, s'opposant au passage de l'air de la phonation à travers le nez, engendrent la *voix morte* ou *rhinolalie fermée*.

La *rhinolalie ouverte*, c'est-à-dire le passage anormal de l'air par le nez lors de l'émission des phonèmes buccaux, reconnaît des causes variées : parmi celles-ci, les plus répandues sont la parésie ou paralysie du voile palatin, soit consécutive à une angine diphtérique, soit à la suite de lésions des nerfs moteurs pharyngiens, l'insuffisance congénitale vélopalatine par excès de brièveté de la voûte palatine, bien décrite par Lermoyez, les anomalies de développement ou les lésions de continuité congéniales ou acquises du voile et de la voûte du palais. Ainsi que le fait observer Stern, chez un même individu, les végétations adénoïdes peuvent engendrer simultanément des manifestations de rhinolalie ouverte et fermée, autrement dit, une *rhinolalie mixte*. Cette dernière forme est due au fonctionnement déficieux du voile palatin, alors une partie des phonèmes buc-

caux offre un caractère nasal, tandis que ceux du nez présentent les particularités observées dans la rhinolalie fermée.

Les méthodes de phonétique expérimentale nous permettent de reconnaître les cas les plus bénins d'insuffisance vélopalatine, de mesurer, grâce au procédé simple et génial de Gutzmann la force de contraction du voile palatin, d'envisager dans chaque cas en particulier, les modalités de fonctionnement du voile lors de l'émission des différents phonèmes. Indubitablement ces moyens éclaireront d'un jour nouveau la physiopathologie des muscles palatins si importante au point de vue de la pathologie nerveuse. La méthode graphique permet d'étudier avec précision toutes les formes d'insuffisance nasale respiratoire.

Le traitement des anomalies de fonctionnement du voile palatin consistera principalement en massages du palais, en applications électriques et en rééducation fonctionnelle.

c) *Dyslalie linguale dentaire et nasale.*

Au cas où la langue et les lèvres fonctionnent mal, où s'il existe des anomalies de la langue, des dents et des lèvres (bec de lièvre) on observe des formes de dyslalie linguale, dentaire et labiale. Il y a lieu de remarquer que l'absence de portions plus ou moins étendues de la langue entraîne moins d'altérations du langage qu'on ne se l'imaginerait *à priori*.

6. *Les altérations de la parole et du langage symptomatiques de maladies du système nerveux.*

L'examen méthodique des organes vocaux, pratiqué par les moyens mis à notre disposition par la phonétique expérimentale, éclaire d'un jour nouveau l'étude des maladies nerveuses, mais on peut dire que tout reste à faire en cette matière. Signalons les récents travaux de Baumann¹ qui a institué des recherches avec les appareils de Zwaardemaker qui inscrivent les mouvements du larynx et des organes d'articulation de la parole, pour étudier les troubles articulaires au cours de diverses affections nerveuses. Il a constaté que d'ordinaire l'application de ces appareils ne causait nulle gêne aux malades qui étaient à même de prononcer des phrases difficiles et de lire plus ou moins

1. Congrès inter. de méd. de Budapest, 1909.

rapidement. Ses remarques les plus intéressantes portent sur des cas de paralysie labio-glosso-pharyngée et ses résultats concernant la fatigue fonctionnelle des organes articulatoires. Stern a également envisagé les altérations de la voix et les troubles de la parole en cas de *sclérose disséminée*.

Le *choc expiratoire, élévation terminale* des tracés graphiques qui se produit normalement sitôt après l'émission de la voix parlée, peut faire défaut en cas de parésie des cordes vocales et dans certaines affections nerveuses (Goldscheider) : ce fait est à considérer au point de vue du diagnostic.

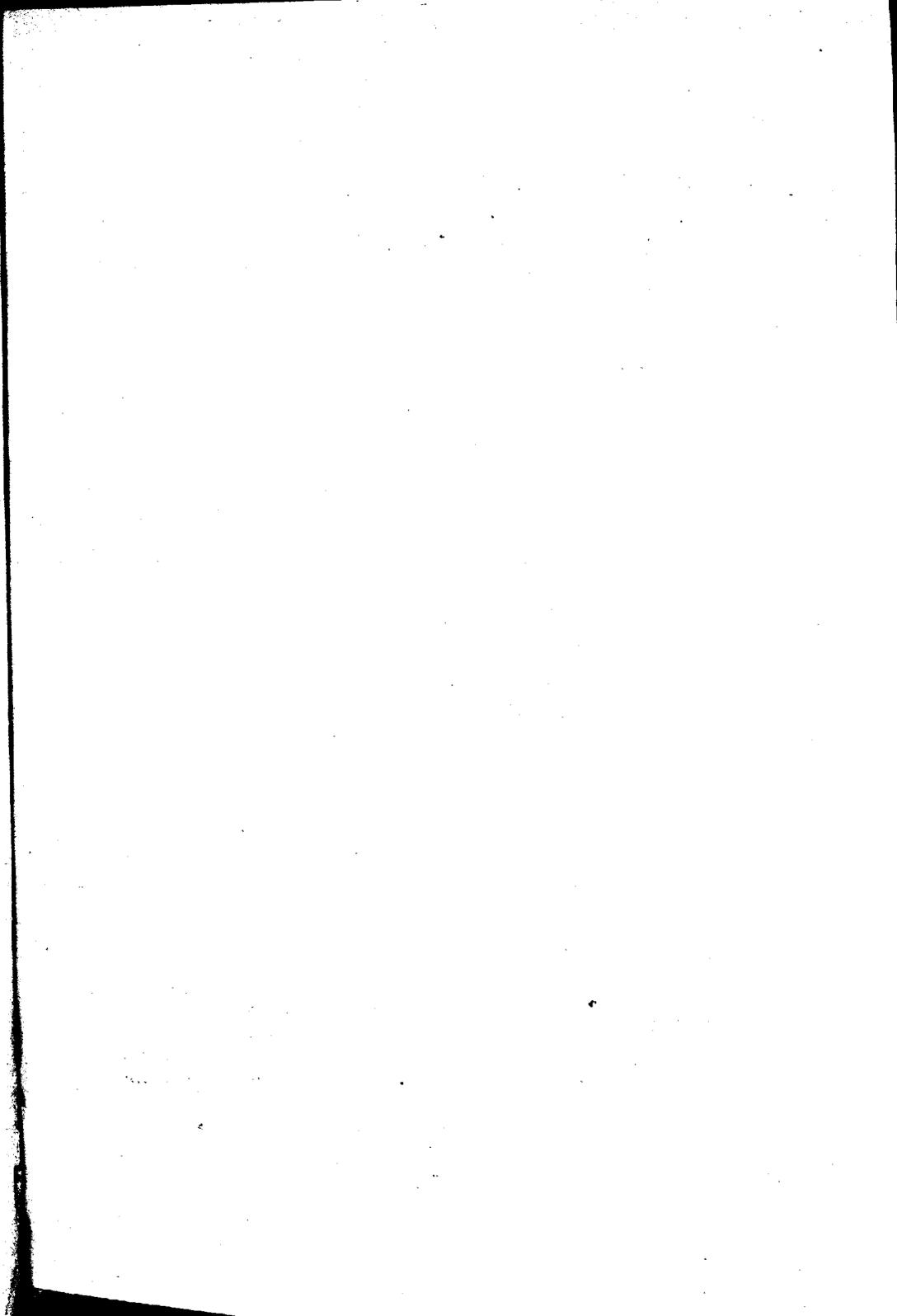
Parmi les maladies du système nerveux qui engendrent de préférence des troubles du langage, nous citerons le tabès dorsal et l'ataxie héréditaire associés à une dysarthrie ataxique avec mouvements désordonnés des lèvres, de la langue et du maxillaire. Dans la syringomyélie, le type des lésions laryngiennes est représenté par la paralysie d'un nerf récurrent, accompagnée parfois de parésie du voile palatin et d'altérations vocales concomitantes. En cas de paralysie bulbaire progressive, le symptôme initial est constitué par des altérations nettement déterminées du langage; le malade se fatigue vite et la parole manque de netteté surtout pour l'émission des phonèmes auxquels la langue prend une part importante (*i, r, l, s, d, t*). Dans la paralysie agitante on observe un trémolo caractéristique de la voix, de même que des altérations du langage se manifestent en cas de paralysie périphérique du nerf facial, de l'hypoglosse et du vague. Il serait superflu d'insister sur la multiplicité des troubles de la parole qui surviennent chez les hystériques.

2192



MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS





LES
-ARCHIVES INTERNATIONALES
DE LARYNGOLOGIE, D'OTOLOGIE

ET DE
RHINOLOGIE

Directeur : C. CHAUVEAU

PARAISSENT TOUS LES DEUX MOIS

ABONNEMENTS :

20 francs pour la France.

22 francs pour l'Étranger.

Prix d'un numéro : **3** fr. **50**

Adresser toutes communications au D' C. Chauveau.
225, boulevard St-Germain. — Téléphone : 725-27.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.