

Nouvelles recherches sur la phonation : mémoire présenté et lu à l'Académie des sciences le 15 avril 1861 / par Ch. Bataille.

Contributors

Bataille, Charles Amable, 1822-1872.
Royal College of Surgeons of England

Publication/Creation

Paris : Victor Masson et fils, 1861.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/as3a3mw8>

Provider

Royal College of Surgeons

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by The Royal College of Surgeons of England. The original may be consulted at The Royal College of Surgeons of England. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

171
6

6

2 +

NOUVELLES RECHERCHES
SUR
LA PHONATION

574

REVUE DE LA

REVUE DE LA

REVUE DE LA

Tr. 472. /

NOUVELLES RECHERCHES

SUR

LA PHONATION

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ ET LU A L'ACADÉMIE DES SCIENCES

LE 15 AVRIL 1861

COMMISSAIRES : MM. FLOURENS, MILNE EDWARDS, CL. BERNARD, LONGET.

PAR

CH. BATAILLE

Ex-interne des hôpitaux,
Ex-prosecteur d'anatomie à l'École de médecine de Nantes,
Professeur de chant au Conservatoire impérial de musique et de déclamation.

AVEC PLANCHES

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

1861

75

AVANT-PROPOS

Le désir de contribuer pour une faible part aux progrès de l'art que j'enseigne m'a conduit à écrire ce mémoire.

J'ai pensé que mes anciennes études anatomiques et douze années de professorat m'aideraient peut-être à dégager de l'inconnu certains points encore obscurs du phénomène de la voix humaine.

J'ai signalé très rapidement, et même négligé beaucoup de faits connus ou qui n'intéressaient pas directement la génération du son vocal ; je ne me suis attaché qu'à ceux qui m'ont paru nouveaux ou trop essentiels pour être mis complètement à l'écart. Je renvoie pour le reste aux auteurs compétents.

J'ai beaucoup expérimenté sur moi-même, et j'ai répété mes expériences sur des élèves familiarisés avec la méthode que je professe. Grâce à l'obligeance de plusieurs internes des hôpitaux de Paris, j'ai pu me livrer à des recherches anatomiques assidues.

Néanmoins je n'ai nullement la prétention de dire le dernier mot sur le curieux phénomène qui m'a préoccupé ;

j'espère seulement attirer l'attention sur des faits qui, selon moi, intéressent au plus haut point les artistes chanteurs.

Jusqu'ici les méthodes expérimentales, la routine et même le charlatanisme, avaient été les seuls éléments de l'enseignement du chant.

M. Manuel Garcia, le premier, a, depuis quelques années, jeté les fondements d'une théorie rationnelle et précise, basée sur la physiologie.

Cet habile professeur a largement tracé la route dans laquelle je m'engage après lui, et il a déjà rassemblé de nombreux et remarquables documents.

Je suis heureux de pouvoir lui rendre un hommage qui m'est dicté d'ailleurs par la reconnaissance.

Je saisis avec empressement l'occasion de remercier ici M. Demarquay, mon ami, et M. Giraud-Teulon, qui ont encouragé mes efforts; MM. Longet, Corvisart, Dequevauviller, qui ont bien voulu prendre un vif intérêt à mes expériences.

Je remercie surtout M. Flourens.

Après m'avoir accueilli avec une bienveillance extrême, l'illustre savant a voulu consacrer quelques heures à l'examen de mon travail, et lui accorder ensuite un patronage dont je ne saurais trop m'honorer.

Je le prie d'accepter l'hommage public de ma plus sincère gratitude.

TABLE DES MATIÈRES.

AVANT-PROPOS.....

PREMIÈRE PARTIE. — Anatomie.

Structure du larynx, cartilages.....	page	1
Ligaments, muscles.....		4
Membrane vocale.....		15
— Muqueuse.....		17
Résumé des observations anatomiques.....		<i>Id.</i>

DEUXIÈME PARTIE. — Laryngoscopie.

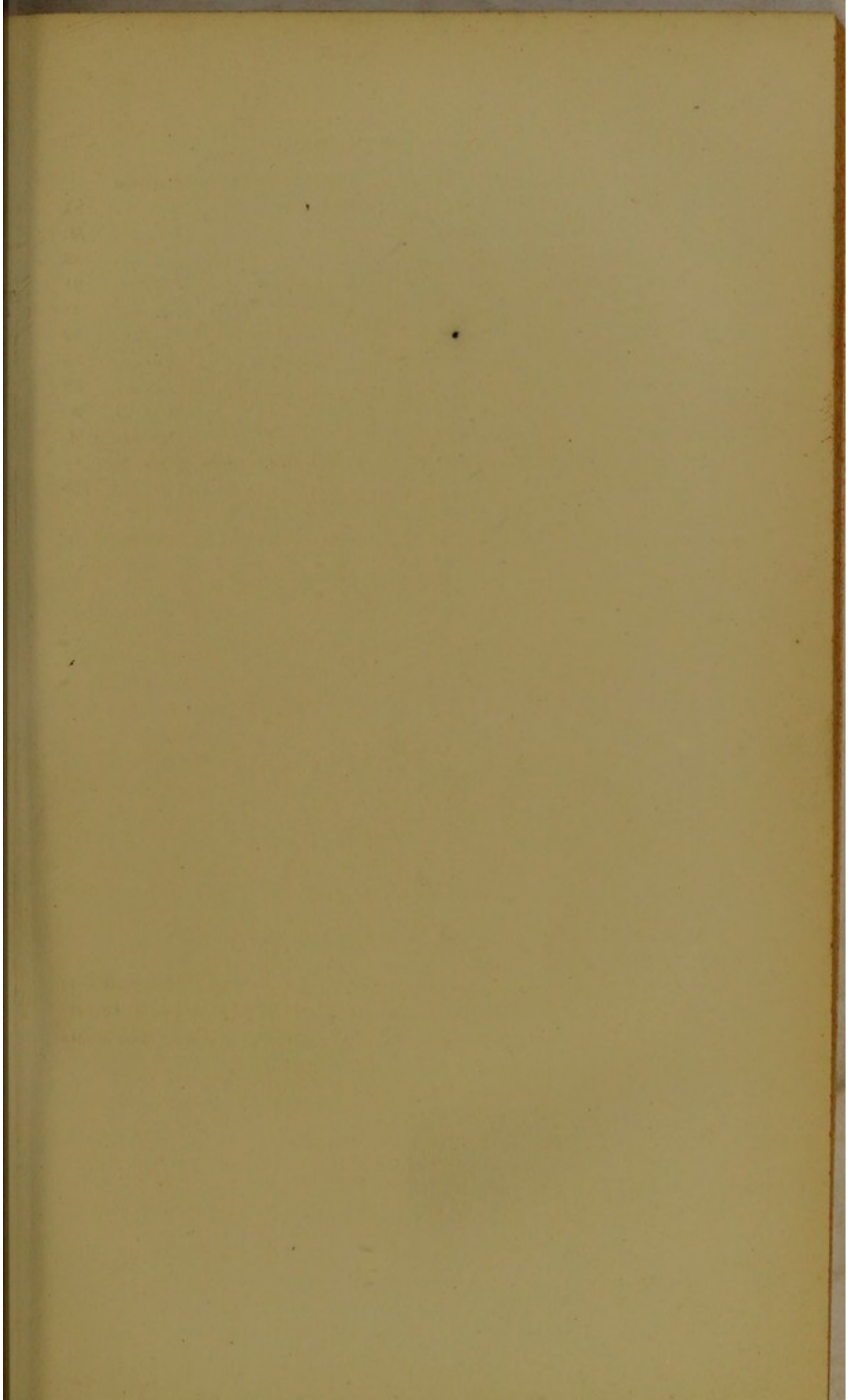
Instruments.....	21
Procédés opératoires.....	24
Phénomènes observés.....	25
Mouvements non-phonateurs.....	26
Mouvements phonateurs.....	30
Registre de poitrine.....	31
Registre de fausset.....	37
Son filé.....	48
Trille.....	49
Voix inspiratoire.....	50
Résumé des observations laryngoscopiques.....	<i>Id.</i>

TROISIÈME PARTIE. — Physiologie.

Phénomènes principaux de la génération du son vocal.....	56
Affrontement des aryténoïdes.....	<i>Id.</i>
Tension des ligaments vocaux.....	59
Vibrations des ligaments vocaux.....	62
Occlusion progressive de la glotte en arrière.....	65
Registre de poitrine.....	67
Registre de fausset.....	72
Observations diverses.....	83
Accroissement et diminution dans la force des sons.....	<i>Id.</i>
Étendue de la surface vibrante.....	85

Action du vestibule de la glotte, des ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs, des ventricules de Morgagni de l'épiglotte.....	87
Résumé des observations physiologiques.....	<i>Id.</i>
Lois physiologiques.....	88
Actions musculaires.....	91
Conclusions générales.....	93
Tension des ligaments vocaux.....	94
Occlusion de la glotte en arrière.....	96
Courant d'air phonateur.....	98
Fasciculation des muscles.....	99
Double emploi des muscles.....	<i>Id.</i>
Concordance des faits observés avec les principaux phénomènes du chant.....	100

N. B. — Toutes les planches représentant le larynx ou des parties du larynx vues au laryngoscope, ont été dessinées d'après nature par M. Lackebauer, à l'aide de l'instrument que j'ai fait construire et d'après mon propre larynx.



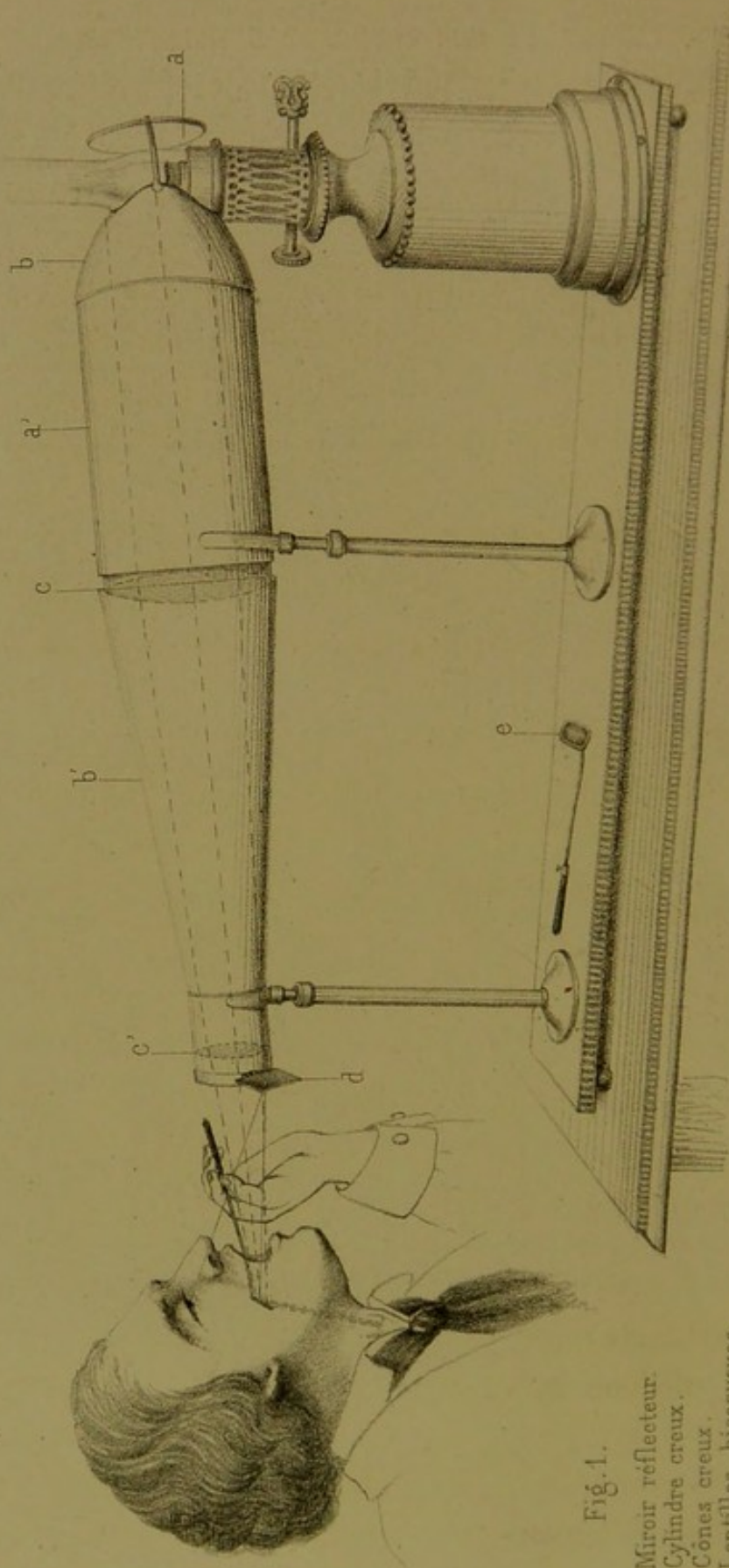


Fig. 1.

- a Miroir réflecteur.
- a' Cylindre creux.
- b b' Cônes creux.
- cc' Lentilles biconvexes.
- d Miroir plan.
- e Miroir Laryngien.

EXAMEN AUTOLARYNGOSCOPIQUE.

Imp. Racquet, Paris.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR

LA PHONATION

PREMIÈRE PARTIE.

ANATOMIE.

STRUCTURE DU LARYNX.

Le larynx est formé de *cartilages*, de *ligaments*, de *muscles*, d'une membrane propre appelée *membrane vocale*, d'une *membrane muqueuse*, de *glandes*, *veines*, *artères*, *vaisseaux lymphatiques* et *nerfs*.

Pour les raisons exposées dans l'avant-propos, je négligerai complètement ici l'étude des *glandes*, *artères*, *vaisseaux lymphatiques* et *nerfs*.

Cartilages.

Les cartilages du larynx sont au nombre de quatre :

Deux médians et symétriques, le *thyroïde* et le *cri-coïde* ;

Deux latéraux, les *cartilages aryténoïdes* complétés par les *cartilages de Santorini*.

A cette nomenclature il faut ajouter un fibro-cartilage médian et symétrique, l'*épiglotte*, et les petits noyaux fibro-cartilagineux de Wrisberg.

Le cartilage thyroïde, dont les dimensions varient suivant l'âge et le sexe, s'articule par arthrodie, à l'aide de ses petites cornes, avec le cartilage cricoïde, dont les dimensions sont proportionnelles à celles du thyroïde également, suivant l'âge et le sexe. Cette articulation ne permet que des mouvements de bascule d'avant en arrière, et d'arrière en avant exécutés par le cricoïde.

Les cartilages aryténoïdes ont la forme d'une petite pyramide triangulaire qui doit être étudiée dans ses faces, sa base et son sommet. (Pl. II, fig. 4.)

La face postérieure, concave et unie, répond au muscle aryténoïdien postérieur, qui ne s'y insère pas.

La face antéro-externe, convexe, est creusée de deux fossettes dont l'inférieure donne attache aux fibres obliques internes du thyro-aryténoïdien, et la supérieure aux ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs.

La face interne, recouverte par le tissu élastique de la membrane vocale qui y adhère fortement en arrière, moins fortement en avant, et par la muqueuse, est très légèrement convexe de haut en bas, surtout à la hauteur des apophyses antérieures. (Pl. II, fig. 4.)

La base s'articule avec le cartilage cricoïde.

De cette base naissent deux apophyses : l'une postérieure et externe, ayant l'apparence d'un tubercule ; l'autre antérieure et interne, terminée par une extrémité mince, ténue, arrondie, très élastique, et pénétrant par la pointe dans l'épaisseur des ligaments vocaux.

Le sommet est surmonté par les cartilages de Santorini inclinés en dedans.

Les cartilages aryénoïdes s'articulent avec le cricoïde par arthroïdie, ou plutôt par une sorte d'emboîtement. (Pl. II, fig. 1.)

A cet effet, le cartilage cricoïde présente une facette oblique de haut en bas, d'arrière en avant et de dedans en dehors, oblongue et légèrement convexe en tous sens. De leur côté, les aryénoïdes offrent une facette elliptique, concave en tous sens, et croisant la première presque à angle droit. Cette disposition réciproque permet aux cartilages aryénoïdes d'exécuter trois sortes de mouvements : l'un d'arrière en avant et *vice versa*, l'autre de rotation sur eux-mêmes, et un troisième de totalité, qui les rapproche.

Ce dernier peut avoir lieu de deux manières : ou bien les aryénoïdes s'affrontent énergiquement et d'un seul coup par toute la longueur de leurs apophyses, ainsi que l'a constaté M. Longet ; ou bien leur rapprochement a lieu graduellement d'arrière en avant dans toute la longueur de leurs apophyses. De plus, grâce à la convexité de haut en bas de leurs faces internes, les aryénoïdes peuvent rouler l'un sur l'autre, et s'affronter, soit par les deux tiers supérieurs, soit par le tiers inférieur de leurs faces internes.

Ce mouvement, que je crois être le premier à signaler, est d'une importance très grande.

Ligaments.

Les articulations crico-thyroïdiennes sont assujetties chacune par deux ligaments : l'un supérieur et posté-

rieur, l'autre inférieur et antérieur. — En avant, le thyroïde et le cricoïde sont unis par le ligament crico-thyroïdien moyen, épais, plus large en haut qu'en bas, et formé par le tissu élastique répandu à profusion dans le larynx (Pl. III, fig. 1). Les aryténoïdes sont unis au cricoïde par un ligament capsulaire très fort en dedans, très mince en dehors.

Mentionnons, en outre, les ligaments aryténo-épiglottiques.

Muscles.

Les muscles intrinsèques du larynx sont au nombre de neuf : quatre pairs et un impair.

Les muscles pairs sont : le *crico-thyroïdien*, le *crico-aryténoïdien postérieur*, le *crico-aryténoïdien latéral*, et le *thyro-aryténoïdien*.

L'impair est le muscle *aryténoïdien postérieur*.

Outre ces muscles signalés par les auteurs, j'ai constaté l'existence d'un faisceau musculaire, le plus souvent très grêle, parfois très apparent, dont je dirai la disposition en parlant du muscle thyro-aryténoïdien.

Muscle crico-thyroïdien. — Ce muscle naît de presque toute la partie convexe du cartilage cricoïde. De là ses fibres se portent vers le thyroïde, en haut et en dehors, dans une direction d'autant plus oblique, qu'elles sont plus inférieures, et s'y attachent, partie sur son bord inférieur, partie sur sa face externe, la plupart sur sa face interne. Ce muscle est très puissant. (Pl. III, fig. 1, et pl. IV, fig. 2.)

Muscle crico-aryténoïdien postérieur. — Parti de la

dépression cricoïdienne postérieure, ce muscle dirige ses fibres en haut et en dehors, les supérieures presque horizontalement, les moyennes obliquement, les inférieures presque verticalement. Toutes viennent aboutir au tubercule ou apophyse externe de l'aryténoïde, un peu au-dessus et en avant de l'insertion du crico-aryténoïdien latéral qu'elles recouvrent en partie. (Pl. III, fig. 2.)

Muscle crico-aryténoïdien latéral. — Situé dans l'angle rentrant formé par le cricoïde et l'aryténoïde, ce muscle s'insère, d'une part, sur le bord supérieur du cartilage cricoïde, entre la facette articulaire destinée à l'aryténoïde et le ligament thyro-cricoïdien moyen, ainsi qu'aux bords latéraux de ce ligament. De là ses fibres se dirigent, les externes, qui sont les plus longues, vers le tubercule ou apophyse externe de l'aryténoïde; les moyennes, plus courtes, vers la partie tout à fait inférieure de la cavité aryténoïdale, tout le long du bord antérieur de la facette articulaire, au-dessous de l'insertion des fibres obliques internes du muscle thyro-aryténoïdien; les plus internes, enfin, vers la base de l'apophyse aryténoïde antérieure, près du ligament articulaire interne, où elles s'entrecroisent avec les fibres horizontales du muscle thyro-aryténoïdien. Dans cette position, le muscle *crico-aryténoïdien latéral* est en rapport, dans son insertion aryténoïdale, en dehors avec les fibres obliques, en dedans avec les fibres horizontales du muscle thyro-aryténoïdien. (Pl. IV, fig. 1 et 2.)

Muscle thyro-aryténoïdien. — Ce muscle, dont la structure et les effets sont d'un haut intérêt dans l'étude de la phonation, demande une description minutieuse et

exceptionnelle. — On ne peut l'étudier complètement qu'à l'aide de plusieurs pièces anatomiques.

Placé dans toute son étendue sous la membrane vocale, avec laquelle il a les rapports les plus intimes, il double les ventricules de Morgagni, et peut être poursuivi jusques au-dessus et en dehors des ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs. Les quatre cinquièmes de ses fibres s'étendent du thyroïde à l'aryténoïde. Le reste, qui constitue ses fibres obliques les plus externes et antérieures, parti également du thyroïde, s'élève en dehors et en haut, formant les parois latérales du vestibule de la glotte. Ces fibres antérieures et externes rencontrent en chemin un petit faisceau musculaire qu'elles traversent obliquement ; partie des fibres s'anastomosent avec ce faisceau, partie se prolongent en dedans de lui, jusque dans les replis aryténo-épiglottiques.

Le petit faisceau musculaire que je signale ici pour la seconde fois, et que j'appellerai *thyro-aryténoïdien grêle*, se rencontre en disséquant attentivement les fibres obliques externes du thyro-aryténoïdien, au moment où elles passent en dehors du ligament thyro-aryténoïdien supérieur, auquel le petit faisceau est adossé dans ses deux tiers postérieurs (Pl. IV, fig. 1). Né du bord externe de l'aryténoïde, au-dessus du tubercule qui termine en bas ce bord, il va, en s'amincissant beaucoup, et en s'adossant aux fibres obliques externes du thyro-aryténoïdien, se fixer à la face interne du thyroïde, vers les deux tiers supérieurs de cette face interne, à peu de distance de la ligne médiane. Cette insertion, très difficile à constater au milieu d'un tissu graisseux très abondant, se

fait au moyen d'une aponévrose extrêmement grêle.

D'après Santorini, on a considéré ce faisceau comme une prolongation des fibres de l'aryténoïdien oblique; ces fibres, il est vrai, recouvrent souvent le *thyro-aryténoïdien grêle*, mais, dans ce cas même, je l'ai toujours trouvé inséré au bord externe aryténoïdien, au-dessus de l'apophyse externe des aryténoïdes, en dehors de l'insertion des fibres obliques du thyro-aryténoïdien.

Revenons maintenant à ce dernier muscle.

Après avoir séparé le larynx en deux moitiés symétriques au moyen d'une coupe antéro-postérieure; après avoir, sur l'une de ces moitiés, incisé, tout le long du bord supérieur du cricoïde, en dedans, la membrane vocale et la gaine fibreuse qui la double, si l'on relève cette membrane et sa gaine dans toute leur largeur, jusques et y compris le bord libre du ligament *thyro-aryténoïdien inférieur* ou *ligament vocal*, on aperçoit :

1° En avant, une partie de la face interne du muscle crico-thyroïdien.

2° Un peu plus en arrière, toute la face interne du muscle crico-aryténoïdien latéral.

3° Au-dessus, un troisième faisceau musculaire aplati, quadrilatère, concave dans sa longueur, et formé de fibres horizontales superposées. C'est la première des trois portions qui composent le thyro-aryténoïdien, et que j'appellerai *faisceau plan*, pour plus de clarté dans ce qui va suivre.

A. *Faisceau plan*. — Étendu de l'angle rentrant du thyroïde à toute la longueur du bord inférieur de l'apophyse aryténoïde, y compris l'extrémité tenue de cette

apophyse, ce faisceau présente une face interne, une face externe et quatre bords. (Pl. IV, fig. 2.)

La face interne, concave d'arrière en avant, regarde en bas et en dedans; elle est formée de fibres horizontales de plus en plus courtes à mesure qu'elles se superposent. En avant, elle est très peu adhérente à la membrane vocale, dont elle est quelquefois séparée par un tissu séreux; mais elle s'y unit de plus en plus intimement, surtout en haut, à mesure qu'on approche de l'aryténoïde.

La face externe, convexe, tournée en haut et en dehors, est complètement cachée, sauf une petite partie de son extrémité postérieure, par les fibres obliques du muscle thyro-aryténoïdien (2^e et 3^e portions), qui s'anastomosent avec elle ou s'y accolent intimement. (Pl. V, fig. 3.)

Le bord antérieur ou thyroïdien, épais, vertical, est inséré à l'angle rentrant du thyroïde; il est composé de fibres pressées et superposées.

Le bord postérieur mince, oblique de bas en haut et d'arrière en avant, s'insère en dedans du bord inférieur de l'apophyse aryténoïde, depuis le ligament articulaire interne, jusqu'à l'extrémité de la portion tenue de cette apophyse.

Ses insertions, enchevêtrées en bas seulement avec les insertions internes du crico-aryténoïdien latéral, ont lieu par faisceaux d'autant plus distincts qu'ils sont plus inférieurs, et quelquefois par des fibres aponévrotiques apparentes.

Le bord inférieur, horizontal, arrondi, épais en arrière, s'entrecroise près de l'aryténoïde avec les fibres internes du crico-aryténoïdien latéral, et forme avec ce dernier muscle un angle aigu en arrière, dans lequel on aperçoit

une partie de la face interne du crico-thyroïdien, et plus en avant l'épanouissement du ligament thyro-cricoïdien moyen. (Pl. IV, fig. 2.) Ses deux tiers antérieurs sont intimement unis aux fibres obliques; le tiers postérieur est libre, et c'est là que l'on peut apercevoir, en soulevant les fibres obliques, l'extrémité postérieure de la face interne du *faisceau plan*. (Pl. V, fig. 3.)

Le bord supérieur est plus mince, légèrement arrondi. Dans le voisinage du thyroïde, il adhère peu ou pas à la membrane vocale; à mesure qu'on le rapproche de l'extrémité tenue des aryténoïdes, l'adhérence devient plus étroite. Alors, en disséquant avec une extrême précaution, après une légère macération, et même sans cela, chez la plupart des sujets, on voit ce bord envoyer sur le ligament vocal des fibres de plus en plus courtes à mesure qu'elles sont plus supérieures, et disposées à la manière des barbes d'une plume. (Pl. IV, fig. 2.)

Je dois dire que les fibres insérées à la membrane vocale ne sont pas également visibles chez tous les sujets; mais, sauf quelques exceptions rares, j'en ai toujours trouvé les traces.

Pour la dissection du bord supérieur du *faisceau plan*, et en général de tout le muscle thyro-aryténoïdien, il est indispensable d'avoir recours à la loupe.

J'arrive maintenant à la deuxième portion ou portion externe du muscle thyro-aryténoïdien.

Pour bien la voir, il faut détacher du cricoïde, en arrière, et renverser la moitié correspondante du cartilage thyroïde.

Cela fait, on aperçoit d'abord l'insertion au cricoïde

du crico-thyroïdien, qu'on a dû couper, puis la face externe du crico-aryténoïdien latéral, puis enfin une large surface musculaire trianguliforme, d'apparence fasciculée et très convexe en dehors. C'est la deuxième portion ou portion externe du *thyro-aryténoïdien*, que je désignerai, pour la clarté des études subséquentes, sous le nom de *faisceau parabolöide*. (Pl. IV, fig. 1 et 2.)

B. *Faisceau parabolöide*. — Les fibres de ce faisceau naissent toutes de l'angle rentrant du thyroïde, sur la hauteur de l'insertion du *faisceau plan*, et un peu sur le bord inférieur du même cartilage.

Parties de ce point, les inférieures ou internes, contournées en parabole irrégulière, marchent en dehors, côtoient en dedans les fibres inférieures du *faisceau plan*, avec lesquelles elles semblent se confondre dans leur quart antérieur, s'appliquent à la partie inférieure puis postérieure externe des ventricules de Morgagni, et vont se fixer au tubercule externe de l'aryténoïde, au-dessus du crico-aryténoïdien latéral, et au bord externe du même cartilage, sous le *thyro-aryténoïdien grêle*, vis-à-vis de l'insertion des aryténoïdiens obliques, qui les recouvrent parfois d'un faisceau de prolongement. (Pl. IV, fig. 1.)

Les fibres moyennes, issues de la même origine, affectant la même forme, plus courtes, passant également sous les ventricules, viennent s'adosser aux fibres du *thyro-aryténoïdien grêle*, se mêlent parfois très intimement avec elles, et se perdent dans les replis aryténo-épiglottiques. (Pl. IV, fig. 1.)

Les fibres supérieures enfin, qui sont aussi les plus antérieures et les plus courtes, contournent la partie anté-

rieure des ventricules, se fixent au thyro-aryténoïdien grêle, ou se perdent vers l'épiglotte, en formant une courbe soutenue quelquefois en avant par une petite lame fibreuse. (Pl. IV, fig. 4.)

La troisième portion du thyro-aryténoïdien, ou portion médiane, est située entre les deux autres. Je la désignerai sous le nom de *faisceau médian* ou *arciforme*. (Pl. V, fig. 1, 2 et 3.)

C. *Faisceau médian* ou *arciforme*. — Si l'on enlève avec un soin extrême, et la membrane vocale qui tapisse les ventricules de Morgagni, et les tissus séro-graisseux sous-jacents, on met à découvert une surface musculaire concave de dedans en dehors, triangulaire, qui regarde en dehors et en haut et dont la base occupe la cavité aryténoïde, depuis l'insertion du *faisceau plan* jusqu'au tubercule externe de l'aryténoïde exclusivement. (Pl. V, fig. 1 et 2.)

D'un autre côté, si, après avoir coupé les insertions aryténoïdiennes des muscles crico-aryténoïdiens latéral et postérieur, et les ligaments articulaires crico-aryténoïdiens internes et externes, on renverse d'arrière en avant le cartilage aryténoïde, on aperçoit une deuxième surface musculaire convexe de dedans en dehors, triangulaire, et qui regarde en dehors et en bas. (Pl. V, fig. 3.)

Ces deux triangles plans, dont la base est fixée à la cavité aryténoïdale et dont le sommet est au thyroïde, forment les faces supérieure et inférieure d'une pyramide triangulaire, dont la face interne est adhérente, pour la plus grande partie, au *faisceau plan*.

Décrivons cette pyramide musculaire.

La face supérieure ou ventriculaire, concave, regarde

en dehors et en haut, ayant sa base à la cavité aryténoïdale, son sommet au thyroïde. Partant de l'aryténoïde, ses fibres se comportent ainsi qu'il suit. Les plus internes viennent tomber à la manière des barbes d'une plume, un peu au-dessous et le long du bord supérieur du *faisceau plan* avec lequel elles s'anastomosent; les moyennes et les externes s'accolent intimement à ce bord supérieur qui les dépasse, de façon qu'on peut les suivre avec lui, mais non les en séparer sans déchirure, jusqu'au thyroïde, où elles se fixent. Toutes sont concaves en dehors et en haut; mais cette concavité, très sensible dans les fibres internes et surtout dans les moyennes, s'efface peu à peu dans les externes, qui sont à peu près rectilignes obliquement.

La face inférieure convexe regarde en bas et en dehors. Elle a même base et même sommet que la précédente. Ses fibres plus grosses, fasciculées, laissent entre elles et le *faisceau plan*, près de l'aryténoïde, une séparation que j'ai toujours rencontrée, laquelle renferme du tissu adipeux, et quelquefois, chez les sujets vigoureux, constitue un petit espace triangulaire qui conduit en arrière jusque dans la cavité aryténoïdale. Plus loin, à peu près au niveau de la terminaison de l'apophyse aryténoïde, ces fibres s'accolent au *faisceau plan*, et même s'anastomosent avec lui en arrière.

La face interne a même base et même sommet que les deux autres. Près de l'aryténoïde, elle est séparée plus ou moins de la face externe du *faisceau plan*, et laisse, quand on l'écarte, apercevoir une partie de cette face externe; ensuite elle adhère intimement à cette même face,

sur laquelle ses fibres tombent à la manière des barbes d'une plume.

La base remplit la cavité aryténoïdale, où elle est fixée au-dessus des insertions fasciculées du crico-aryténoïdien latéral, étendues, comme on le sait, tout le long de la facette articulaire. Le sommet est confondu avec les insertions au thyroïde du *faisceau plan* et du *faisceau parabolöide*.

Le bord supérieur adhère au bord supérieur du *faisceau plan*, qui le dépasse dans toute sa longueur.

Le bord inférieur s'acole au bord inférieur du même *faisceau plan*.

Le bord externe rectiligne, ou à peu près, est étendu depuis l'angle rentrant du thyroïde, jusqu'à la partie interne du tubercule externe de l'aryténoïde. Il est souvent confondu avec les *fibres parabolöides* internes, et il faut une dissection très scrupuleuse pour le mettre en évidence. Cependant il ne saurait être considéré comme une fantaisie de scalpel, car je l'ai délimité très souvent, et une fois je l'ai trouvé indiqué par une ligne aponévrotique extrêmement ténue. (Pl. V, fig. 1.)

Tel est le muscle thyro-aryténoïdien, que l'on pourrait appeler *triceps laryngien*.

Il se compose, comme on le voit, de deux ordres de fibres : les unes sont horizontales et superposées ; les autres sont obliques, mais différent entre elles par leur aspect, leurs rapports et leurs insertions ; ce qui m'a conduit à les diviser en deux portions séparables anatomiquement, et à attribuer trois portions distinctes au muscle thyro-aryténoïdien.

Quant aux appellations nouvelles dont je me suis servi, elles n'ont d'autre prétention que celle de jeter une plus

grande clarté sur mes énonciations anatomiques. Ces énonciations sont pour moi d'une importance extrême, convaincu comme je le suis, que le *thyro-aryténoïdien* joue le rôle le plus efficace dans la production des registres de poitrine et de fausset.

Muscle aryténoïdien postérieur. — Ce muscle, impair et symétrique, se compose de trois faisceaux : l'un profond, épais, transversal, connu sous le nom d'*aryténoïdien transverse*; et deux superficiels, croisés en sautoir, nommés par Eustachi, *aryténoïdiens obliques*. (Pl. III, fig. 2.)

Le *transverse*; épais, quadrilatère, s'étend du bord externe de l'un des aryténoïdes au bord externe de l'aryténoïde opposé. Ses fibres, d'autant plus longues qu'elles sont plus inférieures, se présentent sous l'aspect fasciculé commun aux muscles du larynx.

Les *aryténoïdiens obliques* sont parfois rudimentaires, et présentent de nombreuses variétés.

Une des plus importantes consiste dans la présence ou l'absence du faisceau de renforcement envoyé par eux au *thyro-aryténoïdien grêle*.

Souvent ils envoient des fibres aux ligaments aryténo-épiglottiques; souvent aussi ces fibres manquent.

Quelquefois l'un d'eux est grêle et peu développé, tandis que l'autre possède son volume normal.

Cette dernière disposition existe chez moi.

Membrane vocale.

Ainsi que l'ont constaté Lauth et Müller, le larynx est pourvu en abondance d'un tissu élastique particulier qui forme la membrane vocale.

La plus grande partie de ce tissu, dit Müller, naît de la moitié inférieure de l'angle du cartilage thyroïde, entre les insertions du thyro-aryténoïdien ; de là ses fibres rayonnent de haut en bas, obliquement d'avant en arrière, et même un peu de bas en haut, formant ainsi une membrane cohérente qui se fixe solidement à tout le bord supérieur du cartilage cricoïde, le point excepté où s'articulent les aryténoïdes. En cet endroit, les fibres élastiques s'insèrent à l'angle antérieur de la base des cartilages aryténoïdes et à leur bord antérieur.

La membrane radiante a trois faisceaux de renforcement, qui sont : le *ligament crico-thyroïdien moyen*, et les *ligaments thyro-aryténoïdiens inférieurs* ; elle forme aussi les *ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs*. Ces ligaments supérieurs et inférieurs sont unis ensemble par une couche extrêmement mince de tissu élastique, qui tapisse le ventricule de Morgagni. (Pl. II, fig. 2.)

Pour plus de clarté dans la description ultérieure des phénomènes laryngoscopiques, je diviserai la circonscription de la membrane vocale spécialement affectée à la génération du son, c'est-à-dire les *ligaments vocaux* ou *thyro-aryténoïdiens inférieurs*, en trois régions :

1° Une région *profonde*, ou *sous-glottique*, limitée en avant par l'angle rentrant du thyroïde, en arrière par une ligne qui continuerait en bas le bord antérieur des aryténoïdes, en haut par le bord des lèvres de la glotte, en bas par une ligne horizontale tendue entre l'articulation crico-aryténoïdienne et l'angle rentrant du thyroïde. (Pl. II, fig. 2 et 3.)

2° Une région *ventriculaire*, limitée en arrière par la

cavité aryténoïdale, en avant par un peu plus que l'étendue des insertions thyro-aryténoïdiennes, en dehors par une ligne oblique tendue entre la partie externe de la cavité aryténoïdale et un point du thyroïde situé à la hauteur et un peu en dehors des insertions thyro-aryténoïdiennes, en dedans par les lèvres de la glotte. (Pl. II, fig. 2 et 4.)

3° Un *bord libre*, placé à l'intersection des deux plans précédents, depuis l'apophyse aryténoïde jusqu'à l'angle rentrant du thyroïde, et formé par les lèvres de la glotte. (Pl. II, fig. 2.)

Je constaterai en outre que la région *profonde* ou *sous-glottique*, concave, tournée en bas et en dedans, recouvrant le *faisceau plan* du thyro-aryténoïdien, est la plus épaisse des trois;

Que la région *ventriculaire*, concave, tournée en dehors et en haut, recouvrant le *faisceau médian* ou *arciforme* du thyro-aryténoïdien, est moins épaisse que la précédente, et s'amincit rapidement en dehors;

Qu'enfin le *bord libre*, légèrement aplati vers l'apophyse aryténoïde, tourné en haut et en dedans, recouvrant le bord supérieur du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien, tient, pour l'épaisseur, le milieu entre les deux autres régions.

A propos des ligaments vocaux, je dois signaler deux particularités anatomiques que j'ai constatées sur un très grand nombre de sujets. La première consiste dans la présence d'un petit noyau cartilagineux situé dans l'épaisseur du bord libre des ligaments au moment où ils vont se fixer au thyroïde. (Pl. IV, fig. 2.)

La seconde, plus importante, consiste dans l'aplatissement très léger du *bord libre*, sur les extrémités ténues des apophyses. Cet aplatissement a la forme d'une petite facette triangulaire qui regarde en dedans et un peu en haut, et s'accole pendant l'affrontement ligamenteux à une facette semblable du ligament opposé.

Muqueuse.

Adhérente par un tissu cellulaire très dense aux ligaments aryténo-épiglottiques, et plus bas aux ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs, tapissant les ventricules, puis s'amincissant et adhérant fortement aux ligaments thyro-aryténoïdiens inférieurs, où elle se manifeste par sa transparence, la *muqueuse* est recouverte dans toute son étendue, sur les ligaments vocaux, par un épithélium vibratile.

Résumé des observations anatomiques.

De l'ensemble des recherches anatomiques qui précèdent, il résulte trois ordres de faits principaux.

A. Relativement aux cartilages, on constate :

1° Que le cricoïde et le thyroïde sont articulés de façon à déterminer de la part du cricoïde un mouvement de bascule qui tend ou relâche les ligaments vocaux ;

2° Que la facette articulaire commune au cricoïde et aux aryténoïdes permet à ces derniers des mouvements d'avant en arrière, et réciproquement, des mouvements d'écartement ou de rapprochement, enfin des mouvements de rotation sur eux-mêmes ;

3° Que la face interne des aryténoïdes, très légèrement

convexe de haut en bas, permet à ces cartilages de s'écarter ou de se rapprocher alternativement par leurs bases et par leurs sommets ;

4° Que les mouvements d'avant en arrière et de rotation des aryténoïdes, se combinent tour à tour avec ceux de rapprochement et d'écartement.

Grâce à cette combinaison, lorsque les aryténoïdes se rapprochent, ils peuvent entrer en contact graduellement depuis la base jusqu'au sommet de leurs apophyses ; d'où il suit que pour ce contact gradué, le sommet des susdites apophyses exécute un mouvement oblique d'arrière en avant, de dehors en dedans et de haut en bas. De plus, grâce à la convexité de haut en bas des faces internes aryténoïdiennes, les aryténoïdes peuvent s'affronter graduellement en avant, soit par le tiers inférieur, soit par les deux tiers supérieurs de ces mêmes faces internes.

Outre ce qui a rapport aux mouvements des cartilages, constatons :

Que les apophyses aryténoïdes, peu développées avant la mue, acquièrent pendant cette époque des proportions relativement très grandes, et continuent à se développer jusqu'à un âge variable, mais qui ne dépasse guère vingt-deux ans ;

Que ces apophyses, courtes et peu volumineuses chez la femme et l'enfant, sont plus développées et plus longues chez l'homme, surtout si la voix de ce dernier est étendue et puissante ;

Qu'enfin leur extrémité antérieure, plus ou moins tenue, plus ou moins allongée chez les divers sujets, et enfoncée, comme par une gomphose incomplète, dans les

ligaments vocaux, possède une élasticité très grande qui diminue avec l'âge.

B. Relativement aux muscles, on est frappé tout d'abord de leur aspect général.

Quatre sont disposés en éventail; ce sont : le *crico-thyroïdien*, le *crico-aryténoïdien postérieur*, le *crico-aryténoïdien latéral*, et le *thyro-aryténoïdien* dans sa portion oblique.

Tous sont plus ou moins d'apparence fasciculée, sinon dans leurs surfaces, au moins dans leurs insertions.

Cette disposition en faisceaux de longueur inégale et graduée est très apparente dans le crico-thyroïdien, le crico-aryténoïdien latéral, le crico-aryténoïdien postérieur, l'aryténoïdien oblique et transverse, et la portion oblique du thyro-aryténoïdien; l'insertion du crico-aryténoïdien latéral depuis le tubercule externe, tout le long de la cavité aryténoïde, la possède manifestement. Quant à la portion interne ou horizontale du muscle thyro-aryténoïdien que j'ai désigné sous le nom de *faisceau plan*, elle s'insère par faisceaux très distincts à la loupe, tout le long et en dedans du bord inférieur de l'apophyse aryténoïde et jusque sur la membrane vocale.

Eu égard au muscle thyro-aryténoïdien, on doit convenir que sa structure est une des plus singulières et des plus remarquables de la musculature humaine.

Moteur évident des aryténoïdes, il contracte en même temps d'intimes alliances avec les ligaments vocaux dans leurs régions *glottique*, *sous-glottique* et *ventriculaire*.

Sa division en fibres horizontales ou internes, et fibres obliques ou externes de deux ordres, lesquelles peuvent agir ensemble ou séparément, est d'un intérêt considérable

et qui sera démontré par l'observation laryngoscopique.

Je dois dire ici que les variétés et les anomalies sont fréquentes dans l'armature musculaire du larynx, bien que les types décrits par moi soient ressortis identiques de nombreuses dissections. Mais cela n'étonnera personne, si l'on veut réfléchir aux étonnantes variétés que présente la voix humaine chez chaque individu, soit dans l'étendue, soit dans l'ampleur, soit dans la justesse, soit enfin dans la production des registres de poitrine et de fausset.

C. Relativement à la membrane vocale, il résulte qu'elle présente sur toute l'étendue des ligaments thyro-aryténoïdiens inférieurs, une apparence et des propriétés qu'elle n'affecte nulle part; qu'elle y est douée d'une élasticité considérable, et revêtue d'un épithélium vibratile tellement apparent, qu'on peut dans certains cas l'apercevoir, presque isolé, dans l'angle rentrant formé par le bord supérieur de l'apophyse aryténoïde, et le bord antérieur du cartilage lui-même; qu'enfin, elle est peu adhérente jusqu'au tiers postérieur des apophyses aryténoïdes et très solidement fixée à ce tiers postérieur. Son adhérence, en général, est de plus en plus forte d'avant en arrière.

DEUXIÈME PARTIE.

LARYNGOSCOPIE.

L'examen du larynx sur le vivant se fait à l'aide d'instruments spéciaux, et selon de certains procédés opératoires.

Je commencerai par décrire ceux que j'ai employés.

Instruments.

Un petit miroir plan, carré, à angles mousses, de 2 centimètres de large, fixé par l'un de ses angles sur une tige flexible coudée à angle obtus et munie d'un manche ; un second miroir plan de 10 à 12 centimètres carrés ; enfin, la lumière solaire, tels sont les plus simples éléments de laryngoscopie.

Le petit miroir plan, dit *miroir laryngien*, doit varier dans la largeur de 1 centimètre et demi à 2 centimètres, suivant la largeur du pharynx du sujet qu'on examine. Les plus larges sont préférables, toutes proportions gardées, et je trouve ceux de verre meilleurs que ceux de métal. J'en fais faire, en ce moment, de concaves. (Pl. I, fig. 2.)

Tous doivent être chauffés préalablement, afin que la vapeur pulmonaire ne les puisse ternir pendant les examens prolongés.

Le second miroir plan doit être aussi pur que possible et tenu à la main.

Quant à la lumière solaire, elle manque par malheur très souvent, et il faut s'assurer d'un autre moyen d'éclairage.

Avec les miroirs ci-dessus, la lumière des lampes, du schiste, du gaz, et la lumière électrique même, sont ou insuffisantes ou d'un emploi difficile; la meilleure de toutes, qui est la lumière électrique, a l'inconvénient très grand de n'être pas continue.

Le laryngoscope, fabriqué par M. Czermak à l'aide de l'ophthalmoscope, surmonte une partie des difficultés, et M. Czermak s'en sert, dit-on, avec une grande habileté.

Cet instrument, fort ingénieux du reste, et dont le principal avantage consiste dans l'emploi d'un miroir réflecteur percé au centre, a l'inconvénient de laisser perdre une quantité considérable de lumière, ce qui est grave lorsqu'on se sert de tout autre foyer lumineux que la lumière solaire.

Je n'ai obtenu avec lui que des résultats imparfaits tant que je l'ai éclairé autrement qu'avec le soleil.

Chez moi et chez beaucoup de chanteurs, la base de la langue, très volumineuse, projette sur les parties à examiner un cône d'ombre qui rend toute constatation très douteuse, sinon impossible, tant que le foyer d'éclairage est peu intense.

Frappé de la quantité de lumière perdue avec l'appareil Czermak, et attribuant à cette circonstance la difficulté que j'éprouvais à voir nettement les objets, je fis construire un appareil très simple, destiné à produire un

faisceau lumineux assez intense, et à diriger ce faisceau sur le miroir laryngien placé dans le pharynx. (Pl. I, fig. 1.)

Cet appareil est en cuivre, et se compose de deux cylindres creux d'égale longueur et de largeurs différentes. Le cylindre le moins large est noirci en dedans, et entre à frottement dans le cylindre le plus large.

Chacun d'eux est terminé à l'une de ses extrémités par un cône tronqué et creux. Le cône fixé au cylindre intérieur est très allongé ; sa base renferme une lentille biconvexe à long foyer ; son sommet contient une autre lentille biconvexe à court foyer, montée à coulisse et munie sur l'un des points de sa circonférence d'un miroir plan à charnière.

Les deux lentilles peuvent, on le voit, s'écarter ou se rapprocher, soit du foyer lumineux, soit l'une de l'autre.

Le cône fixé au cylindre extérieur est creux, très court, étamé à l'intérieur, échanuré au sommet pour recevoir le foyer d'une lampe, derrière lequel est ajusté un miroir réflecteur concave.

Le tout est supporté par deux tiges de cuivre dont la longueur peut varier à volonté, et qui sont fixées à un plateau de bois.

A l'aide de cet appareil, j'obtiens une lumière très vive et très suffisante pour éclairer parfaitement le pharynx. Le seul défaut actuel de l'instrument est son volume ; mais au dire de M. Richard, mon ami, qui l'a fabriqué, on pourrait très aisément le rendre transportable.

En ce moment, je fais percer au centre le miroir à charnière pour y ajuster une lunette grossissante.

Procédés opératoires.

L'appareil est disposé sur une table, et chauffé suffisamment pour que la vapeur pulmonaire ne puisse ternir la petite lentille qui va se trouver très près de la bouche; les rayons calorifiques émanés de la lampe et concentrés par les lentilles suffisent à cet effet.

Je me place sur une chaise à une petite distance de la table, de manière à recevoir le faisceau lumineux dans l'arrière-bouche, sur la paroi postérieure du pharynx.

Alors je porte jusque sur cette paroi le miroir laryngien préalablement chauffé. J'ai heureusement la faculté de supporter le contact de ce miroir aussi longtemps et aussi souvent que je le veux, sans éprouver la moindre gêne; quelques-uns de mes élèves possèdent la même insensibilité, quoique à un degré moindre. D'autres ont beaucoup de peine à s'y faire; néanmoins, avec de l'adresse et de l'expérience, en ayant soin surtout de porter rapidement le miroir à la place voulue, sans toucher les parties avoisinantes, et particulièrement la base de la langue, je suis convaincu que l'opération peut être pratiquée chez un grand nombre de sujets, pourvu qu'ils soient à l'état sain. C'est presque toujours le contact avec la base de la langue qui détermine les nausées, et il est facile d'éviter ce contact.

Le miroir laryngien, tenu de la main droite, est donc introduit rapidement jusqu'à la paroi postérieure du pharynx, sur laquelle on l'appuie de manière à former avec cette paroi un angle très ouvert en avant.

La partie supérieure du miroir est appuyée sur le bord

du voile du palais, la tige coudée repose dans la commissure droite des lèvres.

Dans cette position, je cherche les angles de réflexion nécessaires pour que le faisceau lumineux, réfléchi par le miroir laryngien, aille éclairer fortement la glotte.

L'image de celle-ci se produit alors renversée sur le miroir laryngien, et de là sur le second miroir où mes yeux l'aperçoivent, mais, cette fois, symétrique à son objet, c'est-à-dire le côté droit du larynx à droite, et le côté gauche à gauche.

Pour faciliter cette opération, il faut ouvrir largement la bouche et le pharynx, pendant que l'on modifie la position du cou et de la tête de manière à établir les angles de réflexion nécessaires.

Lorsque j'examine le larynx d'une autre personne, j'assieds cette personne à ma place, je supprime le miroir externe, et je regarde directement dans le miroir laryngien que je manœuvre moi-même.

Toutes les expériences faites à l'aide de l'appareil que j'ai décrit, ont été contrôlées par moi à l'aide de la lumière solaire et trouvées exactes.

J'en vais dire le résultat.

Phénomènes observés.

Sous l'œil de l'observateur, le larynx exécute des mouvements divers.

Les uns s'accomplissent en silence : ce sont ceux qui ont lieu pendant la déglutition et la respiration tranquille.

Les autres sont accompagnés d'un certain bruit, et ont

lieu dans l'excrétion, la respiration accélérée, la toux.

Enfin les autres ont pour but et pour résultat de produire la voix humaine, avec le concours de l'air, soit par l'expiration, soit par l'inspiration.

Dans l'examen des faits j'établirai deux catégories : celle des *mouvements non phonateurs*, qui comprendra les mouvements silencieux et les mouvements avec bruit étranger au son vocal, et celle des *mouvements phonateurs*.

Mouvements non phonateurs. — Comme introduction à cette série de mouvements, décrivons l'aspect général du larynx, vu au laryngoscope.

En examinant d'avant en arrière, on découvre d'abord la base de la langue, large, concave transversalement, puis la face supérieure de l'épiglotte convexe dans sa largeur, concave dans sa longueur, plus ou moins relevée en arrière. De chaque côté de la base épiglottique, surgit à angle très aigu et plissé, un rebord rougeâtre, horizontal, qui s'arrondit et se prolonge de dehors en dedans et d'avant en arrière, marche en demi-ellipse vers un rebord semblable dont il est séparé par une échancrure qui varie à chaque instant, et se termine près de l'échancrure par deux tubercules successifs. Ce rebord est le repli aryténo-épiglottique. Les deux tubercules sont : l'antérieur, le cartilage de Wrisberg ; le postérieur, le cartilage de Santorini. (Pl. II, fig. 4.)

L'échancrure est l'espace compris entre les sommets des cartilages aryténoïdes.

Au-dessous de cette échancrure et en arrière, on aperçoit la muqueuse pharyngienne tendue entre et sur les aryténoïdes ; plus bas, une partie de la face postérieure

du cricoïde recouverte de la muqueuse pharyngienne et accolée à la paroi postérieure du pharynx.

Des deux côtés et au-dessus de la face postérieure du cricoïde on aperçoit un espace vide borné en haut et en avant par la base de la langue, en bas et en arrière par l'articulation crico-thyroïdienne, en dehors par la face interne de la moitié thyroïdienne correspondante, en dedans par la face externe des parois du vestibule de la glotte.

Au moment où l'œil pénètre entre l'épiglotte et l'espace de fer à cheval formé par les replis aryténo-épiglottiques, il découvre une sorte d'entonnoir à parois concaves, évasées, mobiles, abrité par l'épiglotte, et présentant quelque analogie avec le pavillon de certains instruments à vent : c'est le vestibule de la glotte.

En descendant peu à peu au fond de cet entonnoir, on aperçoit d'abord, de chaque côté, les ligaments thyroaryténoïdiens supérieurs à peine indiqués ; puis les ventricules de Morgagni, sous l'apparence de sillons linéaires ; puis, tout à fait au fond, une fente antéro-postérieure, extrêmement mobile, tour à tour lancéolée, losangique, elliptique, triangulaire, dont les bords nacrés et brillants palpitent avec une rapidité surprenante : c'est la glotte doublée de la membrane vocale.

Grâce à mon expérience du chant, je parvins sans trop de difficulté à maîtriser les mouvements des aryténoïdes, en m'aidant de respirations lentes et profondes.

Alors je pus, la glotte étant largement ouverte, considérer à loisir les ligaments vocaux dans toute leur étendue, y compris leurs insertions antérieures, apercevoir et

même compter les cerceaux cartilagineux de la trachée sur sa paroi antérieure.

Plus tard, à la lumière solaire, je vis la face inférieure de l'épiglotte, le bourrelet rougeâtre constaté à sa base par M. Czermak. Enfin, ces jours derniers, également avec la lumière solaire, je suis parvenu à découvrir sur moi-même la bifurcation de la trachée.

Pour y réussir, j'ai conservé à la tête sa position naturelle, et je me suis servi d'expirations très profondes et très lentes.

Au moment où ces expirations allaient finir, si j'augmentais un peu le courant d'air, je distinguais à merveille toute la portion sous-glottique des ligaments vocaux dans laquelle s'enfonçaient en arrière, en s'écartant, les apophyses aryténoïdes. C'est ce dernier phénomène qui m'a suggéré l'idée de diviser anatomiquement les ligaments vocaux en trois régions. (Pl. VI, fig. 4.)

Outre l'expérience des mouvements laryngiens résultant de ma profession, une circonstance heureuse favorisait mes enquêtes : l'épiglotte est, chez moi, assez courte et appliquée, par sa surface supérieure, contre la base de la langue. De plus, et par suite d'une conformation qui est cause de la puissance et de la gravité de ma voix, mes ligaments vocaux ont une dimension relativement considérable, et pour cette raison se prêtent plus facilement à un examen minutieux.

Après m'être rendu compte de l'aspect général du larynx, et après avoir acquis sur les aryténoïdes un empire suffisant, j'observai d'abord de quelle manière se comportait la glotte pendant la respiration.

Lorsque cette dernière est tranquille, régulière et profonde, voici quels mouvements ont lieu.

Au commencement de l'inspiration, les aryténoïdes s'écartent en tournant sur eux-mêmes; leur sommet soulève et entraîne en dehors les replis épiglottiques, tandis que leurs apophyses portant leurs extrémités en dehors et en haut, soulèvent et écartent les ligaments vocaux dans leur partie postérieure. A mesure que l'inspiration continue, la glotte demeure largement ouverte.

L'inspiration terminée, au moment où l'expiration commence, les aryténoïdes font un léger mouvement de retour sur eux-mêmes, puis s'écartent de nouveau pour laisser passer l'air expiré.

Vers la fin de l'expiration, si l'on augmente la force du courant d'air, l'ouverture de la glotte devient considérable, les ligaments vocaux sont apparents dans toute leur région sous-glottique, et l'on voit en arrière les apophyses aryténoïdes, fortement écartées, s'enfoucer dans la membrane vocale. A ce moment on peut parfaitement apercevoir la bifurcation des bronches.

Tous ces mouvements, faciles si l'on emploie la respiration diaphragmatique, deviennent moins aisés et moins complets si l'on emploie la respiration costale supérieure, ou si l'on accélère cette respiration de manière à simuler l'essoufflement.

Dans ces derniers cas, au moment de l'inspiration, les aryténoïdes, avant de s'écarter, se rapprochent, et ne laissent passer l'air qu'avec un bruit sifflant bien connu.

Du reste, si dans ces expériences on ne pousse pas

l'inspiration forcée jusqu'à l'occlusion du larynx, ou l'expiration jusqu'à l'effort, les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs et l'épiglotte n'exécutent que des mouvements à peu près nuls. Il n'en est pas de même dans la déglutition.

L'examen de cet acte physiologique demande beaucoup de patience et de soin, et doit être étudié par phases successives.

Tout d'abord les aryténoïdes, en s'affrontant par toute l'étendue de leurs faces internes, ferment la glotte avec énergie. Presque simultanément, les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs se rapprochent, entrent en contact et recouvrent complètement la glotte, pendant que l'épiglotte, entraînée en arrière, applique sa base, puis sa face inférieure sur les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs affrontés. A ce moment, la base de la langue recouvre le tout, et dérobe à l'œil le reste du mouvement que complètent les constricteurs du pharynx.

Une occlusion pareille a lieu dans la toux, et l'on voit l'air soulever énergiquement les parties supérieures du dôme, et les séparer brusquement pour s'ouvrir un passage.

Même occlusion dans l'effort, où elle est complète, et dans l'excrétion, où elle laisse en arrière un passage très étroit aux mucosités chassées par l'air.

Pendant tous ces mouvements, on voit en arrière les muscles aryténoïdiens et les muscles aryténo-épiglottiques soulever et gonfler la muqueuse tout le long de leur trajet, ces derniers entraînant évidemment l'épiglotte en arrière.

Mouvements phonateurs. — Ces mouvements peuvent déterminer la voix, soit pendant l'inspiration, soit pendant l'expiration.

Je dirai, en terminant, quelques mots de la voix *inspiratoire*, mais je commencerai par l'étude approfondie des mouvements qui produisent la voix habituelle ou *expiratoire*.

Cette voix a deux manifestations, désignées depuis longtemps sous les noms de *registre de poitrine* et de *registre de fausset*. L'anatomie et la physiologie repoussent également la dénomination de *voix de tête*, fort improprement appliquée au registre de fausset.

A. *Registre de poitrine.* — Mes expériences ne se sont point accomplies, bien entendu, dans l'ordre qui va suivre. Ce n'est qu'au bout de quelque temps que je suis devenu assez exercé pour classer tous les phénomènes dont j'étais le témoin, coordonner les faits, et rendre ainsi plus clair l'ensemble de mes observations.

Tant que la glotte demeure largement ouverte, quelle que soit la violence du courant d'air qui la traverse, on n'obtient aucun son.

Mais si l'on rapproche peu à peu l'un de l'autre les ligaments vocaux, et qu'on les ébranle par un courant d'air énergique, on les voit, parvenus à une très petite distance l'un de l'autre, entrer en vibration, et produire la voix dite *de poitrine*. Les sons ainsi obtenus, la glotte étant légèrement entr'ouverte dans toute sa longueur, sont étouffés et sourds.

Si le contact des lèvres de la glotte devient de plus en plus intime, l'éclat du son augmente. Enfin, si le contact

est poussé aux dernières limites, l'occlusion du larynx a lieu suivant le procédé décrit plus haut.

Si l'on choisit pour cette expérience les sons de l'octave *sol*¹ *sol*², chacun d'eux peut être produit indifféremment, la glotte étant très légèrement ouverte dans toute sa longueur ou fermée en arrière; seulement, dans le premier cas, c'est-à-dire lorsque la glotte intercartilagineuse est ouverte entièrement, les sons sortent étouffés, et la tension longitudinale est moins forte; dans le second cas, c'est-à-dire lorsque la glotte est fermée en arrière, l'éclat des sons augmente avec la tension. Un courant d'air énergique est indispensable dans le premier cas pour engendrer le registre de poitrine; avec un courant d'air faible, on courrait le risque de déterminer le registre de fausset. (Pl. VI, fig. 2 et 3.)

Le point de départ une fois établi, je cherchai d'abord à constater le phénomène de la génération du son de poitrine dans son expression la plus simple. Pour cela, je fis passer un courant d'air, d'abord très faible, puis augmenté progressivement à travers la glotte très légèrement ouverte dans toute sa longueur, en cherchant à produire, en voix de poitrine bien entendu, le son de l'échelle diatonique, *fa*². (Pl. VI, fig. 4.) D'abord, je vis les aryénoïdes, écartés pour l'inspiration, soulever par leurs sommets, la muqueuse et les ligaments aryéno-épiglottiques, se rapprocher en même temps qu'ils rapprochaient les lèvres de la glotte, de manière à laisser entre elles une fente étroite où plongeait mon regard. Les ligaments vocaux se soulevèrent et se tendirent à la fois dans leur région sous-glottique, dans leur région ventri-

culaire et dans leur bord libre. Parvenus à une très petite distance l'un de l'autre, les ligaments entrèrent en vibration dans toute leur étendue, seulement les vibrations n'avaient pas partout la même amplitude.

Dans la région ventriculaire, les excursions de la membrane, moins visibles en dehors, devenaient de plus en plus sensibles à mesure que je les examinai plus près du bord libre des ligaments.

Le bord libre vibrait en plein, mais où les vibrations se manifestaient de la manière la plus évidente et la plus saisissable, c'était dans la région *sous-glottique*, immédiatement au-dessous du bord libre. Là je vis de chaque côté la membrane vocale se soulever, comme la peau sous une ventouse, former un ventre arrondi qui venait à la rencontre d'un ventre opposé et semblable, s'y accolait, s'effaçait, puis se reformait, et ainsi de suite, chaque apparition des ventres correspondant évidemment à une vibration.

Plus le courant d'air était énergique, plus les ventres étaient volumineux. Confondus en haut avec le bord libre des ligaments vocaux, ils offraient leur partie la plus saillante vers le milieu de ces mêmes ligaments, c'est-à-dire plus près de la partie antérieure de la glotte que de la postérieure. De là ils allaient s'abaissant vers les extrémités glottiques par deux pentes d'inégale longueur.

Pendant cette expérience, il m'a semblé, sans que je puisse le prouver, que dans la totalité de la membrane, les vibrations étaient isochrones.

Fixé désormais sur la génération des sons dans le registre de poitrine, je m'attachai à découvrir le mécanisme de l'élevation et de l'abaissement du son.

N'ayant plus besoin cette fois d'interroger la région sous-glottique, j'affrontai très légèrement les lèvres de la glotte, je fis passer entre elles un courant d'air très faible, et je séparai chaque son par une inspiration très courte.

Je commençai par les sons les plus graves de ma voix, et à partir de l'*ut*¹, j'observai les phénomènes suivants. (Pl. VII, fig. 1.) D'abord les aryténoïdes s'affrontèrent par le tiers inférieur et postérieur de leurs faces internes. Les ligaments vocaux, très faiblement tendus, exécutaient des vibrations molles et amples, parfaitement saisissables dans le bord libre et la région ventriculaire. Les ventres sous-glottiques eux-mêmes devenaient parfaitement visibles, surtout si j'augmentais la force du courant d'air.

A mesure que je franchis les degrés supérieurs de l'échelle diatonique, écartant et accolant successivement les aryténoïdes à chaque expiration, je vis se reproduire les mêmes phénomènes, quoique d'une manière de moins en moins sensible. Seulement, l'ouverture glottique se rétrécissait graduellement en arrière par l'accolement progressif des aryténoïdes, dont les faces internes, en s'affrontant de plus en plus pour chaque son, diminuaient peu à peu l'étendue de la surface vibrante.

Lorsque je fus parvenu à l'*ut*², les lèvres de la glotte, en s'affrontant davantage, me cachèrent les ventres vibrants, mais les vibrations du bord libre et de la région ventriculaire demeurèrent très apparentes.

A ce moment, les apophyses aryténoïdes commencèrent à se mettre en contact par leurs extrémités ténues. En même temps, les ligaments vocaux présentèrent les traces

d'une tension de plus en plus forte, tension qui devint très apparente lorsque les extrémités apophysaires se furent affrontées en entier. A ce moment-là, j'étais parvenu au *ré*³.

Je continuai à élever le son.

Les vibrations devinrent de plus en plus rapides, la région ventriculaire diminua peu à peu en largeur, ce qui prouvait qu'elle était fortement tendue en longueur; la diminution en arrière de l'ouverture glottique devint de moins en moins perceptible, et il me sembla que la tension ligamenteuse me conduisait presque seule jusqu'au *fa*³, limite extrême de ma voix.

Je dois consigner ici une remarque importante: avec un courant d'air faible comme celui que j'emploie dans l'expérience ci-dessus, chacun des sons est mince, faible, quoique éclatant, et les vibrations membraneuses ont peu d'étendue. Si j'augmente la force du courant d'air, chaque son acquiert de l'intensité, un éclat plus grand, et l'étendue des vibrations augmente.

La contre-épreuve de l'expérience que je viens de décrire me donna des résultats identiques en sens inverse, c'est-à-dire qu'en redescendant avec les mêmes précautions l'échelle diatonique, je vis diminuer d'abord la traction antéro-postérieure et la traction ventriculaire, puis la glotte s'ouvrir progressivement en arrière, les ventres vibrants reparaitre, et enfin les vibrations redevenir de plus en plus amples et molles jusqu'au point de départ.

Pendant cette expérience, et pendant toutes celles relatives aux sons de poitrine, les ventricules de Morgagni demeurent linéaires, et les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs ne prennent aucune part à la génération du son.

De la série d'observations faites sur le registre de poitrine, il résulte que, dans ce registre :

1° Les ligaments vocaux vibrent à la fois dans leur région *sous-glottique*, dans leur région *ventriculaire* et dans leur *bord libre*, c'est-à-dire dans toute leur étendue.

2° Les vibrations deviennent moins amples et plus rapides à mesure que le son devient plus aigu ; le contraire ayant lieu à mesure que le son devient plus grave.

3° Pour aller du grave à l'aigu, la glotte se rétrécit sensiblement d'arrière en avant, jusqu'aux limites suivantes : du *si*² au *ré*³, chez les basses-tailles ; du *mi*³ au *sol*³, chez les ténors ; du *fa*³ au *la*³, chez les femmes. Le contraire a lieu en allant de l'aigu au grave, à partir des mêmes limites. De plus, ces limites sont aussi celles des apophyses aryténoïdes en avant.

4° Pour aller du grave à l'aigu, les ligaments vocaux sont soulevés et tendus graduellement dans leurs trois régions, mais la tension la plus énergique a lieu dans le sens antéro-postérieur ; cette tension est plus forte que dans le registre de fausset.

5° A partir des limites tonales indiquées ci-dessus, l'agent principal de l'élévation du son m'a paru être la tension des ligaments vocaux ; néanmoins l'ouverture de la glotte continue encore à diminuer en arrière, mais imperceptiblement et d'une quantité minime.

6° Les aryténoïdes, en diminuant en arrière l'ouverture glottique, diminuent en même temps l'étendue de la surface vibrante.

7° On peut produire une certaine série de sons, la glotte étant ouverte dans toute sa longueur, mais cette série est

bornée à la partie la plus grave de la voix, et les sons n'ont aucun éclat. L'affrontement des aryténoïdes est indispensable à l'éclat des sons et au parcours entier de l'échelle vocale.

8° La glotte demeure rectiligne, et les aryténoïdes s'affrontent par le tiers inférieur de leurs faces internes.

9° Les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs ne prennent aucune part à la génération du son.

10° Les ventricules de Morgagni demeurent linéaires.

11° Pour passer du grave à l'aigu, le vestibule de la glotte se rétrécit dans toutes ses dimensions. Ses parois se redressent et deviennent moins concaves; sa profondeur diminue beaucoup dans la voix claire, moins dans la voix sombre. Le contraire a lieu en revenant de l'aigu au grave.

B. *Registre de fausset.* — Ainsi que je l'avais fait pour le registre de poitrine, je cherchai à découvrir les phénomènes généraux du registre de fausset avant de passer à l'examen des mouvements qui permettent au larynx de parcourir avec ce registre l'échelle vocale.

Les chanteurs exercés savent que l'on peut faire entendre alternativement le même son en voix de poitrine et en voix de fausset, à l'aide d'un courant d'air non interrompu.

Je me suis servi de ce procédé pour étudier les modifications glottiques inhérentes, en général, au registre de fausset. Je tiens la glotte légèrement affrontée en arrière, et, à l'aide d'un courant d'air énergique, je produis en voix de poitrine le son *mi bémol*³. (Pl. VII, fig. 2.)

Les aryténoïdiens sont rapprochés en arrière dans toute

la longueur de leurs apophyses et par le tiers inférieur de leurs faces internes, les ligaments vocaux vibrent en plein, les ventres vibrants sont formés, la glotte est rectiligne. Tout à coup et sans interrompre le courant d'air, je passe à la voix de fausset, toujours avec le son *mi bémol*³. (Pl. VII, fig. 3.)

Alors se produit la série suivante de phénomènes. D'abord l'ouverture de la glotte devient subitement elliptique et augmente en arrière; simultanément les ventres vibrants disparaissent, quelle que soit l'intensité du courant d'air, pourvu toutefois que celui-ci ne soit pas assez fort pour ramener le registre de poitrine; la tension longitudinale diminue, et la région ventriculaire des ligaments est comme sollicitée de dedans en dehors par une traction latérale. Du reste, cette région ventriculaire et le bord libre continuent à vibrer très sensiblement, quoique avec des excursions moins amples que dans le registre de poitrine; les aryténoïdes ont entr'ouvert leurs bases et rapproché leurs sommets; les ligaments aryténo-épiglottiques sont tendus plus que pour le son de poitrine; les cartilages de Santorini se pressent fortement l'un contre l'autre, et l'on voit la muqueuse se gonfler derrière eux, puis sur le bord externe de l'aryténoïde, et jusque sur la face externe des parois du vestibule de la glotte. En même temps la face externe de ces parois s'aplatit dans toute son étendue, et j'ai même vu, chez moi, se tendre la muqueuse, au fond de l'espace vide situé entre les faces externes des parois vestibulaires et la face interne correspondante du thyroïde.

En outre, une particularité importante se rencontre

chez moi. Mon cartilage de Santorini gauche est au niveau du droit, et il conserve cette position pendant l'émission des sons de poitrine. Au moment du passage, il s'abaisse très visiblement, et se met au-dessous du niveau de son voisin, contre lequel il se presse fortement. Cette particularité permet d'observer d'une manière certaine la contraction de l'aryténoïdien oblique inséré au sommet de mon aryténoïde gauche.

L'air contenu dans ma poitrine étant épuisé, je le renouvelle et je recommence l'opération en sens inverse.

Je trouve la glotte elliptique et les ligaments vocaux tendus, mais la tension antéro-postérieure est moindre que dans le registre de poitrine, et l'ouverture de la glotte plus grande en arrière.

La traction ventriculaire est plus apparente, les ventres vibrants ont disparu. Les aryténoïdes, légèrement entr'ouverts à leur base, sont principalement affrontés par leurs sommets. La muqueuse est soulevée en arrière et sur les côtés, les replis épiglottiques sont tendus et amenés l'un vers l'autre, mon cartilage gauche de Santorini est plus bas que son voisin.

Je passe à la voix de poitrine.

A l'instant, la glotte redevient rectiligne ; la tension antéro-postérieure augmente, la tension ventriculaire est moins prononcée ; la région sous-glottique des ligaments vocaux est soulevée et tendue, les ventres vibrants reparassent ; les aryténoïdes, écartant leurs sommets, s'affrontent par leurs bases ; la muqueuse cesse d'être soulevée en arrière et en haut, et mon cartilage de Santorini gauche remonte à sa place ordinaire.

Pendant tout ce temps, les ventricules de Morgagni demeurent linéaires, et les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs ne concourent en rien à la génération du son.

Avant de passer outre, je dois m'appesantir sur un phénomène d'une haute importance que j'ai dû me contenter de signaler rapidement tout à l'heure, emporté que j'étais par les exigences de ma description : je veux parler de la traction latérale des ligaments vocaux dans leur portion ventriculaire. J'avais tout d'abord pressenti les conséquences physiologiques d'une observation si nouvelle et si importante. Je voulus donc immédiatement acquérir à ce sujet une certitude expérimentale, et, après divers tâtonnements, j'imaginai les deux expériences suivantes.

Dans la première, je dispose la glotte pour l'émission du son *si*² de fausset, et j'y fais passer un courant d'air très faible, avec la volonté de ne pas produire le son. Bien que la tension longitudinale existe et que la glotte ait en arrière le degré d'occlusion voulu, l'air que j'expire régulièrement et doucement ne détermine aucun son, et les ligaments vocaux restent immobiles.

J'augmente la tension longitudinale et l'occlusion de la glotte en arrière : nul son ne se produit, même avec un courant d'air un peu plus fort.

Alors je reviens au point de départ avec la volonté, cette fois, de produire le son *si*². Seulement, pour ne pas m'abuser moi-même et me figurer que l'absence du son tient à la faiblesse du courant d'air primitif, j'en emploie un plus faible encore, et avec lui j'obtiens ce que je n'avais pu obtenir tout à l'heure, c'est-à-dire le son demandé.

Je suis donc fondé à conclure qu'à la tension longitu-

dinale, insuffisante d'abord, s'est adjointe une autre tension, qui est incontestablement et visiblement, du reste, la tension latérale externe ou ventriculaire.

Je dis visiblement, car la deuxième expérience démontre avec la dernière évidence le fait de la traction ventriculaire.

Voici comment je procède.

A l'aide d'un courant d'air non interrompu, régulier, et d'une certaine énergie, je produis, en commençant par en haut, tous les sons de l'octave *sol*³, *sol*² toujours en voix de fausset, et j'ai soin d'assurer chacun d'eux par une petite secousse du larynx. Cette opération est bien connue des chanteurs, et s'appelle, dans leur langage, *marquer les sons*. Seulement les chanteurs ont coutume d'appuyer la secousse du larynx par une légère contraction des muscles expirateurs, ce que j'évite avec soin dans mon expérience, afin de ne pas attribuer à l'air ce qui résulte uniquement de la contraction des muscles intrinsèques du larynx.

Dans ces conditions, si je parcours l'octave *sol*³, *sol*², je vois distinctement la région ventriculaire des ligaments vocaux tirillée en dehors, à chaque son, par une petite secousse très apparente, et qui ne laisse aucun doute sur le fait de la tension latérale.

Les deux expériences aboutissent donc au même résultat.

Relativement à l'affrontement aryténoïdal, on se demandera comment j'ai pu constater qu'il avait lieu tantôt par le tiers inférieur, tantôt par les deux tiers supérieurs des faces internes.

D'abord l'affrontement par en haut est très manifeste,

et l'anomalie que j'ai signalée dans mes cartilages de Santorini aide puissamment à l'établir chez moi.

Quant à l'affrontement par en bas, je rappellerai que j'ai beaucoup expérimenté avec la glotte ouverte dans toute sa longueur. En procédant ainsi, on peut voir de quelle manière se comportent les bases aryténoïdales.

Du reste, toutes les expériences dont j'ai parlé ne peuvent être faites d'un seul coup. Il faut les exécuter pas à pas, phase par phase, et répéter souvent chacun de leurs détails pour surmonter les obstacles qui naissent de la rapidité extrême des mouvements glottiques.

Ayant observé et classé les phénomènes survenus pendant la production du registre de fausset, pour un son unique, je m'appliquai à poursuivre ces phénomènes sur les divers degrés de l'échelle diatonique.

Je commençai d'abord par les sons graves, pendant lesquels la glotte largement ouverte se prête le mieux à l'investigation, et je m'aperçus qu'il m'était impossible de produire des sons de fausset au-dessous du *si bémol*¹.

C'était donc à partir de cette limite qu'il me fallait parcourir l'échelle diatonique.

Je trouvai la glotte elliptique, beaucoup plus ouverte en longueur que pour le même son *si bémol*¹ du registre de poitrine. Les aryténoïdes la fermaient en arrière sur une très petite étendue de leurs faces internes. Le contact de ces faces internes, très intime depuis le sommet aryténoïdal jusqu'un peu au-dessous du niveau du bord supérieur des apophyses, devenait de moins en moins intime en approchant du ligament articulaire interne. Les ventres vibrants ne se produisaient pas, à moins d'employer

un courant d'air très énergique, mais alors le registre de poitrine reparaisait. Le bord libre des ligaments, gros et arrondi, vibrait avec des excursions moins amples que dans le registre de poitrine. La région ventriculaire exécutait aussi elle, des vibrations à amplitudes décroissantes de dedans en dehors, moins sensibles que dans le registre de poitrine, mais évidentes. Du reste, pour quiconque s'est servi une fois avec attention du laryngoscope, et a émis des sons de poitrine et de fausset, il demeure incontestable que, dans les deux registres, les ligaments vocaux vibrent soit en totalité, soit en partie.

Toutes proportions gardées, les vibrations étaient amples et lentes comme pour les sons graves de poitrine, plus sensibles sur le bord libre des ligaments, moins sensibles en allant vers les ventricules.

Elles paraissaient isochrones.

En somme, la tension ligamenteuse était très faible.

Une fois mes observations terminées à propos du son *si bémol*¹, j'essayai de produire le *la* naturel¹; mais la glotte s'étant élargie, les vibrations cessèrent, et je n'obtins aucun son.

Je repris alors le *si bémol*¹, et je commençai à gravir l'échelle diatonique en procédant comme je l'avais fait lors de la même opération sur le registre de poitrine, c'est-à-dire à l'aide d'un courant d'air très faible, et par des expirations distinctes qui écartaient et rapprochaient tour à tour les aryténoïdes, pour chaque son, par un contact très léger.

A mesure que je franchis les degrés supérieurs au *si bémol*¹, les aryténoïdes s'affrontèrent de plus en plus tout

le long du bord supérieur des apophyses aryténoïdes, et diminuèrent progressivement en arrière l'ouverture toujours elliptique de la glotte, pendant que la tension longitudinale, de plus en plus sensible, diminuait de son côté la largeur de l'ellipse. (Pl. VII, fig. 4.)

Les vibrations devinrent moins amples et plus rapides dans les ligaments dont le bord libre s'amincissait.

A mesure que l'ouverture intercartilagineuse diminuait, les sons devinrent plus éclatants.

L'affrontement des apophyses aryténoïdes continuait à se faire par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes.

Parvenu au *ré*³, les extrémités ténues des apophyses commencèrent à entrer en contact, pendant que la tension longitudinale augmentait sensiblement.

Cette nouvelle phase me conduisit jusqu'au *sol*³.

A partir de ce moment et pour les sons *la*¹, *si*¹, *ut*¹, la tension ligamenteuse me parut, comme dans le registre de poitrine, s'emparer du rôle principal, bien que la glotte diminuât imperceptiblement en arrière. Le bord libre des ligaments, très aminci, était fortement tendu, ainsi que la portion ventriculaire, dont la largeur avait diminué, un peu moins toutefois que dans le registre de poitrine.

Tous ces sons avaient été obtenus à l'aide d'un courant d'air très léger.

Lorsque j'augmentais la poussée d'air, les sons, de minces et faibles, devenaient plus intenses.

Arrivé aux limites supérieures de mon registre de fausset, je recommençai en sens inverse les expériences qui pré-

cèdent, et comme dans le registre de poitrine, j'obtins la contre-épreuve des phénomènes observés.

Les ligaments vocaux se relâchèrent peu à peu, la forme elliptique devint plus apparente, puis les aryténoïdes s'écartant graduellement, je revins à mon point de départ.

Toutes ces expériences, faites d'abord avec le laryngoscope, puis avec la lumière solaire, furent renouvelées sur un de mes amis ayant une voix de ténor assez grêle, puis sur des élèves basses et ténors.

J'observai des phénomènes identiques, quoique d'autant moins sensibles que les voix étaient moins graves et moins puissantes. Chez les ténors surtout, la forme elliptique de la glotte était beaucoup moins apparente et plus allongée que chez moi.

Mais je constatai, dans tous les cas, la disparition des ventres vibrants et la longueur plus grande de l'ouverture glottique.

Résumant toutes les observations relatives au registre de fausset, je conclus, pour ce registre, que :

1° Les ligaments vocaux vibrent seulement dans leur *bord libre* et leur *région ventriculaire*, leur région sous-glottique cessant de vibrer d'une manière efficace.

2° Les vibrations deviennent moins amples et plus rapides à mesure que le son devient plus aigu, le contraire ayant lieu à mesure que le son devient plus grave.

3° La glotte prend une forme elliptique plus ou moins sensible, suivant les sujets, la nature des voix et leurs aptitudes, la gravité ou l'acuité des sons.

4° Pour aller du grave à l'aigu, la glotte se rétrécit d'ar-

rière en avant jusqu'aux limites tonales suivantes : du *fa*³ au *la*³, chez les basses-tailles ; du *sol*³ au *si*³, chez les ténors ; et du *ré*⁴ au *fa*⁴, chez les femmes ; le contraire ayant lieu pour aller de l'aigu au grave à partir des mêmes limites. De plus, ces limites sont en même temps celles des apophyses aryténoïdes.

5° Pour aller du grave à l'aigu, les ligaments vocaux sont tendus graduellement dans leur bord libre et dans leur portion ventriculaire ; la tension principale a lieu dans le sens antéro-postérieur, et est moindre que dans le registre de poitrine ; pour aller de l'aigu au grave, la tension diminue.

6° A partir des limites tonales ci-dessus indiquées, l'agent principal de l'élévation du son m'a paru être la tension ligamenteuse, aidée d'une faible diminution de l'ouverture glottique en arrière.

7° Les aryténoïdes, cause de la diminution de l'ouverture glottique jusqu'aux limites tonales indiquées, diminuent en même temps, en arrière, l'étendue de la surface vibrante. L'accolement de ces cartilages est presque nul dans le tiers inférieur de leurs faces internes, tandis qu'il est très marqué depuis leur sommet jusques un peu au-dessous du bord supérieur de leurs apophyses.

8° Les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs ne prennent aucune part à la génération du son. Ils vibrent plus faiblement que dans le registre de poitrine, et seulement dans les sons puissants.

9° L'entonnoir ou vestibule de la glotte diminue dans toutes ses dimensions, plus dans la voix claire, moins dans la voix sombre ; la paroi postérieure se redresse ainsi que

les parois latérales : sur la surface externe de celles-ci, on peut voir la muqueuse soulevée et tendue jusqu'au fond de l'espace libre que j'ai signalé entre cette surface et la moitié thyroïdienne correspondante. Les ligaments épiglottiques sont plus tendus que dans la voix de poitrine, et sollicités en bas.

10° Les sons inférieurs du registre de fausset naissent pendant que la glotte intercartilagineuse est largement ouverte, et n'ont que très peu ou pas d'éclat. C'est seulement à partir du moment où l'affrontement aryténoïdal augmente que le registre de fausset acquiert tout l'éclat dont il est susceptible.

J'ai terminé l'examen des mouvements de toutes sortes que le larynx exécute, soit pour produire des sons vocaux, soit pour accomplir des actes physiologiques étrangers à la voix.

On a vu les mouvements phonateurs aboutir à deux registres, et, dans ces deux registres, donner naissance à tous les sons de l'échelle diatonique. Il est aisé de comprendre que les sons chromatiques résultent d'un mécanisme semblable.

Parmi les phénomènes signalés, il en est qui sont particuliers à chaque registre, tandis que d'autres sont communs à tous deux.

La forme rectiligne de l'ouverture glottique, l'affrontement des aryténoïdes par le tiers inférieur de leurs faces internes, la formation de ventres vibrants dans la région sous-glottique des ligaments, sont inhérents au registre de poitrine.

La forme ellipsoïde de l'ouverture glottique, l'affronte-

ment des aryténoïdes par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes, l'absence des ventres vibrants, caractérisent le registre de fausset.

L'occlusion graduelle de la glotte en arrière, la tension en totalité ou en partie des ligaments vocaux, les vibrations en totalité ou en partie de ces mêmes ligaments, se rencontrent également dans les registres de poitrine et de fausset.

Il existe deux autres phénomènes communs aux registres de poitrine et de fausset, connus des chanteurs sous les noms de *son filé* et de *trille*, et dont l'étude laryngoscopique trouve ici-la place.

Son filé. — Faire passer à travers la glotte en vibration un courant d'air d'abord très faible, puis de plus en plus intense; le diminuer ensuite progressivement et le ramener à sa ténuité première; exécuter cette opération par gradations et dégradations habilement ménagées, s'appelle *filer un son*.

J'ai examiné au laryngoscope les phénomènes survenus pendant l'émission d'un son filé, et voici ce que j'ai constaté :

Les ligaments vocaux s'affrontent d'abord légèrement, et leurs vibrations, très faibles, sont plus apparentes vers le bord libre que partout ailleurs.

La glotte est fermée en arrière au degré relatif au son choisi pour l'expérience.

A mesure que l'intensité du courant d'air augmente, les vibrations acquièrent une ampleur de plus en plus considérable, et deviennent très apparentes dans les régions génératrices du son particulières à chaque registre.

L'ouverture glottique augmente très légèrement en arrière, et la tension longitudinale diminue d'une quantité proportionnelle à l'intensité du courant d'air.

J'ai obtenu indifféremment des sons filés avec la glotte fermée en arrière, ou bien ouverte dans toute sa longueur.

Dans le premier cas, le son pouvait être soutenu longtemps et avec éclat; dans le second, il était sourd et l'épuisement rapide de l'air ne permettait pas de le prolonger.

Dans les deux cas, la tension longitudinale était en raison inverse de l'intensité du courant d'air.

Trille. — Répéter alternativement et avec rapidité deux sons, à intervalle de seconde, à l'aide d'un courant d'air non interrompu, s'appelle dans la langue des chanteurs, *battre un trille*.

J'ai observé le larynx pendant cette opération, et voici ce que j'ai vu :

Les lèvres de la glotte ayant été mises en contact pour le son *fa*², et sollicitées par un courant d'air suffisant, je constatai que les ligaments vocaux étaient, dans une certaine mesure, alternativement et rapidement tendus et relâchés dans le sens antéro-postérieur, la tension la plus forte correspondant toujours au son le plus élevé.

Il m'a été impossible de découvrir si l'occlusion de la glotte en arrière augmentait avec la tension, mais je n'ai pu obtenir le trille, la glotte étant ouverte dans toute sa longueur; d'où j'ai pensé que l'occlusion de la glotte s'adjoignait à la tension longitudinale pour la production du trille.

J'ai étudié les phénomènes du trille, tantôt avec un courant d'air égal, tantôt avec un courant d'air gradué, et j'ai constaté que, dans ce dernier cas, la tension longitudinale était en raison inverse de l'intensité du courant d'air.

Voix inspiratoire.

La formation des sons *inspiratoires* a été l'objet d'une étude très superficielle de ma part.

Outre qu'ils engendrent une fatigue extrême, ils se trouvent complètement étrangers au but de ce travail.

Je n'en ai observé que les phases présentant quelques connexités avec la voix *expiratoire*.

C'est à l'aide du registre de fausset que l'on obtient le plus facilement les sons *inspiratoires*, mais la glotte est plus ouverte que pour les sons de ce registre.

On gravit avec beaucoup de peine et une dépense d'air considérable les degrés de l'échelle vocale, et dans cette opération la glotte suit les lois particulières au registre de fausset, mais en exigeant un courant d'air beaucoup plus énergique.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS LARYNGOSCOPIQUES.

Je ne reviendrai pas sur les mouvements *non phonateurs* du larynx, qui sont étrangers à mon but, et que j'ai dû mentionner uniquement pour être complet.

Je négligerai pour la même raison le rappel des sons *inspiratoires*.

Relativement aux *mouvements phonateurs*, je ferai obser-

ver qu'ils sont communs aux deux registres, ou particuliers à chacun d'eux, et je les résumerai à ce double point de vue.

A. — *Phénomènes communs aux deux registres.*

1° La génération du son vocal n'a jamais lieu sans que les ligaments vocaux soient tendus et sans qu'ils vibrent en totalité ou en partie.

2° La rapidité des vibrations est en raison directe de la tension membraneuse.

3° L'amplitude des vibrations est à la fois, en raison inverse de la tension, en raison directe de l'intensité du courant d'air, et en raison directe de l'étendue de la surface vibrante.

4° La tension membraneuse est en raison inverse de l'intensité du courant d'air, et en raison directe du degré d'occlusion de la glotte en arrière, pour un son donné.

5° L'occlusion de la glotte en arrière peut augmenter graduellement jusqu'un peu au delà des extrémités antérieures des apophyses aryténoïdes.

6° Son étendue est en raison directe de l'élévation du son; son énergie est en raison directe de l'intensité du courant d'air.

7° Cette occlusion est très manifeste jusqu'à certaines limites tonales qui correspondent aux limites antérieures des apophyses aryténoïdes.

8° A partir du moment où les apophyses aryténoïdes se sont affrontées dans toute leur longueur, l'agent principal de l'élévation du son est la tension longitudinale.

L'occlusion de la glotte en arrière est beaucoup moins apparente.

9° L'occlusion postérieure de la glotte est indispensable à l'éclat et à l'élévation du son. Néanmoins on peut produire une certaine série de sons, la glotte étant ouverte dans toute sa longueur, mais cette série est limitée à la partie la plus grave de l'échelle vocale, et les sons n'ont aucun éclat.

10° Pour un son donné, le degré d'occlusion de la glotte en arrière est en raison inverse de l'intensité du courant d'air.

11° Les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs ne prennent aucune part à la génération du son, et les ventricules de Morgagni demeurent linéaires.

B. — *Phénomènes particuliers au registre de poitrine.*

1° Les ligaments vocaux vibrent dans toute leur étendue.

2° La tension longitudinale est, en général, plus forte que dans le registre de fausset.

3° L'ouverture de la glotte est rectiligne.

4° Les aryténoïdes s'affrontent principalement par le tiers inférieur de leurs faces internes.

5° Les parois du vestibule de la glotte sont moins tendues que dans la voix de fausset.

C. — *Phénomènes particuliers au registre de fausset.*

1° La région sous-glottique des ligaments vocaux cesse de prendre une part directe à la génération du son, et les

vibrations n'existent plus efficacement que dans la région ventriculaire et dans le bord libre de ces mêmes ligaments.

2° La tension longitudinale est, en général, plus faible que dans le registre de poitrine.

3° L'ouverture de la glotte prend une forme plus ou moins elliptique, suivant la nature de la voix, la grosseur et la densité des ligaments vocaux.

4° Les aryténoïdes s'affrontent principalement par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes.

5° Les parois de la glotte sont plus redressées et aplaties que dans le registre de poitrine.

Tels sont les résultats que j'ai obtenus à l'aide d'observations laryngoscopiques.

Il serait possible de rendre ces observations plus aisées en empruntant à l'optique de nouvelles ressources, et notamment celle du grossissement des pièces à examiner.

J'essayerai prochainement de ce moyen de contrôle, ainsi que d'un autre qu'il ne m'est pas permis encore d'employer.

TROISIÈME PARTIE.

PHYSIOLOGIE.

Des expériences de Ferrein, Liscovius, Lehfeldt et Müller, il résulte que le larynx est une anche membraneuse à deux lèvres. Telle est l'opinion de plusieurs physiiciens, comme Biot, Cagniard-Latour, Muncke, etc., de musiciens théoriciens, comme Weber, etc., et de quelques physiologistes, comme Magendie, Malgaigne, Longet, etc. Les expériences laryngoscopiques faites par Liston, Türk, Czermak, Semeleder, M. Garcia et moi-même, ne laissent plus désormais aucun doute à cet égard.

En effet, dans ces expériences, il ne s'agit plus de tissus privés de vie, mis en jeu par des moyens mécaniques, il s'agit d'un organe vivant, sollicité par des forces physiologiques, et présentant à l'œil toutes les phases d'un phénomène vital.

Dans les observations faites sur le cadavre, deux causes graves d'erreur pouvaient égarer et ont égaré les investigateurs.

La première résultait de la différence capitale qui existe entre les tissus morts et les tissus vivants.

La seconde, plus dangereuse, parce que l'on en tient moins compte, est l'irrésistible facilité avec laquelle on applique les lois de la physique à la physiologie.

Or, si l'on considère que les expériences laryngoscopiques permettent de constater *de visu* les fonctions de l'organe vocal pendant la vie ; si l'on réfléchit que ces expériences ont été faites, à la fois, par d'habiles physiologistes et des chanteurs exercés, on comprendra comment est désormais mise hors de doute la vérité suivante :

Le larynx de l'homme est une anche membraneuse à deux lèvres.

On sait que le larynx est pourvu d'un *porte-vent*, la *trachée-artère*, et d'un *porte-son*, le *vestibule de la glotte* continué par le pharynx, et les cavités buccale et nasale.

Müller a démontré que toutes les parties situées au-dessus des ligaments vocaux ne prenaient aucune part à la génération du son.

Le laryngoscope confirme pleinement cette assertion.

Mais l'habile physiologiste prétend que la longueur de la *trachée-artère* ou *porte-vent* influe sur l'élévation ou l'abaissement du son, ce qui est une erreur.

En effet, tous les chanteurs exercés peuvent faire entendre des gammes descendantes pendant que la *trachée-artère* s'allonge, et des gammes ascendantes pendant qu'elle se raccourcit. L'emploi de la voix *sombrée* qu'enseignent l'école de Garcia et celle de Duprez démontre tous les jours, dans nos théâtres, que la longueur du *porte-vent* n'influe pas sur l'élévation ou l'abaissement du son.

C'est donc uniquement à la glotte, et, dans la glotte, aux ligaments thyro-aryténoïdiens inférieurs, ou *ligaments vocaux*, qu'il faut attribuer la génération des sons de la voix humaine.

Les observations laryngoscopiques qui précèdent, outre

qu'elles m'exposeront à des redites, devront abrégier beaucoup le développement des considérations physiologiques que j'ai à présenter.

On se rappellera toutefois qu'il s'agit principalement ici d'étudier la physiologie du chant, et que je ne dois insister absolument que sur les phénomènes ayant trait directement à cette étude.

Les phénomènes principaux de la génération du son vocal sont au nombre de quatre, savoir :

L'affrontement des aryténoïdes, la tension des ligaments vocaux, leurs vibrations, et l'occlusion progressive de la glotte en arrière.

A. — L'affrontement des aryténoïdes est une des conditions *sine quâ non* du phénomène vocal. Cet affrontement peut être intime ou avoir lieu à distance, et peut, lorsqu'il est intime, s'opérer progressivement d'arrière en avant. Lorsqu'il a lieu à distance, c'est-à-dire lorsque la face interne des aryténoïdes n'est pas en contact, on obtient des sons étouffés et limités aux degrés inférieurs de l'échelle vocale. (Pl. VI, fig. 2 et 3.)

Lorsqu'il est intime, les sons peuvent acquérir tout l'éclat dont ils sont susceptibles. Lorsqu'il est intime et progressif, les sons deviennent de plus en plus aigus. Mais cet affrontement progressif peut avoir lieu de deux manières, par rapport à la convexité des faces internes aryténoïdales, ainsi que le démontrent les observations laryngoscopiques : ou c'est par les deux tiers supérieurs de ces faces internes que s'affrontent principalement les aryténoïdes, ou c'est par le tiers inférieur. L'anatomie va nous donner la clef de ces divers mouvements.

L'affrontement intime ou non des aryténoïdes, tout à fait en arrière, est évidemment l'œuvre des aryténoïdiens postérieurs. D'une part, le laryngoscope nous a fait voir, surtout à propos du registre de fausset, ces muscles soulevant la muqueuse pendant leur contraction ; d'autre part, les expériences de M. Longet mettent le fait hors de doute.

Seulement, il faut ajouter que cet affrontement pouvant avoir lieu par degrés, lesdits muscles se contractent par portions, ce qui résulte de leur disposition fasciculée. (Pl. III, fig. 2.)

Mais ces muscles qui s'insèrent au bord externe des aryténoïdes, et non à leur face postérieure, doivent imprimer à ces cartilages un mouvement de rotation sur eux-mêmes qui tendrait à écarter légèrement les sommets apophysaires ; d'autres agents doivent donc intervenir pour effectuer le rapprochement de ces mêmes sommets, et ces agents sont les muscles crico-aryténoïdien latéral et thyro-aryténoïdien.

En effet, les sommets des aryténoïdes étant écartés, ces deux muscles se trouvent représenter, avec l'aryténoïdien postérieur, deux forces agissant en sens contraire, dont la résultante est dirigée obliquement de dehors en dedans et d'arrière en avant. (Pl. IV, fig. 2.)

Voilà pour l'affrontement en général des aryténoïdes ; maintenant si l'on se rappelle que les muscles crico-aryténoïdien latéral et thyro-aryténoïdien présentent chacun des faisceaux très apparents, on déduira facilement de cette disposition la cause de l'affrontement progressif.

Mais il est encore un mode d'affrontement particulier à chaque registre, c'est-à-dire que les apophyses aryté-

noïdes peuvent entrer en contact, soit par les deux tiers supérieurs, soit par le tiers inférieur de leurs faces internes.

Le phénomène trouve d'abord sa raison d'être dans la convexité particulière à ces mêmes faces internes, ainsi que nous l'avons vu en décrivant les aryténoïdes et leurs mouvements. (Pl. II, fig. 4.)

Maintenant si les aryténoïdes s'affrontent par le tiers inférieur de leurs faces internes, ils le devront évidemment au *faisceau plan* thyro-aryténoïdien et aux fibres internes du crico-aryténoïdien latéral. D'une part, la disposition de ces deux faisceaux musculaires fait pressentir ce résultat; et d'autre part, l'affrontement en question coïncide toujours avec la tension de la région sous-glottique des ligaments vocaux, c'est-à-dire avec la contraction du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien. (Pl. IV, fig. 2.)

Si au contraire les aryténoïdes s'affrontent par leurs sommets, c'est que les muscles thyro-aryténoïdien grêle, aryténoïdiens transverse, obliques, et leur prolongement, auront augmenté leur action pendant que les précédents faisceaux du thyro-aryténoïdien et du crico-aryténoïdien latéral auront diminué ou suspendu la leur. (Pl. IV, fig. 4.)

En résumé :

1° L'affrontement aryténoïdal est une condition absolue de la génération du son.

2° Il peut être intime ou avoir lieu à distance.

Dans le premier cas, les sons n'ont aucun éclat, et sont limités aux degrés inférieurs de l'échelle vocale; dans le second, les sons ont de l'éclat, et peuvent devenir de plus en plus aigus.

3° L'affrontement des aryténoïdes peut avoir lieu gra-

duellement jusqu'aux limites antérieures des apophyses aryténoïdes.

4° L'affrontement intime ou non des aryténoïdes, tout à fait en arrière, est dû aux muscles aryténoïdiens postérieurs obliques et transverse.

5° L'affrontement progressif des aryténoïdes tout le long de leurs apophyses est dû aux muscles crico-aryténoïdiens latéraux et thyro-aryténoïdiens.

6° L'affrontement des aryténoïdes par le tiers inférieur de leurs faces internes est dû aux *faisceaux plans* thyro-aryténoïdiens, aux fibres internes des muscles crico-aryténoïdiens latéraux, et aux fibres inférieures de l'aryténoïdien postérieur transverse.

7° L'affrontement des aryténoïdes par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes est dû aux muscles aryténoïdiens postérieurs obliques, thyro-aryténoïdiens grêles, et aux fibres supérieures de l'aryténoïdien postérieur transverse.

B. — Les ligaments vocaux ne peuvent vibrer qu'à la condition d'être tendus, et leur tension a lieu à la fois en longueur et en largeur.

Lorsque sur le cadavre on fait basculer le cricoïde sur le thyroïde, à l'aide des articulations crico-thyroïdiennes, on voit les ligaments vocaux se tendre en longueur proportionnellement à l'effort.

Sur le vivant, lorsque l'on produit des sons de plus en plus aigus, on voit les ligaments vocaux se tendre également en longueur proportionnellement à l'acuité du son.

De plus, le mouvement basculaire du cricoïde sur le

thyroïde est parfaitement appréciable à l'aide du doigt placé dans l'espace inter-crico-thyroïdien.

D'autre part, dès que les sons de poitrine se produisent, la région sous-glottique et la région ventriculaire des ligaments se soulèvent, pendant que le bord libre se tend, s'arrondit et se gonfle.

Le mécanisme de la tension longitudinale est facile à comprendre. Il résulte de l'action simultanée du crico-thyroïdien et des aryténoïdiens postérieurs.

Ces derniers concourent à la tension longitudinale en entraînant les aryténoïdes en arrière et en haut, grâce à la disposition oblique en haut et en arrière de la facette articulaire crico-aryténoïdienne.

Relativement au muscle crico-thyroïdien, on comprend qu'il a pour mission d'attirer le cricoïde vers le thyroïde; le fait a, du reste, été mis hors de doute par les expériences de M. Longet.

En outre, la disposition en éventail de ce muscle indique clairement qu'il peut se contracter par faisceaux, et déterminer, en conséquence, une tension graduée des ligaments. Dans ce cas, la tension la plus faible est produite par ses fibres les plus inférieures, qui sont les plus rapprochées du point d'appui. (Pl. III, fig. 4.)

La tension *sous-glottique* ou latérale interne s'explique d'elle-même, quand on réfléchit que la membrane, concave dans l'état de relâchement, perd cette concavité pendant la production des sons de poitrine, et qu'elle ne peut être soulevée que par le *faisceau plan* thyro-aryténoïdien. (Pl. II, fig. 2, et pl. IV, fig. 2.)

Mais il faut se rappeler les conditions anatomiques des

fibres obliques internes ou *arciformes* du thyro-aryténoïdien, si l'on veut se rendre bien compte du mode de tension de la région ventriculaire, ou tension latérale externe.

On se souvient que ces fibres, tendues entre l'aryténoïde et le thyroïde, s'accollent au bord supérieur du faisceau plan, de manière à présenter une concavité en haut et en dehors. (Pl. V, fig. 1 et 0.)

Lorsqu'elles entrent en contraction, elles redressent leurs concavités, et chacune d'elles devient la corde de l'arc qu'elle formait précédemment. Or ces concavités, en se redressant, doivent entraîner la membrane en dehors, et la tendre dans ce sens, à peu près comme les branches d'un éventail tendent le tissu qui les unit.

La tension *en longueur* des ligaments vocaux est sans contredit la plus apparente, et par conséquent celle qui doit jouer le rôle le plus important.

La tension *sous-glottique* et la tension *ventriculaire* sont bien moins efficaces, sans compter que la tension *sous-glottique* cesse aussitôt l'apparition du registre de fausset.

En somme, les ligaments vocaux sont tendus à la fois, *par traction*, dans le sens antéro-postérieur, et *par soulèvement*, dans le sens latéral interne et externe.

Je n'ai pu apprécier mathématiquement les degrés divers de ces tensions.

Les expériences de Müller à ce sujet ont l'inconvénient extrême d'avoir été pratiquées sur des tissus morts, c'est-à-dire profondément modifiés dans leurs conditions d'élasticité et de densité.

Pour constater les diversités de tensions qui engendrent des sons éloignés, l'œil est un guide suffisant.

Relativement aux tensions qui engendrent des sons voisins, ou le passage d'un registre à l'autre, sur la même note, ou bien encore l'accroissement et la diminution dans la force des sons, j'ai employé un moyen de contrôle peu rigoureux, il est vrai, mais qui, pratiqué souvent avec tact et contrôlé par l'œil, donne des résultats très approximatifs. Ce moyen consiste à placer le doigt dans l'espace inter-crico-thyroïden, qui diminue pendant la contraction du crico-thyroïdien, et augmente pendant son relâchement, ou bien encore à saisir entre le pouce et l'index le bord supérieur du thyroïde et le bord inférieur du cricoïde, sur la ligne médiane. De cette manière, j'ai trouvé :

1° Que les tensions inhérentes à chaque registre croissaient avec l'acuité des sons et diminuaient avec leur gravité ;

2° Que la tension *longitudinale* était en raison inverse de l'intensité du courant d'air, et en raison directe de l'occlusion de la glotte en arrière pour un son donné ;

3° Que cette tension était plus grande dans le registre de fausset, pour un même son ;

4° Qu'elle était toujours accompagnée, soit de la tension *sous-glottique* et de la tension *ventriculaire*, soit de la tension *ventriculaire* seule.

Ajoutons à ces conclusions :

1° Que la tension *longitudinale* est due aux muscles crico-thyroïdiens et aryténoïdiens postérieurs ;

2° Que la tension *sous-glottique* est due au *faisceau plan* thyro-aryténoïdien, et la tension *ventriculaire* aux fibres obliques internes ou *arciformes* du même muscle.

C. — On sait que les membranes tendues dans un seul

sens sont soumises aux mêmes lois que les cordes pour ce qui concerne les changements de leurs sons.

Beaucoup d'erreurs commises dans l'étude de la phonation ont eu pour point de départ cette loi physique. En effet, tant que l'on considérera les ligaments vocaux comme des cordes tendues entre deux points, ou comme des membranes tendues dans un seul sens, et par conséquent, assimilées aux cordes dans leurs lois de vibrations, on aboutira forcément à des conclusions inexactes.

On s'exposera aux mêmes inconvénients en expérimentant sur des larynx privés de vie, alors que la tension longitudinale des ligaments est seule possible.

Le laryngoscope démontre suffisamment que ces ligaments sont tendus pendant l'émission de la voix, non-seulement en longueur, mais en largeur.

Malheureusement on ne connaît pas bien encore, je crois, la loi d'après laquelle les nombres des vibrations varient selon la grandeur et la tension, dans les membranes tendues en tous sens.

Cette recherche n'étant nullement de mon ressort, je me contenterai d'exposer le résultat de mes observations relativement aux vibrations des ligaments vocaux.

On a déjà vu que, pendant le registre de poitrine, ces ligaments vibraient dans toute leur étendue. La formation des ventres vibrants démontre surabondamment le fait pour la région *sous-glottique*, et nous venons de voir que cette région est tendue par le *faisceau plan* du thyro-ary-ténoïdien.

Les vibrations du bord libre et l'action du crico-thyroïdien établissent le fait de la tension en longueur.

Outre qu'on voit vibrer la région *ventriculaire*, on sait qu'elle est tendue par les fibres obliques internes ou *arciformes* du thyro-aryténoïdien. Il y a plus, j'ai décrit à propos du registre de fausset, une expérience pendant laquelle la tension longitudinale ne suffisait pas seule à la génération du son, et j'ai signalé, en outre, l'évidence de la traction latérale dans une deuxième expérience très caractéristique.

De ces trois ordres de considérations, il faut conclure que les ligaments vocaux vibrent à la manière des membranes tendues en tous sens.

J'ai constaté que pendant la production du registre de fausset, la région *sous-glottique* des ligaments vocaux cessait d'intervenir. Est-ce à dire pourtant qu'elle ne vibre plus du tout ? Non sans doute, mais ses vibrations n'ont plus d'action spéciale et se confondent dans l'ébranlement commun à toutes les parties du larynx, ébranlement qui, du reste, est beaucoup moins fort pendant le registre de fausset que pendant le registre de poitrine.

Le bord libre des ligaments est le point où les vibrations apparaissent le plus manifestement en toutes circonstances.

A mesure qu'on s'éloigne de ce bord libre, les vibrations deviennent d'autant moins sensibles.

L'amplitude des vibrations augmente et diminue avec l'intensité du courant d'air; elle augmente et diminue aussi avec la gravité ou l'acuité des sons, de sorte qu'on peut dire qu'elle est proportionnelle à l'étendue de la surface vibrante. Les parties étrangères à cette surface, muscles, cartilages, trachée-artère et parois thoraciques,

vibrent comme elle. Cette vibration générale est très évidente au toucher.

Il résulte de tout ceci :

1° Que les ligaments vocaux vibrent à la manière des membranes tendues en tous sens ;

2° Que l'amplitude des vibrations est proportionnelle à l'étendue de la surface vibrante ;

3° Que cette amplitude n'est pas égale partout ;

4° Que la région *sous-glottique* des ligaments vocaux ne vibre d'une manière spéciale que dans le registre de poitrine ;

5° Que le larynx vibre dans tous ses éléments, et entraîne dans ses vibrations la trachée-artère et les parois thoraciques.

D.—L'occlusion progressive de la glotte en arrière est destinée à venir en aide à la tension des ligaments vocaux, dans le parcours de l'échelle vocale, et à faciliter l'élévation du son en diminuant en arrière l'étendue de la surface vibrante.

On a vu qu'il était possible de faire entendre un certain nombre de sons graves, pendant que la glotte demeure ouverte dans toute sa longueur ; mais on a vu aussi que ces sons étaient sourds, étouffés, et limités à la partie de l'échelle vocale la plus inférieure. (Pl. VI, fig. 2 et 3.)

Si, au contraire, on affronte graduellement les aryténoïdes, les sons acquièrent beaucoup d'éclat, et l'on peut parcourir toute l'étendue de l'échelle vocale. Il faut donc conclure que l'acuité des sons est le résultat simultané de la tension des ligaments vocaux et de l'occlusion de la glotte en arrière.

Mais il a été établi que l'élévation du son a encore lieu après que les apophyses aryténoïdes se sont mises en contact dans toute leur longueur. D'autre part on a vu qu'au delà de cette limite apophysaire la glotte se rétrécissait encore en arrière.

Quel serait donc l'agent qui succède aux aryténoïdes dans l'affrontement intime et progressif des lèvres glottiques, si ce n'était le bord supérieur du *faisceau plan thyro-aryténoïdien*, correspondant au bord libre des ligaments, et envoyant sur ce bord libre, en avant de l'extrémité des apophyses, les fibres d'inégale longueur que j'ai signalées dans la partie anatomique de ce mémoire. (Pl. IV, fig. 2.)

Je sais que l'on a nié l'existence de ces fibres; mais, outre que je les ai vues chez presque tous les sujets, il faut se rappeler que les voix étendues sont rares, et que peu de larynx ont le privilège d'atteindre au sommet de l'échelle vocale.

On m'objectera que tous les larynx ont la faculté de produire des cris aigus. Cela est vrai.

Mais d'abord, même pour les cris, toutes les voix ont leurs limites.

Ensuite j'ai établi que les sons élevés étaient dus en grande partie à la tension longitudinale produite par le muscle crico-thyroïdien.

Or, les cris ne sont pas des sons qu'on puisse soutenir et réitérer à volonté sans un effort puissant, désordonné, toujours accompagné d'une contraction violente des muscles extrinsèques du larynx.

Au contraire, les sons produits par les voix étendues

s'établissent, se prolongent, se modèrent, sans la violence qui accompagne les cris.

Si quelque chanteur ne parvient aux sons élevés qu'à l'aide d'un grand effort, c'est qu'il est maladroit, ou que les fibres en question sont peu nombreuses ou même absentes.

Donc, pour ce qui regarde l'occlusion progressive de la glotte en arrière, on peut conclure :

1° Qu'elle a pour but de donner aux sons tout l'éclat dont ils sont susceptibles, et de concourir avec la tension ligamenteuse à leur élévation, en diminuant en arrière l'étendue de la surface vibrante ;

2° Qu'elle est produite d'abord par le contact progressif des aryténoïdes ; ensuite par la contraction de fibres insérées au bord libre des ligaments vocaux, et appartenant au bord supérieur du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien ;

3° Qu'elle est constante dans la production des sons éclatants ; ce qui amène à diviser la glotte, d'après M. Longet, en glotte *intercartilagineuse* ou *interaryténoïdienne*, et en glotte *interligamenteuse*.

En traçant cette esquisse rapide de la génération du son dans son ensemble, j'ai dû omettre de nombreux détails.

Pour éclaircir et compléter ma démonstration, je vais suivre pas à pas, et à fond, la manifestation du phénomène vocal sur toute l'étendue de l'échelle diatonique dans les deux registres.

Registre de poitrine. -- Commençons par les degrés inférieurs de l'échelle, là où les faits s'accomplissent avec le plus d'évidence, et prenons pour point de départ le son *ré*¹.

Tout d'abord les aryténoïdes se rapprochent et se mettent en contact postérieurement par le tiers inférieur de leurs faces internes : ce contact tout à fait postérieur est intime.

Les extrémités des apophyses se touchent à peine, et sont entraînées dans la vibration des ligaments vocaux.

Ces ligaments sont tendus, vibrent largement dans leurs trois portions, et les ventres vibrants sont très visibles.

Le larynx en entier, la trachée-artère et les parois thoraciques, subissent un ébranlement causé par l'amplitude des vibrations ligamenteuses.

Les bords de la glotte sont rectilignes.

Voyons quels peuvent être les agents musculaires de cette série de phénomènes.

Tout d'abord, nous avons un contact intime et tout à fait postérieur des aryténoïdes : il résulte de l'action concentrique des aryténoïdiens postérieurs. (Pl. III, fig. 2.)

D'autre part, les extrémités apophysaires sont ramenées l'une vers l'autre par les muscles crico-aryténoïdiens latéraux et thyro-aryténoïdiens, ce qui a rendu la glotte rectiligne. (Pl. IV, fig. 1 et 2.)

Mais l'affrontement des faces internes aryténoïdiennes a lieu surtout par leur tiers inférieur.

Comment donc agissent les muscles affronteurs?

L'action du muscle crico-aryténoïdien latéral est bien connue, mais il m'a semblé qu'on ne s'était pas assez rendu compte des phases successives de cette action.

Il est essentiel de rappeler que ce muscle est composé de fibres d'inégale longueur. Les externes, qui sont les plus longues, insérées au tubercule aryténoïdien externe,

impriment aux cartilages aryténoïdes un mouvement de rotation en dedans très étendu. Les moyennes, et surtout les internes, plus rapprochées du point d'appui et en même temps plus courtes, déterminent un mouvement de rotation d'autant moins étendu, qu'elles sont situées plus en dedans.

Or, l'affrontement qui nous occupe est peu étendu et tout à fait postérieur, il doit donc être attribué non-seulement aux aryténoïdiens postérieurs, mais encore aux fibres internes du crico-aryténoïdien latéral. (Pl. IV, fig. 2.)

Mais si ces fibres se contractent, grâce à leur disposition, elles vont rapprocher les aryténoïdes, surtout par leurs bases.

Ce n'est pas tout. Si l'on considère que la région sous-glottique des ligaments vocaux est tendue, on en conclura que les fibres du *faisceau plan*, les inférieures surtout, sont en contraction, et vont s'unir aux fibres internes du crico-aryténoïdien latéral pour affronter les aryténoïdes par leurs bases, ou pour mieux dire par la partie inférieure de leurs faces internes. (Pl. IV, fig. 2.)

Enfin si l'on admet que l'aryténoïdien postérieur contracte principalement ses fibres inférieures, on aura l'explication intégrale du fait. (Pl. III, fig. 2.)

Maintenant les ligaments vocaux ont subi diverses tensions, faibles, mais appréciables; les régions sous-glottique et ventriculaire ont été soulevées, le bord libre s'est tendu. Il y a donc eu simultanément contraction des faisceaux *plan* et *arciforme* thyro-aryténoïdiens. Quant à la contraction du crico-thyroïdien, l'œil à l'intérieur, et le doigt à l'extérieur, ont averti qu'elle avait eu lieu,

et principalement par ses fibres les plus rapprochées du point d'appui, c'est-à-dire par ses fibres inférieures.

Chacun des phénomènes survenus pendant la production du son *ré*¹ a donc trouvé sa raison d'être dans les contractions musculaires signalées. Est-ce à dire pourtant que les muscles désignés se sont contractés dans une partie de leurs fibres pendant que les autres demeureraient inertes? Non, sans doute.

Seulement, s'il est acquis à la science que les mouvements musculaires peuvent s'exécuter faisceau par faisceau, fibre par fibre, il m'est permis d'avancer que chaque muscle du larynx peut se contracter avec une énergie différente dans ses différentes portions.

Il serait superflu de franchir un par un les degrés de l'échelle vocale du grave à l'aigu, pour voir se reproduire les mêmes mouvements plus accusés et plus complets.

Mais avant d'arriver aux sons aigus, arrêtons-nous à cette phase de l'accolement aryténoïdal, pendant laquelle le contact a lieu par l'extrémité tenue des apophyses antérieures, à cette fraction de l'échelle vocale dont les chanteurs, hommes et femmes, connaissent si bien les difficultés, et que j'ai limitée dans mes observations laryngoscopiques aux sons *si*², *ré*³, chez les basses-tailles; *mi*³, *sol*³, chez les ténors; *fa*³, *la*³, chez les femmes.

Jusqu'alors les aryténoïdes se sont affrontés par des surfaces étendues, résistantes, qui ont garanti la sûreté de l'émission vocale. Maintenant il faut affronter les aryténoïdes par deux extrémités arrondies, d'une élasticité et d'une mobilité extrêmes.

Aussi n'est-il pas rare de voir, dans ce passage difficile,

les chanteurs inexpérimentés ou fatigués appeler les muscles extrinsèques du larynx à l'aide du crico-aryténoïdien latéral et du thyro-aryténoïdien, insuffisants par eux-mêmes à maintenir l'intensité et la pureté du son.

Je suis très porté à croire que la difficulté d'affrontement des extrémités apophysaires doit être diminuée par le petit aplatissement triangulaire que j'ai signalé en étudiant la structure des ligaments vocaux, précisément au niveau de ces mêmes extrémités.

Dépassons ce point et recherchons le mécanisme des sons aigus.

La glotte est linéaire, les aryténoïdes sont énergiquement fermés dans toute leur étendue, les ligaments vocaux sont fortement tendus, et bien qu'on n'aperçoive plus les ventres vibrants, on est autorisé à croire que les ligaments vocaux vibrent partout. (Pl. VII, fig. 2.)

La région *ventriculaire* commence à se rétrécir dans sa largeur.

On peut donc conclure que les aryténoïdiens postérieurs sont énergiquement raccourcis, le transverse surtout; que les crico-aryténoïdiens latéraux sont arrivés à leur maximum de contraction, ou peu s'en faut; que les fibres obliques du thyro-aryténoïdien ont presque épuisé leur action; que le *faisceau plan* de ce dernier muscle est employé presque entièrement, et que le crico-thyroïdien a déployé la plus grande partie de ses ressources.

Si l'on avance encore vers les limites supérieures de la voix, la tension longitudinale augmente et la glotte se rétrécit encore en arrière.

Quant à la tension longitudinale, il n'y a pas d'am-

bigüité, elle est l'œuvre des contractions suprêmes du crico-thyroïdien. Mais le rétrécissement de la glotte, qui donc le détermine?

Les aryténoïdiens ont épuisé leur intervention, et le crico-aryténoïdien latéral, aidé du thyro-aryténoïdien, ne saurait, même avec des contractions exagérées, produire un résultat décisif.

C'est donc le bord supérieur du *faisceau plan* qui, ayant affermi peu à peu les extrémités apophysaires, vient compléter l'œuvre commune, et, à l'aide des fibres qu'il envoie sur le bord libre des ligaments vocaux, diminuer un peu plus en arrière l'ouverture glottique et l'étendue de la membrane vibrante. (Pl. IV, fig. 2.)

Disons ici en passant que tous ces phénomènes peuvent être indifféremment produits à l'aide d'un courant d'air intense ou léger.

Il est inutile maintenant de rebrousser chemin, et de voir les mouvements signalés se reproduire, en sens inverse, pour revenir au point de départ.

Je passe au second registre.

Registre de fausset. — Avant d'étudier le mécanisme générateur de ce registre sur chaque degré de l'échelle diatonique, recherchons-le d'abord dans ses phénomènes caractéristiques.

Lorsque je fais entendre en voix de poitrine le son *mi bémol*³, la glotte est linéaire, les ligaments vocaux sont tendus et vibrent dans leurs trois régions, l'ouverture glottique est d'une longueur déterminée, les faces internes des aryténoïdes sont en contact par leur tiers inférieur. (Pl. VII, fig. 3.)

Je passe tout à coup au registre de fausset.

Le glotte devient ellipsoïde ; la tension *sous-glottique* cesse, la tension *longitudinale* diminue, la tension *ventriculaire* devient plus apparente ; l'ouverture de la glotte augmente en arrière, l'affrontement des aryténoïdes s'opère par les deux tiers supérieurs des faces internes ; enfin les parois externes du vestibule de la glotte se redressent et s'aplatissent davantage.

Cherchons les causes de cette transformation.

La glotte, avons-nous dit, devient *ellipsoïde* ; il est nécessaire de s'entendre sur cette forme caractéristique.

D'abord j'ai dit qu'elle était peu sensible chez beaucoup de sujets, principalement chez ceux dont la voix est aiguë et les ligaments vocaux peu développés : et c'est tout simple. Comme elle est causée en grande partie par le relâchement de la région *sous-glottique*, moins les ligaments seront volumineux, moins l'ellipse sera sensible.

Chez les sujets dont la voix est puissante et les muscles énergiques, elle apparaîtra au contraire très manifestement. (Pl. VII, fig. 3.)

Néanmoins, il ne faut pas s'attendre à rencontrer jamais une ellipse géométrique.

Il n'y a rien de géométrique en anatomie.

L'ouverture en question est constituée par deux segments de cercle d'un rayon considérable, dont les points de contact sont au thyroïde, en avant, et aux aryténoïdes en arrière. Plus le son de fausset est éclatant et plus la voix du sujet est grêle, plus le rayon générateur des segments est considérable. Nous allons voir en outre, tout à l'heure, que dans les sons les plus aigus de la voix de

fausset la glotte redevient linéaire, moins toutefois que pour le registre de poitrine.

Pourquoi la glotte devient-elle ellipsoïde?

Dans l'état de relâchement complet elle affecte souvent cette forme, et elle la doit à l'élasticité considérable de ses bords; mais dans cet état elle ne peut engendrer aucun son vocal. Ce n'est donc pas l'élasticité membraneuse qui est la cause de l'ellipse, tout au plus peut-elle concourir à l'engendrer.

Néanmoins, supposons un instant le contraire, et admettons que le bord libre des ligaments, elliptique par élasticité, et tendu en longueur seulement, détermine le son de fausset; nous allons voir devant quelles impossibilités nous nous trouvons.

D'abord la voix de fausset possède très souvent, surtout chez les femmes, un éclat et une puissance extraordinaires. Il faudrait donc admettre que les ligaments vocaux fussent en mesure, avec une tension nulle en largeur, de produire des sons de fausset très puissants, alors qu'ils ont besoin d'une tension en tous sens pour faire entendre les sons de poitrine les plus faibles.

Ce n'est guère probable.

En second lieu, la portion *arciforme* du muscle thyroaryténoïdien est disposée de telle sorte qu'elle doit infailliblement tendre en largeur la région *ventriculaire* des ligaments vocaux; cela a été démontré.

En outre, il résulte de l'observation laryngoscopique, qu'au moment où s'opère le passage du registre de poitrine au registre de fausset, la région *ventriculaire* subit une traction latérale très appréciable et très rapidement

opérée, ce que j'ai démontré à l'aide de deux expériences déjà citées, et dans lesquelles la tension *ventriculaire* apparaît d'une manière évidente ; mais si la région *ventriculaire* est tendue, c'est qu'elle est sollicitée par les fibres *arciformes* du thyro-aryténoïdien. Or, ces fibres sont accolées au bord supérieur du *faisceau plan*, uni lui-même au bord libre des ligaments vocaux. Si donc ce bord libre devient elliptique, c'est qu'il a été entraîné par le bord supérieur du *faisceau plan* entraîné lui-même par le redressement des fibres *arciformes*. (Pl. V, fig. 1 et 2.)

Telle est en effet la cause principale de la forme elliptique de la glotte.

A cette cause il faut ajouter le relâchement de la région *sous-glottique* des ligaments vocaux et du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien, le relâchement des fibres internes du crico-aryténoïdien latéral, l'écartement des sommets apophysaires, portés en dehors par l'action plus grande des aryténoïdiens postérieurs, et enfin, pour une faible part, l'élasticité membraneuse. (Pl. IV, fig. 2.)

Je n'insiste pas sur le second phénomène caractéristique du registre de fausset, c'est-à-dire sur le relâchement de la région *sous-glottique* des ligaments, on sait que ce relâchement est dû à la détente du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien. J'arrive aux vibrations des ligaments.

Pour bien saisir le mécanisme musculaire qui détermine les vibrations particulières au registre de fausset, il faut d'abord se représenter d'un coup d'œil l'ensemble des actions tensives particulières au registre de poitrine.

Dans ce dernier registre, les ligaments vibrent dans leurs trois régions, ce qui veut dire qu'ils sont tendus en

longueur par le crico-thyroïdien, en largeur par le *faisceau plan*, d'une part, et les fibres *arciformes* de l'autre.

Avec l'apparition du registre de fausset, la vibration *sous-glottique* disparaît; donc le *faisceau plan* s'est détendu, surtout par sa partie inférieure. Le bord libre continue à vibrer; donc le crico-thyroïdien est toujours contracté, moins cependant que pour le registre de poitrine.

D'autre part, le bord supérieur du *faisceau plan* est également tendu, à un degré moindre que pour le registre de poitrine.

Maintenant la région ventriculaire vibre et paraît sollicitée en dehors par une traction latérale.

Que se passe-t-il ?

Nous l'avons vu tout à l'heure en grande partie lorsque nous avons établi les causes de l'ellipsoïde glottique.

Complétons l'explication.

Pendant la production des sons de poitrine, la totalité des fibres obliques du thyro-aryténoïdien s'est jointe à la totalité des fibres horizontales du même muscle pour tendre les trois régions. (Pl. IV, fig. 2.)

Si le *faisceau plan* vient à se relâcher dans la portion *sous-glottique*, les ligaments ne seront plus tendus que par leur bord libre et par leur région *ventriculaire*.

Nous venons de parler du *bord libre*, occupons-nous de la région *ventriculaire*.

Dans le registre de poitrine les fibres *arciformes* sont tendues. De plus, on se rappelle qu'elles sont intimement unies au *faisceau plan*, surtout vers le milieu des ligaments. (Pl. V, fig. 1 et 2.)

Lorsque l'apparition du registre de fausset déterminera

le relâchement du *faisceau plan*, les fibres *arciformes*, déjà tendues, deviendront plus actives, entraîneront en dehors le bord supérieur de ce faisceau, le rendront concave en dedans, et, en même temps, tendront la région ventriculaire des ligaments à la manière du tissu d'un éventail ouvert.

Tel est, dans son ensemble, le mécanisme qui détermine la tension, et par suite les vibrations particulières au registre de fausset.

Passons à l'ouverture de la glotte en arrière.

Il existe un moyen d'analyse extrêmement simple, et qui consiste à examiner quels sont les agents d'occlusion dans le registre de poitrine, et quels sont ceux d'entre eux qui cessent d'intervenir dans le registre de fausset.

Je dis quels sont ceux d'entre eux, attendu que si tous se relâchaient, il n'y aurait plus d'affrontement aryténoïdal, et par suite plus de son produit.

Les deux agents principaux qui ferment la glotte au degré voulu pour le son *mi bémol*³ que nous avons choisi, sont : le *faisceau plan* thyro-aryténoïdien et l'aryténoïdien postérieur, tous deux par leurs fibres inférieures principalement ; d'autre part, les fibres internes du crico-aryténoïdien latéral ; enfin, à un degré moins prononcé, les fibres obliques du thyro-aryténoïdien et les fibres moyennes et externes du crico-aryténoïdien latéral.

Si je passe au registre de fausset, je vois disparaître les vibrations sous-glottiques ; donc le *faisceau plan* s'est détendu. (Pl. IV, fig. 2.)

Les aryténoïdes se sont légèrement éloignés l'un de l'autre par le tiers inférieur de leurs faces internes.

Donc les fibres internes du crico-aryténoïdien latéral et les fibres inférieures du faisceau plan ont cessé leur action : les insertions fusionnées de ces deux faisceaux musculaires expliquant d'ailleurs leur simultanéité de relâchement, comme elles expliquent leur simultanéité de contraction. En même temps, les fibres inférieures de l'aryténoïdien postérieur ont subi une légère détente.

Mais les aryténoïdes restent en contact par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes, et dans une certaine étendue en longueur ; quels agents se sont donc réservés pour ce contact ?

D'abord les fibres moyennes et externes du crico-aryténoïdien latéral, puis les fibres obliques du thyro-aryténoïdien, puis les fibres supérieures de l'aryténoïdien transverse, renforcé par les aryténoïdiens obliques et le thyro-aryténoïdien grêle. (Pl. IV, fig. 1.)

Un mot en passant sur l'action de ce dernier petit muscle, et pour plus de clarté, étudions-la du côté droit.

Le *thyro-aryténoïdien grêle* droit est inséré à la moitié thyroïdienne et à l'aryténoïde correspondants. D'un autre côté, l'aryténoïdien oblique gauche, partant de l'aryténoïde gauche, va se fixer au sommet de l'aryténoïde droit, vis-à-vis de l'insertion du *thyro-aryténoïdien grêle*. Tous deux ainsi placés représentent deux forces opposées, dont la résultante doit entraîner le sommet de l'aryténoïde droit en dedans et un peu en avant, vers le sommet de l'aryténoïde gauche. C'est ce qui a lieu en effet.

Le redressement plus marqué des parois du vestibule de la glotte s'explique facilement. En arrière, il est dû à l'augmentation de contraction des aryténoïdiens posté-

rieurs et obliques, aidés des fibres aryténo-épiglottiques. Sur les côtés, il résulte de la tension plus marquée des fibres obliques externes du crico-aryténoïdien latéral, sur lesquelles repose désormais le soin de faire pivoter les aryténoïdes.

Les fibres obliques externes du thyro-aryténoïdien sollicitent en arrière et au milieu l'action synergique du *thyro-aryténoïdien grêle*, tandis qu'en avant elles remontent vers l'épiglotte, entraînant à leur suite les tissus muqueux voisins, et même quelquefois ceux situés en avant, sur la face interne du thyroïde. (Pl. IV, fig. 1.)

Cette étude détaillée des phénomènes généraux du registre de fausset va singulièrement faciliter l'analyse des phénomènes particuliers à chaque degré de ce registre.

Interrogeons de bas en haut l'échelle diatonique.

J'ai dit qu'il m'était impossible de prolonger mon registre de fausset au-dessous du *si bémol*¹; je prendrai donc ce son pour point de départ.

La tension *sous-glottique* n'existe pas et les aryténoïdes ont entr'ouvert leurs bases : c'est dire que le *faisceau plan* thyro-aryténoïdien et les fibres internes du crico-latéral externe sont au repos, ou très faiblement tendus.

La tension *longitudinale* et la tension *ventriculaire* sont peu énergiques : c'est dire, d'une part, que le muscle crico-thyroïdien et les fibres obliques du thyro-aryténoïdien se contractent par leurs portions les plus rapprochées du point d'appui; d'autre part, que les fibres *arciformes* du thyro-aryténoïdien sont médiocrement tendues.

La glotte est elliptique : c'est dire qu'elle a cédé à l'élasticité membraneuse, aux sollicitations des fibres *arci-*

formes et à l'écartement des sommets apophysaires, qui résulte à la fois du relâchement du *faisceau plan*, du relâchement des fibres internes du crico-aryténoïdien latéral, et de la contraction aryténoïdienne postérieure.

Les sommets aryténoïdaux se sont rapprochés : c'est dire qu'ils ont été ramenés au centre par la partie supérieure de l'aryténoïdien transverse, par les aryténoïdiens obliques et le thyro-aryténoïdien grêle. (Pl. IV, fig. 1.)

Enfin les parois du vestibule de la glotte se sont redressées et aplaties sous l'action simultanée des fibres obliques externes ou *paraboloïdes* du thyro-aryténoïdien, des fibres supérieures de l'aryténoïdien transverse, des fibres épiglottiques, et enfin des muscles thyro-aryténoïdien grêle, aryténoïdiens obliques et leurs prolongements. (Pl. IV, fig. 1.)

A mesure que je gravis l'échelle diatonique, les contractions musculaires augmentent fibre par fibre, faisceau par faisceau, reproduisant les phénomènes précédents, à un degré plus marqué, et fermant progressivement la glotte en arrière.

Au moment où les apophyses aryténoïdes entrent en contact par leurs extrémités ténues, une légère difficulté, apparente surtout chez les voix de femmes, se présente dans l'émission du son. Comme dans le registre de poitrine, elle est causée par l'incertitude d'affrontement qu'entraînent la rondeur et la mobilité des deux pointes cartilagineuses.

Je dépasse cette limite. Les sons qui jusqu'alors avaient été plus ou moins sourds acquièrent un éclat qui augmente avec l'élévation du son.

La tension *longitudinale* a notablement augmenté sous l'effort progressif du crico-thyroïdien, et a rendu la glotte presque linéaire. La tension *ventriculaire* a suivi la même progression à l'aide des fibres *arciformes*. Les apophyses aryténoïdes sont en contact dans toute leur longueur, et, pour ce résultat, les fibres obliques thyro-aryténoïdiennes, et les fibres moyennes et externes du crico-latéral ont employé la presque totalité de leurs forces. Si j'élève le son, les ligaments se tendent davantage : c'est qu'ils ont cédé à l'effort des fibres supérieures du crico-thyroïdien. Mais la glotte se rétrécit encore en arrière. Or les aryténoïdes ont épuisé leurs ressources ou plutôt leur longueur. Qui donc opère ce surcroît d'occlusion de la glotte, sinon les fibres les plus supérieures du *faisceau plan*, insérées à la partie postérieure des ligaments vocaux ? Et c'est ce qui a lieu. (Pl. IV, fig. 2.)

Nous sommes arrivé aux limites supérieures du registre de fausset, et il est inutile de redescendre l'échelle diatonique, pour redire en sens inverse les explications qui précèdent.

En résumant tout ce qui est relatif à l'action musculaire dans les registres de poitrine et de fausset, on trouve :

Par rapport aux deux registres :

1° Que la tension *longitudinale* des ligaments vocaux est due aux muscles crico-thyroïdien, aryténoïdiens postérieurs, transverse et oblique ;

2° Que la tension *ventriculaire* est due aux fibres *arciformes* du thyro-aryténoïdien ;

3° Que l'occlusion tout à fait postérieure de la glotte

est due aux muscles aryténoïdiens transverse et oblique et au thyro-aryténoïdien grêle ;

4° Que le contact des extrémités ténues des apophyses aryténoïdes est dû principalement au bord supérieur du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien ;

5° Que l'occlusion de la glotte au delà des extrémités apophysaires est due aux fibres supérieures du *faisceau plan*, qui s'insèrent au bord libre des ligaments vocaux.

Par rapport au registre de poitrine :

1° Que la tension sous-glottique des ligaments vocaux est due au *faisceau plan* thyro-aryténoïdien ;

2° Que l'affrontement des aryténoïdes, par le tiers inférieur de leurs faces internes, est dû aux fibres inférieures du *faisceau plan* et aux fibres internes du crico-aryténoïdien latéral ;

3° Que l'affrontement progressif des apophyses aryténoïdes est dû à la contraction successive des fibres horizontales, obliques internes et externes du thyro-aryténoïdien, en même temps qu'à celle des fibres internes, moyennes et externes du crico-aryténoïdien latéral.

Particulièrement au registre de fausset :

1° Que la forme ellipsoïde de la glotte est engendrée par le relâchement du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien, par la traction des fibres *arciformes* thyro-aryténoïdiennes, par l'écartement des sommets des apophyses aryténoïdes, résultant de l'action du muscle aryténoïdien postérieur ;

2° Que l'affrontement des aryténoïdes, par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes, est dû aux fibres supérieures de l'aryténoïdien postérieur transverse, aux

aryténoïdiens obliques, et au thyro-aryténoïdien grêle ;

3° Que l'affrontement progressif des apophyses aryténoïdes est dû à la contraction successive des fibres obliques internes et externes du thyro-aryténoïdien, en même temps qu'à celle des fibres moyennes et externes du crico-aryténoïdien latéral ;

4° Que le redressement des parois du vestibule de la glotte est dû, en arrière, aux aryténoïdiens obliques et aux fibres supérieures de l'aryténoïdien transverse ; sur les côtés, aux fibres *paraboloïdes* ou obliques externes du thyro-aryténoïdien, aux fibres aryténo-épiglottiques, quand elles existent, et au thyro-aryténoïdien grêle.

OBSERVATIONS DIVERSES.

Accroissement et diminution dans la force des sons. — Supposons qu'on émette un son quelconque de l'échelle vocale.

La glotte est fermée en arrière au degré voulu, les ligaments sont tendus, et l'on a employé de préférence un courant d'air faible.

Si l'on vient à augmenter beaucoup l'intensité de ce courant d'air, sans rien changer à la tension et à l'occlusion de la glotte, il arrivera que l'air, chassé avec force, soulèvera les ligaments, et augmentera nécessairement leur tension. Immédiatement le son deviendra plus aigu.

Or, on sait qu'il est très facile aux chanteurs exercés, de varier à l'infini les proportions du courant d'air, sans altérer en rien la valeur musicale du son.

Il y a donc un mécanisme compensateur destiné à permettre cette opération.

On a voulu le trouver dans le raccourcissement ou l'allongement de la trachée-artère.

Il n'en est rien.

Je puis indifféremment augmenter la force du son pendant que j'abaisse ou que j'élève le larynx.

Müller a dit, et avec raison, que la compensation s'opérait à l'aide de la tension longitudinale. Seulement il est arrivé à des conclusions mathématiques inexactes, pour des raisons que je vais dire.

Lorsqu'on examine la glotte pendant l'émission d'un son filé, on la voit s'ouvrir progressivement en arrière, dans une certaine étendue, à mesure que le courant d'air devient plus intense, et se refermer d'une quantité égale lorsque le courant d'air revient à son intensité première.

Or, dans les expériences de Müller, les aryténoïdes sont assujettis au moyen d'une aiguille qui les traverse, et l'ouverture de la glotte est invariable; aussi ne tient-il aucun compte de la longueur de cette ouverture, et néglige-t-il à cause de cela une des deux lois de compensation.

Si l'habile physiologiste avait songé au laryngoscope, il eût conclu différemment, et peut-être n'eût-il rien laissé à dire aujourd'hui touchant la physiologie de la voix.

Mais il a affirmé que la tension ligamenteuse était en raison inverse de l'intensité du courant d'air.

En plaçant le doigt dans l'espace inter-erico-aryténoïdien, on constate facilement l'exactitude parfaite de cette assertion.

On objectera peut-être que la tension *longitudinale*

ayant diminué, l'étendue de la surface vibrante ayant augmenté, le son devrait forcément descendre.

Ce serait mal comprendre ce qui se passe dans la circonstance dont nous parlons.

Il ne faut pas oublier que si la tension *longitudinale* diminue, rien ne prouve que les tensions *latérales* diminuent avec elle.

Au contraire, la force des vibrations augmente avec le courant d'air dans les régions *sous-glottique* et *ventriculaire*, ce qui semblerait indiquer un supplément de tension dans ces deux points. D'ailleurs si la surface vibrante est augmentée, elle est très suffisamment tendue en largeur et même en longueur par la force du souffle pour que la compensation ait lieu.

En somme, dans le son filé, la force du courant d'air est compensée par la diminution de la tension *longitudinale* et une plus grande ouverture de la glotte en arrière.

Il est inutile d'expliquer à l'aide de quels muscles se produit le phénomène compensateur, puisque nous avons surabondamment élucidé le mécanisme de la tension des ligaments et de l'occlusion de la glotte.

Étendue de la surface vibrante. — Dans la région *sous-glottique*, on a vu que les ligaments vocaux adhéraient peu ou pas aux deux tiers antérieurs du *faisceau plan*. Vers les apophyses aryténoïdes, l'adhérence devient plus intime; néanmoins on enlève encore facilement la membrane vocale sur les deux tiers antérieurs de ces apophyses; mais sur le tiers postérieur l'adhérence est très solide.

Le bord libre des ligaments n'adhère également au

bord supérieur du *faisceau plan* que près des extrémités apophysaires, où il reçoit les fibres musculaires envoyées par ce bord supérieur.

Dans la région *ventriculaire*, l'adhérence est faible près de la face antérieure des aryténoïdes; mais la membrane vocale est tellement épaisse, qu'elle reste évidemment étrangère à la génération du son.

Elle s'amincit et adhère davantage au niveau de la partie médiane des ligaments, où elle tient aux fibres *arciformes* par des prolongements fibreux. Tout à fait en avant, l'adhérence est moins forte, mais alors la membrane devient extrêmement mince et se glisse dans les ventricules de Morgagni.

En décrivant les muscles intrinsèques du larynx, j'ai indiqué dans la région *sous-glottique* une sorte de muraille musculaire formée par le tiers postérieur du *faisceau plan*, les fibres internes du crico-aryténoïdien latéral, et plus en avant la face interne du crico-thyroïdien. (Pl. IV, fig. 2.)

Cette paroi musculaire, solide et concave, a évidemment pour but de rejeter vers la partie antérieure de la glotte la colonne d'air phonatrice, là où l'amplitude des vibrations est le plus sensible.

De tout ceci, il faut conclure que la membrane vocale peut vibrer, quoique très faiblement, jusque sur les apophyses aryténoïdes, dans la glotte *intercartilagineuse*, mais que le véritable champ de vibration se trouve dans les ligaments vocaux qui forment la glotte *interligamenteuse*.

Action du vestibule de la glotte, des ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs, des ventricules de Morgagni, de

l'épiglotte. — Le vestibule de la glotte est plus large dans les sons graves, les sons puissants, les sons de poitrine, plus étroit dans les sons aigus, les sons criards, les sons de fausset. Il sert à jouer, et il joue en effet le rôle d'un pavillon d'instrument à vent, destiné à renforcer l'éclat et la puissance des sons.

Les modifications qu'il détermine dans le son ont été définies et étudiées dans un mémoire très curieux que M. Garcia présenta à l'Académie des sciences en 1841.

Quant à présent, je ne puis que confirmer entièrement les assertions de M. Garcia, qui me sont connues depuis que j'ai étudié l'art du chant sous cet habile professeur.

Les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs ont pour mission de maintenir les aryténoïdes en avant, et d'accroître l'intensité du son en s'unissant aux vibrations générales.

Les ventricules de Morgagni me semblent destinés à faciliter le jeu des ligaments vocaux, et à contenir les glandes qui lubrifient ces ligaments.

Hors du vestibule de la glotte, les sons se modifient de diverses façons, sous l'influence de l'épiglotte, de la base de la langue et du pharynx.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS PHYSIOLOGIQUES.

Les faits physiologiques qui viennent d'être présentés se partagent naturellement en deux ordres.

En effet, les uns constituent des phénomènes apparents, saisissables, plus ou moins essentiels à la phonation; en

un mot, des aphorismes physiologiques, dont les autres sont la cause cachée.

Cette double condition phénoménale m'a conduit à résumer en deux catégories la totalité des faits observés, sous le titre de *lois physiologiques* et d'*actions musculaires*.

LOIS PHYSIOLOGIQUES.

Elles sont relatives à cinq faits principaux, savoir :

L'affrontement des aryténoïdes, la tension des ligaments vocaux, leurs vibrations, l'occlusion de la glotte en arrière, l'accroissement et la diminution dans la force des sons.

A. — *Affrontement des aryténoïdes.*

1° L'affrontement des aryténoïdes est une condition absolue de la génération du son.

2° Il peut être intime ou avoir lieu à distance.

3° L'affrontement intime met en contact les faces internes des aryténoïdes; il ferme d'un seul coup ou graduellement la glotte intercartilagineuse, et détermine l'éclat du son.

4° L'affrontement intime et gradué peut avoir lieu, soit par les deux tiers supérieurs, soit par le tiers inférieur des faces internes aryténoïdiennes.

5° Il peut augmenter ou diminuer dans toute la longueur des apophyses aryténoïdes.

6° Il concourt à l'élévation ou à l'abaissement du son.

7° L'affrontement à distance ne peut engendrer le son qu'à la condition d'un écartement très léger des ligaments

vocaux. Il laisse ouverte la glotte intercartilagineuse et détermine des sons étouffés, limités aux degrés inférieurs de l'échelle vocale.

B. — *Tension des ligaments vocaux.*

1° Les ligaments vocaux peuvent être tendus à la fois en longueur et en largeur.

2° La tension *longitudinale* et la tension latérale externe ou *ventriculaire* coexistent toujours; la tension latérale interne ou *sous-glottique* n'intervient pas directement dans la génération du registre de fausset.

3° Les tensions inhérentes à chaque registre sont en raison directe de l'acuité des sons.

4° Les tensions *longitudinale* et *ventriculaire* sont plus grandes dans le registre de poitrine que dans le registre de fausset.

C. — *Vibration des ligaments vocaux.*

1° Les ligaments vocaux vibrent à la manière des membranes tendues en tous sens.

2° Leur région *sous-glottique* ne vibre d'une manière spéciale que dans le registre de poitrine.

3° Leur région *ventriculaire* et leur *bord libre* vibrent dans les deux registres.

4° L'amplitude des vibrations est en raison directe de l'intensité du courant d'air et de l'étendue de la surface vibrante.

5° La rapidité des vibrations est en raison directe de l'acuité des sons.

6° Le larynx vibre dans tous les éléments, et entraîne

dans ses vibrations la trachée-artère, et les parois thoraciques.

D. — *Occlusion de la glotte en arrière.*

1° Elle diminue en arrière l'étendue de la surface vibrante.

2° Son étendue est toujours en raison directe de l'aigreur des sons.

3° Elle est constante dans la production des sons éclatants.

4° Elle peut augmenter ou diminuer graduellement, non-seulement dans toute la longueur des apophyses aryténoïdes, mais encore au delà des extrémités apophysaires.

5° Elle peut augmenter ou diminuer graduellement, les aryténoïdes étant affrontés par les deux tiers supérieurs ou par le tiers inférieur de leurs faces internes.

6° Elle est, relativement au même son, plus considérable dans le registre de poitrine que dans le registre de fausset.

E. — *Accroissement et diminution dans la force des sons.*

1° La tension longitudinale est en raison inverse de l'intensité du courant d'air pour chaque son.

2° L'intensité du courant d'air est en raison inverse du degré d'occlusion de la glotte en arrière, pour chaque son.

3° L'intensité du son est en raison directe de l'amplitude des vibrations et de l'intensité du courant d'air.

ACTIONS MUSCULAIRES.

Elles peuvent être communes aux registres de poitrine et de fausset, ou particulières à chacun d'eux.

A. — *Actions communes aux deux registres.*

1° La tension *longitudinale* des ligaments vocaux est due aux muscles crico-thyroïdiens et aryténoïdiens postérieurs.

2° La tension latérale externe ou *ventriculaire* est due aux fibres obliques internes ou *arciformes* du thyro-aryténoïdien.

3° L'occlusion tout à fait postérieure de la glotte est due aux muscles aryténoïdiens postérieurs et thyro-aryténoïdiens grêles.

4° L'occlusion de la glotte, par les extrémités ténues des apophyses aryténoïdes, est due principalement au bord supérieur du *faisceau plan* thyro-aryténoïdien.

5° L'occlusion de la glotte, au delà de l'extrémité antérieure des apophyses aryténoïdes, est due aux fibres du *faisceau plan* insérées au bord libre des ligaments vocaux.

B. — *Actions particulières au registre de poitrine.*

1° La tension latérale interne ou *sous-glottique* est due au *faisceau plan* thyro-aryténoïdien.

2° L'affrontement progressif des aryténoïdes par le tiers inférieur de leurs faces internes est dû aux fibres inférieures du *faisceau plan*, aux fibres obliques internes et

externes du thyro-aryténoïdien, et au crico-aryténoïdien latéral.

C. — *Actions particulières au registre de fausset.*

1° La forme ellipsoïde de la glotte est engendrée par le relâchement des fibres inférieures du *faisceau plan* et des fibres internes du crico-aryténoïdien latéral, par la tension des fibres obliques internes ou *arciformes* du thyro-aryténoïdien, enfin par les fibres moyennes et supérieures de l'aryténoïdien postérieur, qui écarte les sommets apophysaires.

2° L'affrontement des sommets aryténoïdaux est dû aux fibres moyennes et supérieures de l'aryténoïdien postérieur transverse, à l'aryténoïdien oblique, et au thyro-aryténoïdien grêle.

3° L'affrontement progressif des aryténoïdes par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes est dû aux fibres obliques internes et externes du thyro-aryténoïdien, ainsi qu'aux fibres moyennes et externes du crico-aryténoïdien latéral.

4° Le redressement plus marqué des parois du vestibule de la glotte est dû, en arrière, aux aryténoïdiens postérieurs; sur les côtés aux fibres obliques externes du thyro-aryténoïdien, au thyro-aryténoïdien grêle, et aux fibres aryténo-épiglottiques quand elles existent.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Si l'on examine d'un coup d'œil et dans leur ensemble les phénomènes de toute sorte exposés dans ce mémoire, on les voit se grouper autour de trois d'entre eux, capitaux, corrélatifs, et directement essentiels à la génération des sons de la voix humaine.

Ces trois phénomènes, qui constituent ce qu'on pourrait appeler le *trépied vocal*, sont :

La *tension des ligaments vocaux*, l'*occlusion de la glotte en arrière*, et le *courant d'air phonateur*.

Ils sont essentiels et corrélatifs à ce point que, l'un d'eux venant à faire défaut, la phonation est impossible.

Je sais, et j'ai dit, que l'on peut obtenir des sons à l'aide de la tension et du courant d'air seulement, la glotte étant légèrement ouverte dans toute sa longueur ; mais je rappellerai que le résultat ainsi obtenu est presque de l'aphonie, et se borne à une série très limitée de sons tellement pénibles, qu'on les doit considérer comme en dehors de la phonation.

Je diviserai donc mes conclusions générales en trois paragraphes, affectés successivement à la *tension des ligaments vocaux*, à l'*occlusion de la glotte en arrière*, et au *courant d'air phonateur*, et je résumerai chacun de ces trois phénomènes au double point de vue du mécanisme qui les engendre, et des résultats issus de ce mécanisme.

§ A. — TENSION DES LIGAMENTS VOCAUX.

A. — *Mécanisme générateur.*

La tension des ligaments vocaux est à la fois antéro-postérieure et latérale.

Les causes de la tension antéro-postérieure résident dans les cartilages cricoïde, thyroïde, aryténoïdes, dans les articulations de ces cartilages entre eux, et dans les muscles crico-thyroïdiens, et aryténoïdiens postérieurs.

En effet, les ligaments vocaux sont étendus entre le thyroïde et les aryténoïdes; mais comme les aryténoïdes sont fixés au cricoïde, qui les entraîne dans ses mouvements, c'est en réalité à l'aide du thyroïde et du cricoïde que s'opèrent les neuf dixièmes de la tension longitudinale.

L'articulation crico-thyroïdienne permet un mouvement de bascule par lequel le cricoïde se meut antérieurement de bas en haut vers le thyroïde, tandis qu'il entraîne en arrière par sa partie postérieure les aryténoïdes et les ligaments vocaux qui s'y attachent. De son côté, l'articulation crico-aryténoïdienne permet aux aryténoïdes des mouvements obliques d'avant en arrière et de dehors en dedans, qui déterminent également une traction antéro-postérieure.

Le muscle crico-thyroïdien, agissant de bas en haut, disposé en faisceaux d'inégale longueur, détermine, soit d'un seul coup, soit graduellement, le mouvement basculaire du cricoïde.

De leur côté, les muscles aryténoïdiens postérieurs

attirent légèrement en arrière les aryténoïdes et l'attache postérieure des ligaments vocaux. Néanmoins il faut dire que, dans cette circonstance, ces muscles ont pour but principal de maintenir les aryténoïdes.

Les causes de la tension latérale diffèrent dans la région *sous-glottique* et dans la région *ventriculaire* des ligaments vocaux.

Relativement à la région *sous-glottique*, si l'on se rappelle que la membrane vocale est très solidement fixée au bord supérieur du cricoïde, que la traction longitudinale donne au bord libre des ligaments une certaine fixité, on comprendra comment la région intermédiaire à ces deux points, devenant convexe par la rigidité du faisceau plan thyro-aryténoïdien, subit une tension démontrée du reste par l'observation laryngoscopique.

La région *ventriculaire* est tendue de la manière suivante :

Les fibres *arciformes* ou obliques internes du thyro-aryténoïdien deviennent rectilignes de courbes qu'elles étaient, développent à la manière d'un éventail, et entraînent en dehors la membrane, fixée en dedans au bord libre des ligaments par le bord supérieur du *faisceau plan*, qui est tendu en longueur.

B. — Résultats.

1° Les ligaments vocaux sont tendus en longueur et en largeur.

2° La tension en longueur et la tension latérale externe ou *ventriculaire* ont toujours lieu ; la tension latérale in-

terne ou *sous-glottique* peut disparaître, et disparaît en effet dans le registre de fausset.

3° La tension totale ou partielle met les ligaments en état de vibrer.

4° Comme elle peut être augmentée ou diminuée par gradations insensibles, elle permet aux ligaments d'engendrer tous les sons de la voix humaine, du grave à l'aigu, et réciproquement.

5° Elle peut, en augmentant et en diminuant, compenser pour sa part les effets de l'intensité ou de la faiblesse du courant d'air, et permettre l'accroissement ou la diminution de la force du son sur chaque degré de l'échelle vocale.

§ B. — OCCLUSION DE LA GLOTTE EN ARRIÈRE.

A. — *Mécanisme générateur.*

La glotte se ferme en arrière dans sa portion intercartilagineuse, et dans une certaine étendue de sa portion interligamenteuse.

L'occlusion de la glotte intercartilagineuse résulte à la fois de l'articulation des aryténoïdes avec le cricoïde, de la conformation des faces internes des aryténoïdes, et de l'action des muscles thyro-aryténoïdiens, crico-aryténoïdiens latéraux et aryténoïdiens postérieurs.

L'articulation crico-aryténoïdienne permet aux aryténoïdes un mouvement oblique de dehors en dedans et d'avant en arrière, qui rapproche leurs bases, et un mouvement de rotation sur eux-mêmes, qui affronte graduellement leurs apophyses d'arrière en avant.

Les faces internes des aryténoïdes, légèrement convexes

de haut en bas, permettent à ces cartilages de s'affronter très intimement et graduellement, soit par le tiers inférieur, soit par les deux tiers supérieurs de ces mêmes faces internes.

Les muscles thyro-aryténoïdiens et crico-aryténoïdiens latéraux produisent l'affrontement progressif.

Les muscles aryténoïdiens transverse et obliques déterminent l'affrontement tout à fait postérieur des aryténoïdes.

Si cet affrontement a lieu par le tiers inférieur des faces aryténoïdiennes internes, il est dû aux fibres horizontales inférieures du thyro-aryténoïdien, aux fibres internes et moyennes du crico-aryténoïdien latéral, et aux fibres inférieures de l'aryténoïdien transverse.

S'il a lieu par les deux tiers supérieurs des faces sus-nommées, il est produit par les fibres obliques internes et externes du thyro-aryténoïdien, par les fibres moyennes et externes du crico-aryténoïdien latéral, par les fibres moyennes et supérieures de l'aryténoïdien transverse, par les aryténoïdiens obliques, et par le thyro-aryténoïdien grêle.

L'occlusion partielle de la glotte interligamenteuse est due aux fibres supérieures horizontales du muscle thyro-aryténoïdien insérées sur le bord libre des ligaments vocaux.

B. — *Résultats.*

1° La glotte peut se fermer en arrière dans toute sa portion intercartilagineuse, et dans une certaine étendue de sa portion interligamenteuse.

2° Cette occlusion peut augmenter ou diminuer graduellement.

3° Elle augmente ou diminue l'étendue de la surface vibrante, et concourt ainsi à la production des sons graves ou aigus.

4° Elle peut, en augmentant ou en diminuant, compenser, pour sa part, les effets de l'intensité ou de la faiblesse du courant d'air, et permettre l'accroissement ou la diminution de la force du son sur chaque degré de l'échelle vocale.

5° L'affrontement progressif des aryténoïdes peut s'opérer tantôt par le tiers inférieur des faces aryténoïdiennes internes, ce qui a lieu dans le registre de poitrine, tantôt par les deux tiers supérieurs de ces faces, ce qui a lieu dans le registre de fausset.

c. — *Courant d'air phonateur.*

L'air attiré par l'inspiration dans la poitrine, et poussé avec une certaine force par l'expiration contre les ligaments vocaux, préalablement tendus, détermine le son vocal.

Je ne décrirai point ici le mécanisme respiratoire destiné à la phonation, attendu qu'il demande une étude actuellement étrangère à mon but.

Je me contenterai d'en exposer les résultats :

1° Le passage d'un courant d'air ayant une énergie voulue, à travers les ligaments vocaux affrontés et tendus, es détermine à entrer en vibration.

2° L'accroissement d'intensité du courant d'air peut

concourir à l'élévation du son, en augmentant la tension des ligaments.

3° Pour un même son, l'accroissement d'intensité du courant d'air détermine une tension moins forte des ligaments et une plus grande ouverture de la glotte en arrière.

4° Tendus en tous sens, les ligaments vibrent à la manière des membranes tendues en tous sens.

5° L'intensité du son et l'amplitude des vibrations sont en raison directe de l'intensité du courant d'air.

CONSIDÉRATIONS DIVERSES.

Fasciculation des muscles. — Je ne saurais trop insister sur la disposition en faisceaux commune à tous les muscles intrinsèques du larynx. Je crois qu'on n'en a jamais assez tenu compte.

Elle est la source certaine de cette faculté merveilleuse que possède la voix humaine de parcourir, en un instant, les degrés les plus minimes de l'échelle vocale, et de charmer l'oreille par l'assemblage rapide des sons les plus divers. Elle joue, en outre, un rôle considérable dans la production des registres de poitrine et de fausset.

Double emploi des muscles. — Les muscles intrinsèques ont tous pour commune mission de mouvoir les cartilages du larynx.

Ainsi, d'une part, le crico-aryténoïdien postérieur écarte les aryténoïdes que rapprochent les aryténoïdiens postérieurs, le crico-aryténoïdien latéral et le thyro-aryténoïdien ; de plus ces trois muscles font pivoter les aryténoïdes sur eux-mêmes.

Le crico-thyroïdien fait basculer le cricoïde.

D'autre part, le thyro-aryténoïdien est destiné à tendre en largeur les ligaments vocaux, à l'aide de ses fibres *sous-glottiques* et *ventriculaires*, et le crico-thyroïdien se joint aux aryténoïdiens postérieurs pour déterminer la traction antéro-postérieure.

CONCORDANCE DES FAITS OBSERVÉS AVEC LES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES DU CHANT. — Rappelons d'abord les caractères distinctifs de chacun des registres.

Dans le registre de poitrine, la glotte est linéaire ; l'accolement gradué des aryténoïdes a lieu par le tiers inférieur de leurs faces internes ; les ligaments vibrent dans leurs trois régions, et la tension est plus forte que dans le registre de fausset, pour un même son.

Dans le registre de fausset, la glotte est plus ou moins de forme ellipsoïde, plus ouverte en arrière que dans le registre de poitrine, pour un même son ; la tension *sous-glottique* n'existe pas ; les tensions antéro-postérieure et *ventriculaire* sont plus faibles, pour un même son, que dans le registre de poitrine ; enfin l'accolement progressif des aryténoïdes a lieu par les deux tiers supérieurs de leurs faces internes.

Maintenant examinons quelques-uns des phénomènes principaux du chant, l'étendue de la voix de poitrine par exemple.

Cette étendue est très variable, et je vais expliquer pourquoi.

L'occlusion progressive de la glotte en arrière concourt avec la tension longitudinale à l'élévation du son. Or

cette occlusion est due d'abord à l'affrontement des aryténoïdes, ensuite aux fibres horizontales supérieures du thyro-aryténoïdien insérées sur les ligaments vocaux. Il s'ensuit que, pendant toutes les phases progressives de l'affrontement aryténoïdien, l'élévation du son sera facile. Mais il s'ensuit aussi qu'au delà, surtout si les fibres insérées aux ligaments sont faibles ou absentes, l'élévation du son ne sera plus effectuée que par la tension longitudinale.

Cela revient à dire que l'étendue de la voix de poitrine doit dépendre : 1° de la longueur des apophyses aryténoïdes, de l'étendue et de la force de contraction permises aux muscles crico-thyroïdiens, c'est-à-dire du volume du larynx ; 2° de la présence ou de l'absence des fibres thyro-aryténoïdiennes insérées aux ligaments vocaux, du nombre et de la force de ces fibres, c'est-à-dire d'une disposition anatomique variable avec les sujets et aussi rare que précieuse.

En effet, tous les chanteurs dont la voix de poitrine est très étendue possèdent des apophyses aryténoïdes développées en longueur et des larynx volumineux ; de plus, ils emploient pour élever le son une tension en longueur relativement moins considérable, ce qui fait supposer que l'occlusion de la glotte en arrière s'opère, chez eux, dans une plus grande étendue.

Au contraire, chez les femmes et les enfants, dont les apophyses sont courtes et le larynx peu développé, la voix de poitrine est peu étendue et nécessite une tension longitudinale relativement plus forte.

On sait que les voix d'homme et de femme affectent des

types de sonorité différents, qui les ont fait désigner sous les noms de voix de *basse-taille*, de *baryton*, de *ténor*, de *soprano*, de *contralto*.

Pour une oreille exercée, il n'y a pas de confusion possible entre ces types divers. Autant vaudrait confondre le son d'une contre-basse avec celui d'un violoncelle, et le son d'une clarinette avec celui d'un hautbois.

Ces différentes sonorités résultent des variétés de grosseur, de densité, de structure intime qu'affectent les ligaments vocaux chez les différents sujets.

Par parenthèse, c'est pour cette raison qu'il faut classer les voix, non pas d'après leur étendue, mais d'après le caractère de sonorité qui leur est propre.

L'un des phénomènes les plus curieux de la voix humaine est sans contredit la coexistence de deux registres distincts, à la fois superposés et enchevêtrés de telle sorte que l'un dépassant l'autre vers l'aigu, en est dépassé vers le grave.

Or, les lois physiologiques que j'ai essayé d'établir sont en harmonie complète avec le phénomène ci-dessus.

D'abord j'ai dit que l'occlusion de la glotte en arrière élevait le son de poitrine concurremment avec la tension ligamenteuse.

Supposons que j'émette le son de poitrine fa^3 : la glotte intercartilagineuse est fermée dans toute sa longueur, et les ligaments vocaux sont tendus dans leurs trois régions.

Je passe subitement au fa^3 de fausset.

La région *sous-glottique* se relâche, c'est-à-dire que l'étendue de la surface vibrante diminue d'un bon tiers dans sa région la plus épaisse. Je n'aurai donc plus besoin,

pour produire le son fa^3 , d'une tension aussi grande, puisque j'ai désormais affaire à une membrane plus étroite et plus mince.

Aussi avons-nous vu que la tension longitudinale diminuait en cette circonstance.

Simultanément l'ouverture de la glotte s'est accrue en arrière.

Or, si le champ de la tension longitudinale a augmenté ; si, d'autre part, grâce à l'accroissement postérieur de l'ouverture glottique, je puis encore affronter les aryténoïdes, il me sera permis de dépasser en voix de fausset le son fa^3 de tout ce qui me reste de tension et d'occlusion à employer.

Si je transporte l'expérience aux limites supérieures de la voix de poitrine, elle sera encore bien plus convaincante, et de plus, à cet endroit, elle servira à expliquer certaine maladresse des chanteurs inexpérimentés, qui n'ont pas appris à maintenir le registre de poitrine dans son intégrité, et chez lesquels la disparition subite de la tension *sous-glottique* détermine l'accident connu sous le nom de *couac*.

Maintenant comment le registre de fausset disparaît-il en bas avant la fin du registre de poitrine ? Je vais l'expliquer.

A mesure que l'on arrive aux sons les plus graves du fausset, la tension ligamenteuse s'affaiblit, la glotte s'ouvre en arrière de plus en plus.

Le son cesse au moment où l'écartement des ligaments est trop considérable, et la tension trop faible pour qu'il y ait vibration.

Or, le son de poitrine correspondant à ce point du

registre de fausset, rétablit une tension et un affrontement suffisants pour engendrer de nouveau les vibrations.

En expliquant comment le registre de poitrine est dépassé en haut par le registre de fausset et le dépasse en bas, j'ai suffisamment éclairci le phénomène de coexistence des deux registres sur la partie moyenne de l'échelle vocale ; il serait donc superflu de m'appesantir spécialement sur ce phénomène.

Je termine ici les recherches que j'ai faites relativement à la génération des sons de la voix humaine.

Ces recherches constituent la première partie d'un ouvrage ayant pour titre : *De l'enseignement du chant*, lequel sera publié incessamment en entier.

FIN.

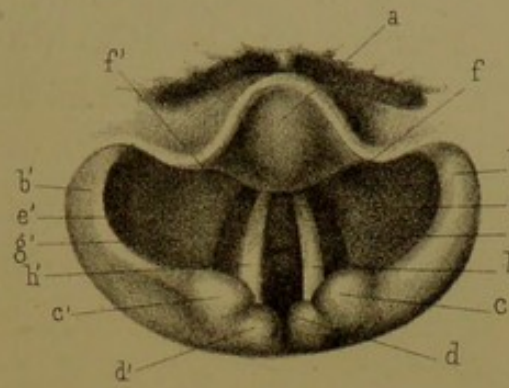


Fig. 4.
 a Epiglote.
 bb' Rebords aryéno-épiglottiques.
 cc' Cartilages de Wrisberg.
 dd' Cartilages de Santorini.
 e e' Vestibule de la Glotte.
 ff' Ventricules de Morgagni.
 hh' Ligaments vocaux.
 gg' Ligaments Thyro-aryténoïdiens supérieurs.

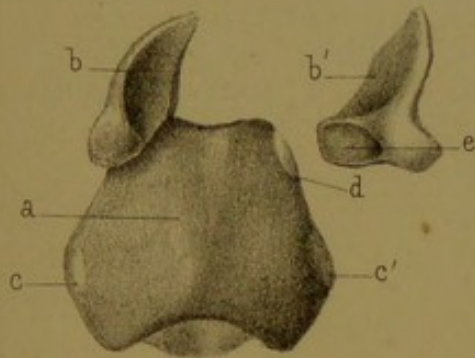


Fig. 1.

a Cartilage cricoïde.
 bb' Aryténoïdes.
 cc' Articulations crico-thyroïdiennes.
 d Articulation crico-aryténoïdienne.
 e Facette articulaire aryténoïdienne.

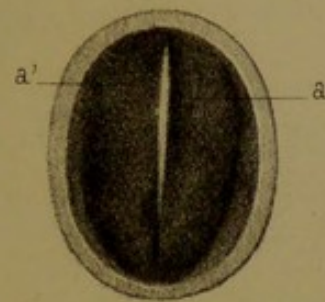


Fig. 3.
 Larynx vu par en bas.
 a a' Région sous-glottique des ligaments vocaux.

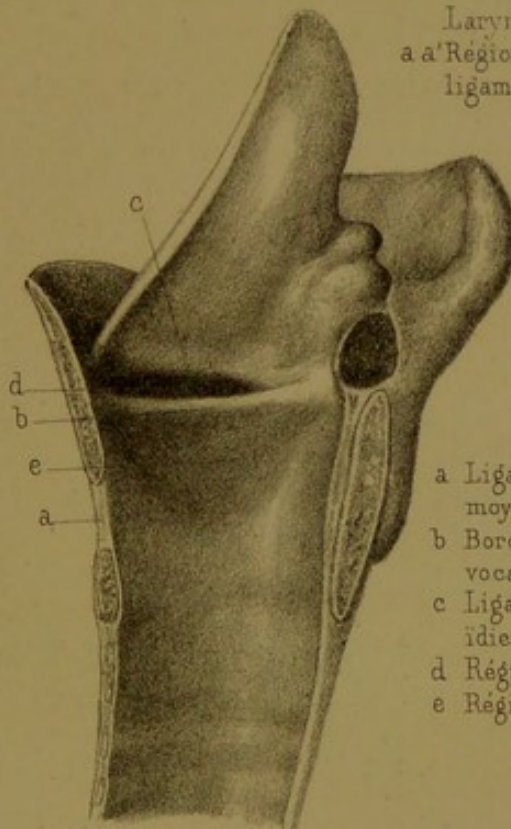
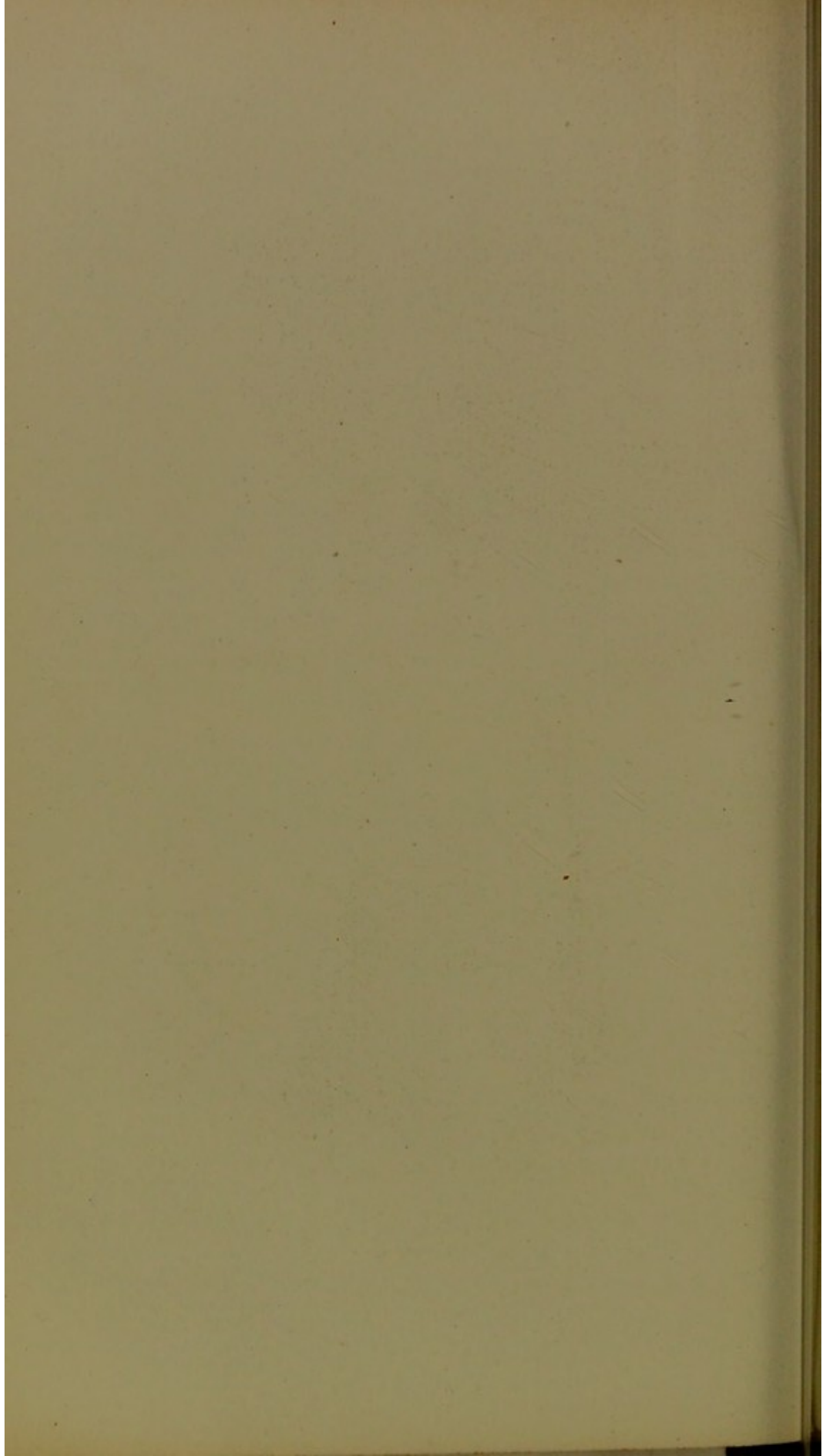


Fig. 2.
 a Ligament crico-thyroïdien moyen.
 b Bord libre du ligament vocal.
 c Ligament thyro-aryténoïdien supérieur.
 d Région ventriculaire.
 e Région sous-glottique.



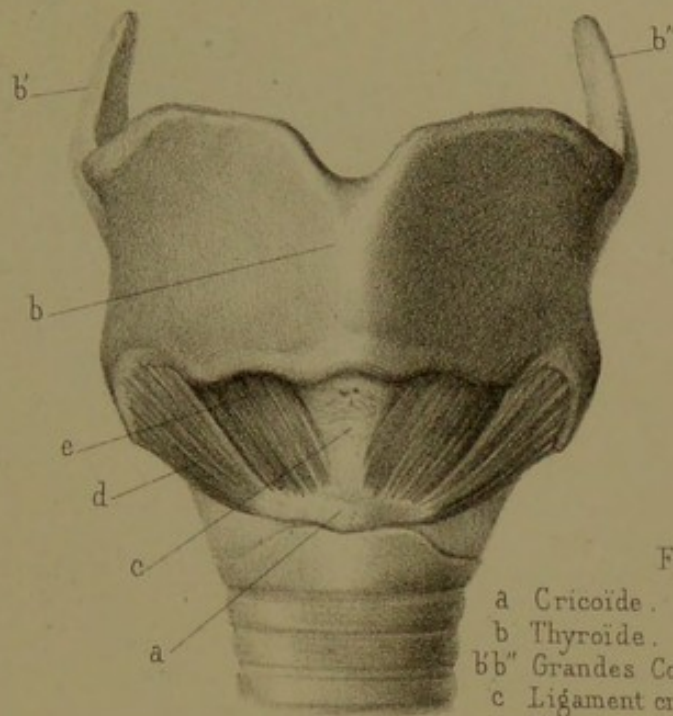
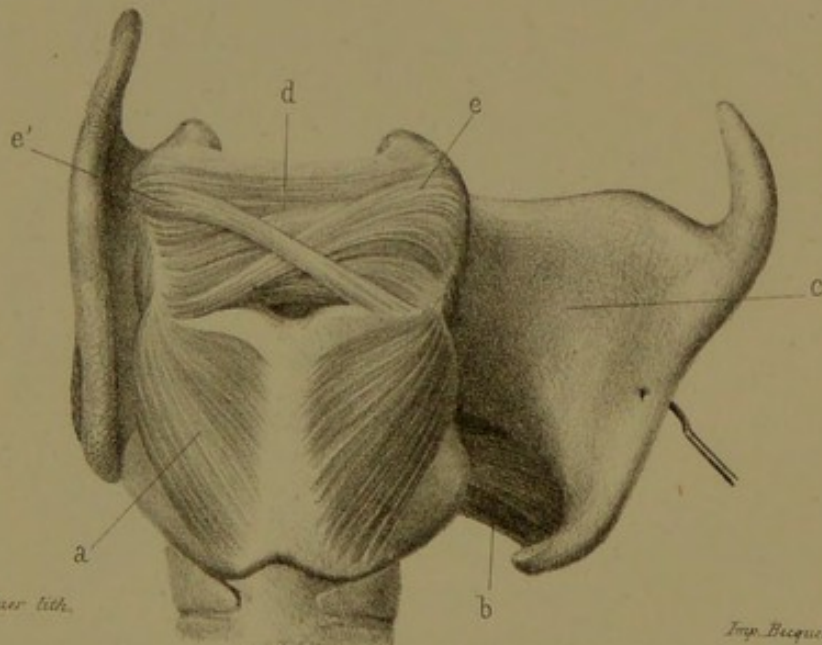


Fig. 1.

- a Cricoïde .
- b Thyroïde .
- b' b'' Grandes Cornes du thyroïde .
- c Ligament crico-thyroïdien moyen .
- d Muscle crico-thyroïdien (partie inférieure) .
- e Muscle crico-thyroïdien (partie supérieure) .

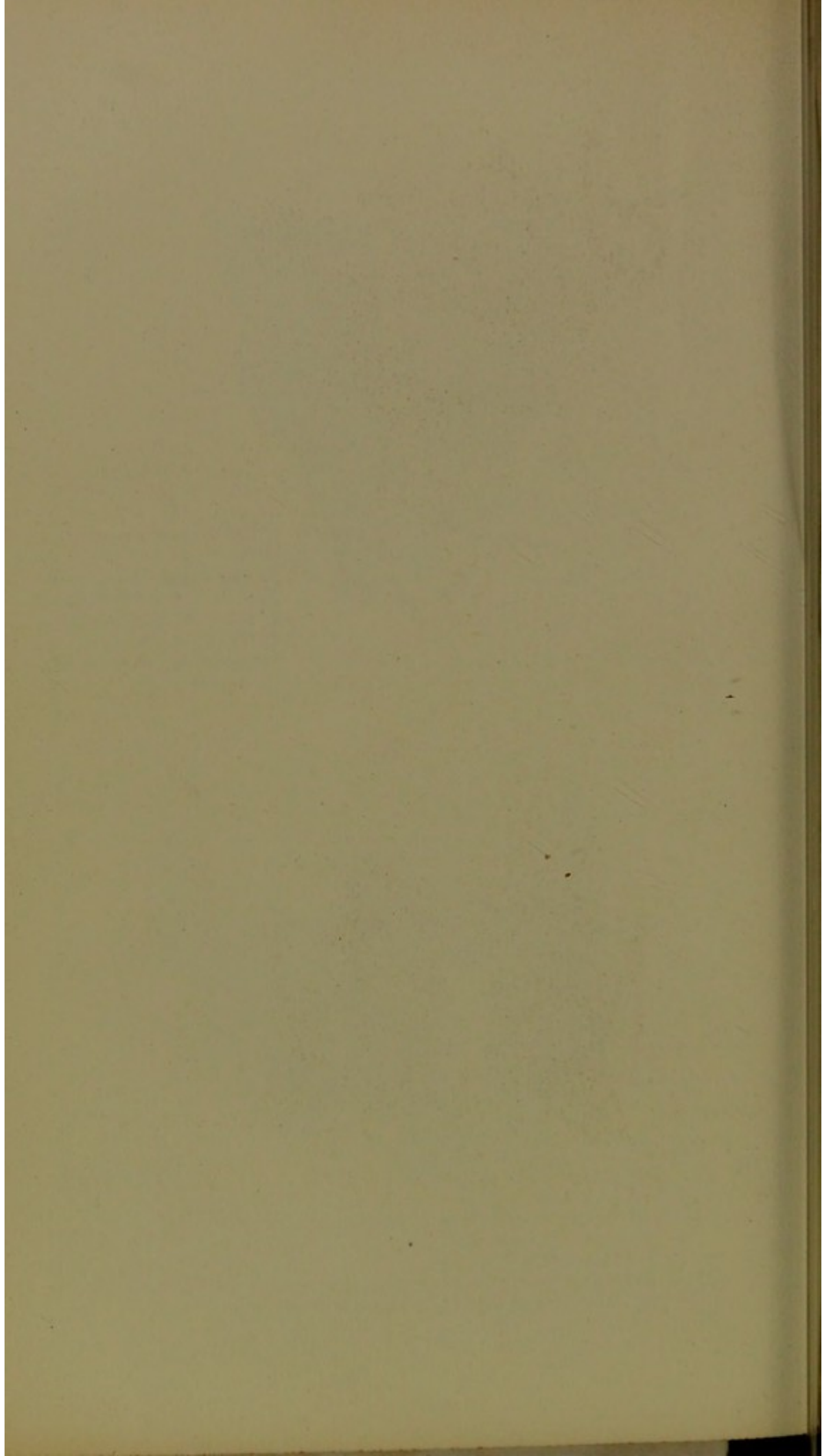


Lackebauer lith.

Imp. Baquet, Paris.

Fig. 2.

- a Muscle crico-aryténoïdien postérieur .
- b Muscle crico-thyroïdien (face interne) .
- c Face interne thyroïdienne .
- d Muscle aryténoïdien transverse .
- e e' Muscles aryténoïdiens obliques .



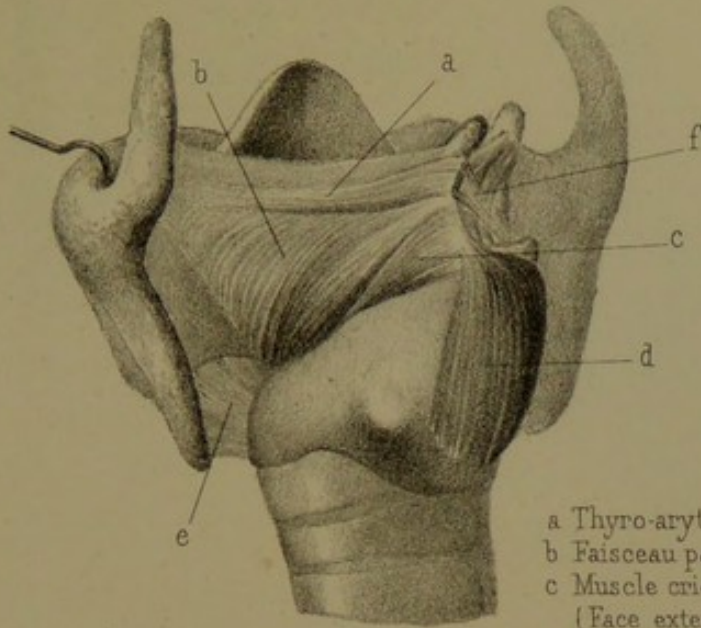


Fig. 1.

- a Thyro-aryténoïdien grêle.
- b Faisceau parabolique (Face externe).
- c Muscle crico-aryténoïdien latéral (Face externe).
- d Muscle crico-aryténoïdien postérieur.
- e Muscle crico-thyroïdien (Face interne).
- f Aryténoïdien oblique.

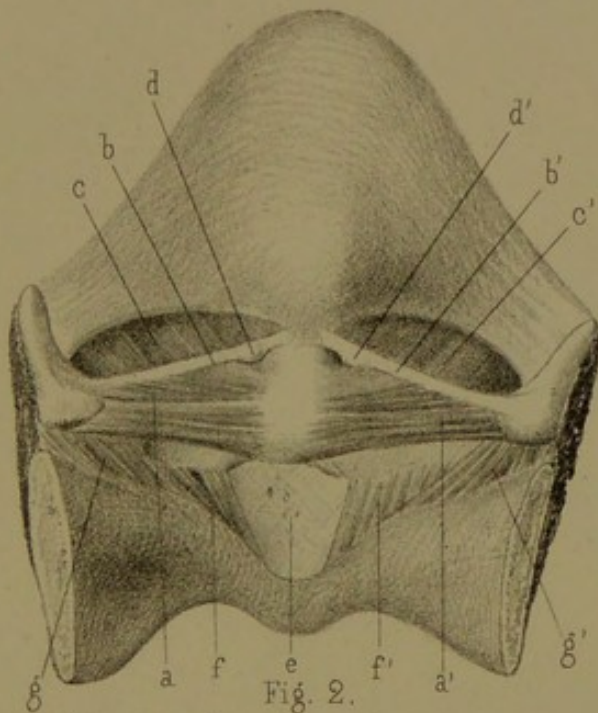


Fig. 2.

- a a' Faisceau plan (Face interne).
- b b' Bord libre.
- c c' Faisceau parabolique (Face interne).
- d d' Petit noyau cartilagineux.
- e Ligament crico-thyroïdien moyen (Face interne).
- f f' Muscle crico-thyroïdien (Face interne).
- g g' Muscle crico-aryténoïdien latéral (Face interne).

Lachembauer lith.

Jap. Bisquet, Paris.

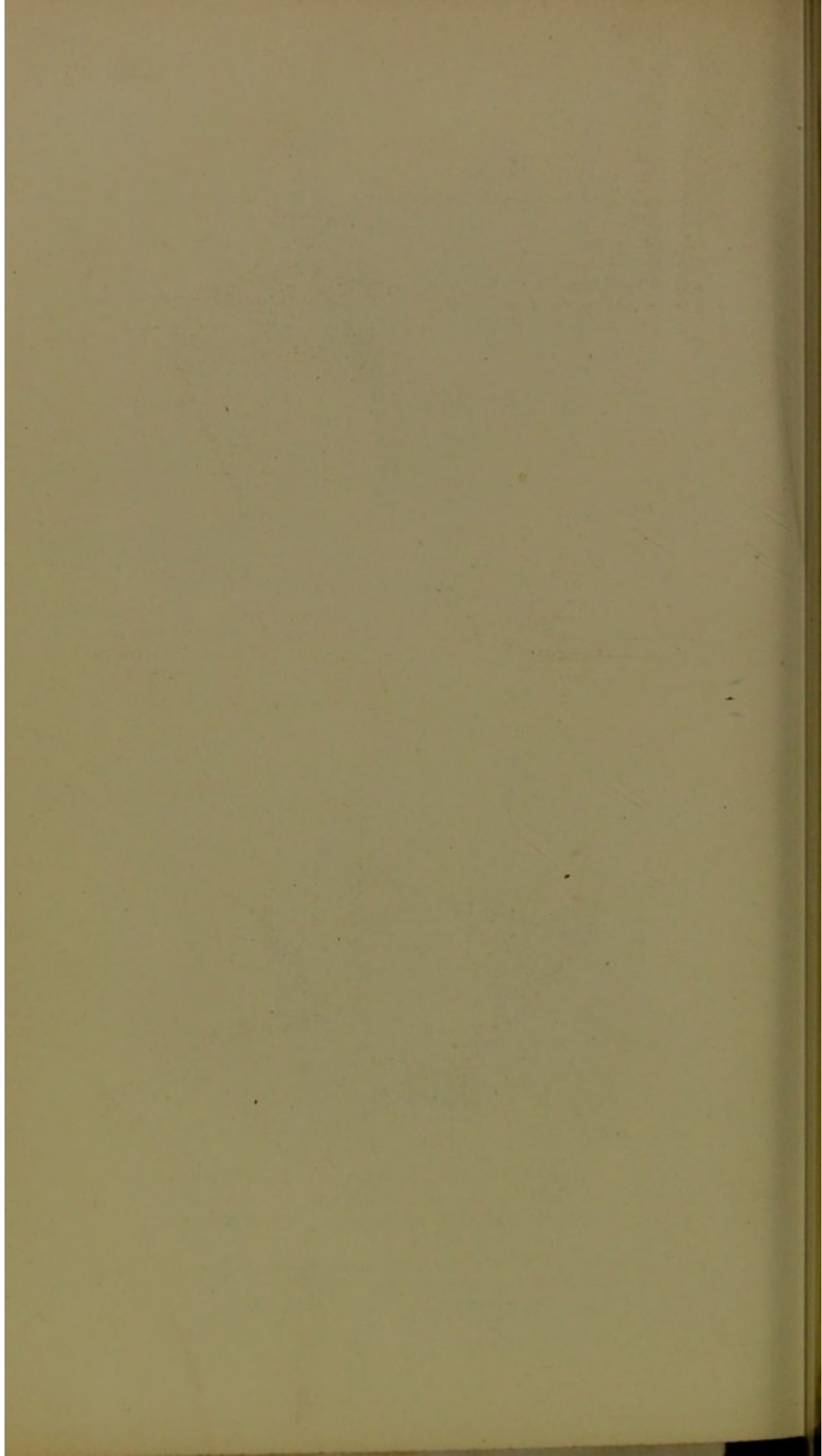


Fig. 2.

- a Faisceau arciforme (face supérieure).
- b Faisceau parabolique (face interne).
- c Face interne aryténoïdienne (partie convexe).
- d Cricoïde.
- e Ligament vocal.
- f Faisceau plan.
- g Crico-thyroïdien (face interne).
- h Crico-aryténoïdien (face interne).

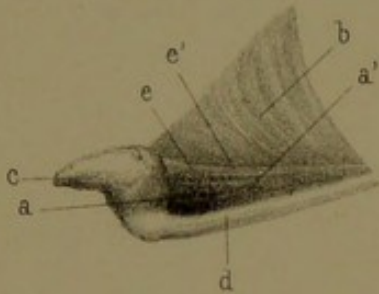
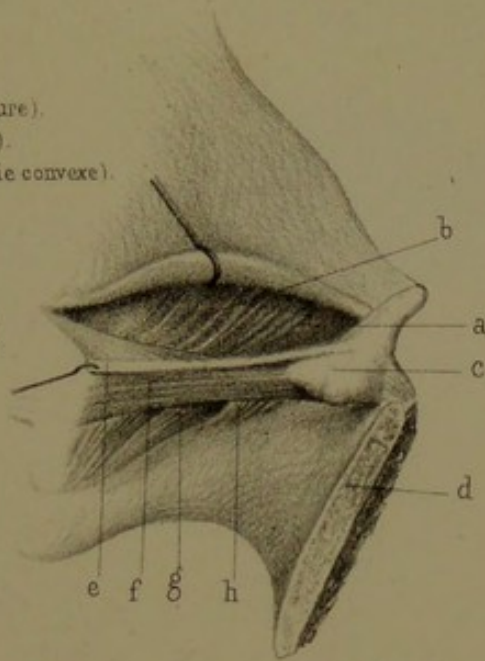
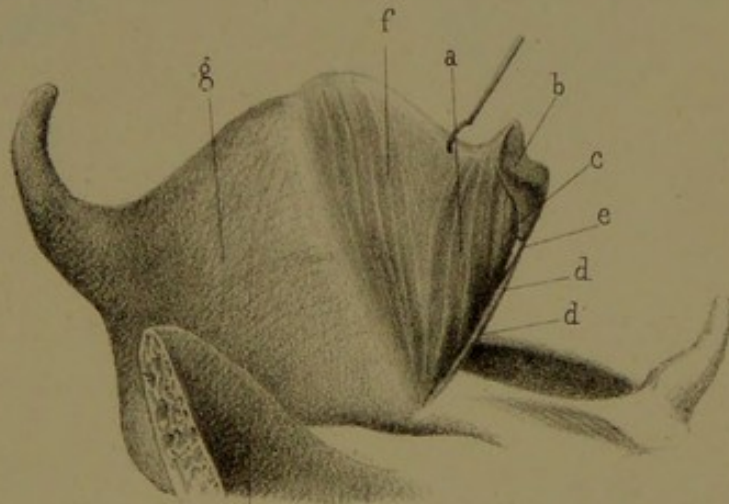


Fig. 1.

- a a' Faisceau arciforme (face supérieure).
- b Faisceau parabolique (face interne).
- c Aryténoïde (face interne convexe).
- d Ligament vocal (bord libre).
- e e' Bord externe du faisceau arciforme.



Lacharbauer lith.

Fig. 3.

Imp. Buquet, Paris.

- a Faisceau arciforme (face inférieure).
- b Facette articulaire aryténoïdienne.
- c Apophyse antérieure aryténoïdienne.
- d Bord inférieur du faisceau plan.
- e Petitespace triangulaire.
- f Faisceau parabolique (face externe).
- g Thyroïde.
- h Cricoïde.

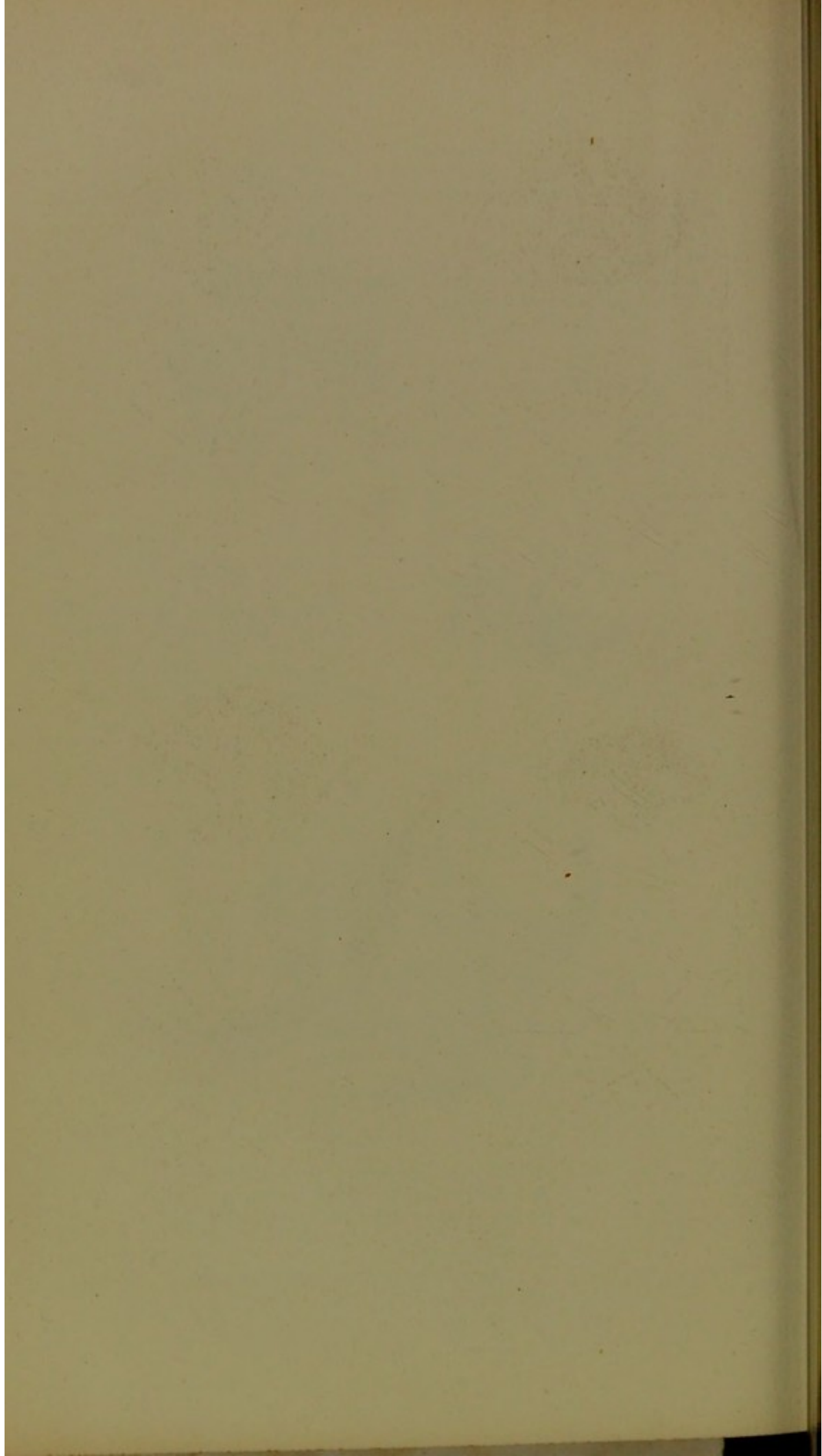


Fig. 1.



Expiration forcée.

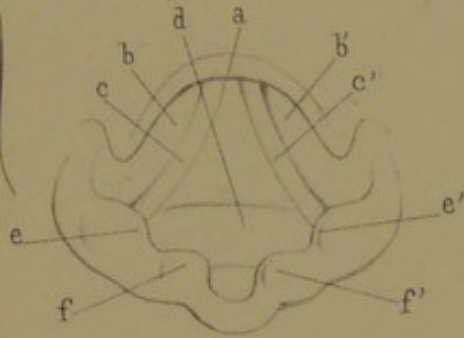
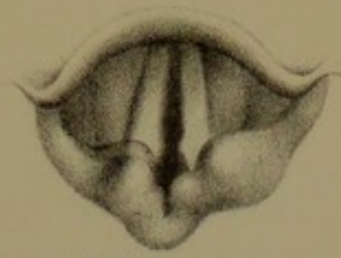


Fig. 2.



Sol.² de poitrine.

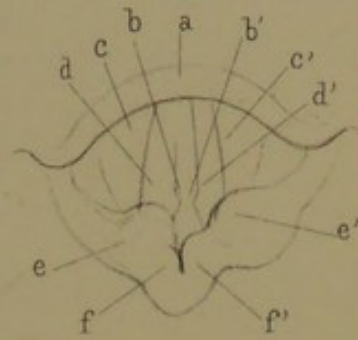
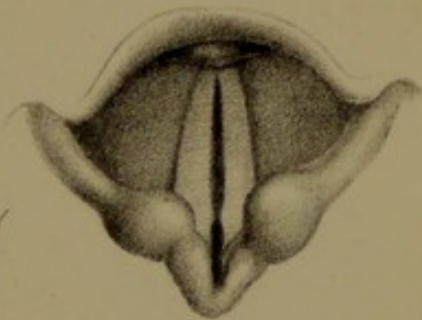


Fig. 3.



Sol.¹ de poitrine.

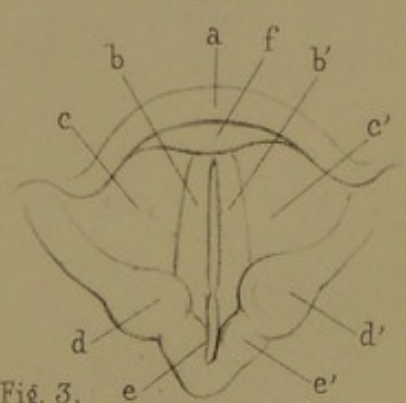


Fig. 4.



Fa.² de poitrine.

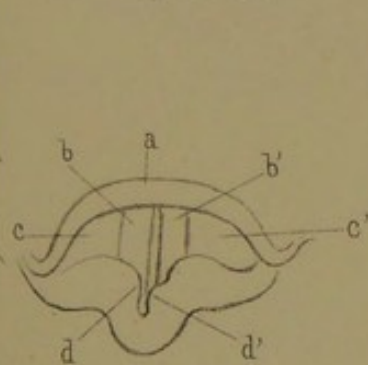


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

- a Epiglote.
- bb Vestibule de la glotte.
- cc Ligaments vocaux.
- d Trachée artère.
- e e' Cartilages de Wrisberg.
- f f' Cartilages de Santorini.
- a Epiglote.
- bb Ventres vibrants.
- cc Vestibule de la glotte.
- dd Ligaments vocaux.
- cc Vestibule glottique.
- dd Cartilages de Wrisberg.
- cc Cartilages de Santorini.
- dd Cartilages de Santorini.
- ff Bourrelet de Czermak.

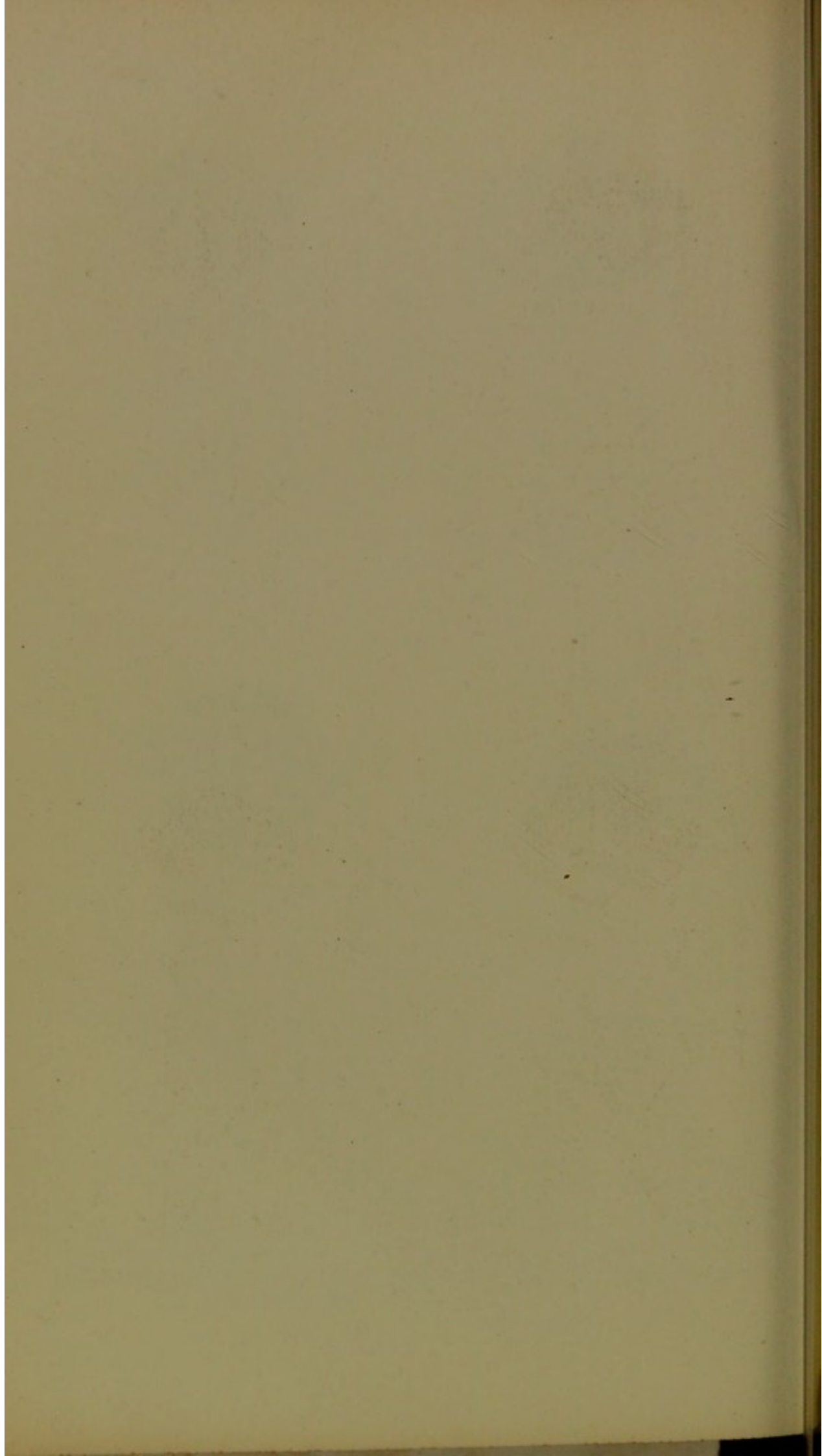


Fig. 1.



Ut.¹ de poitrine.

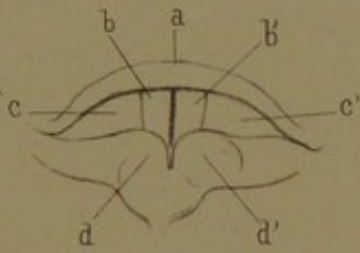
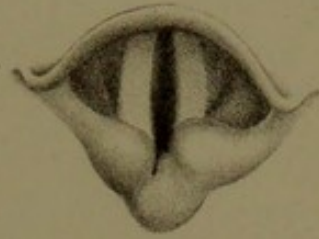


Fig. 4. PL. VII.



Si b.¹ de fausset.

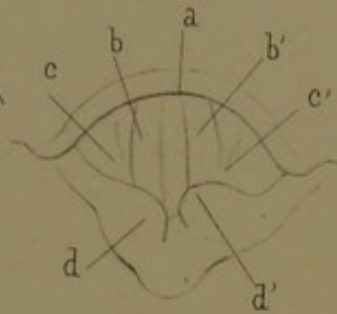
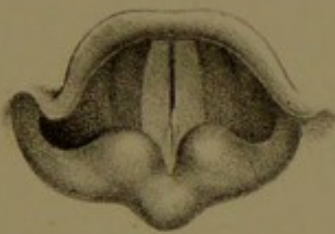


Fig. 2.



Mi b.³ de poitrine.

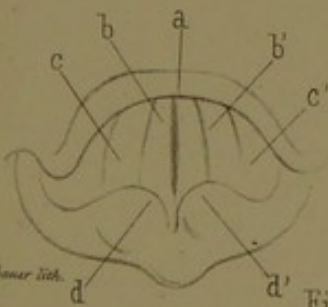
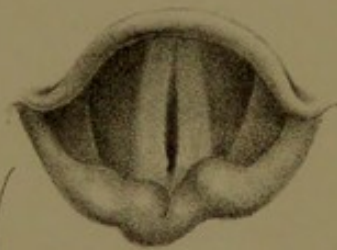
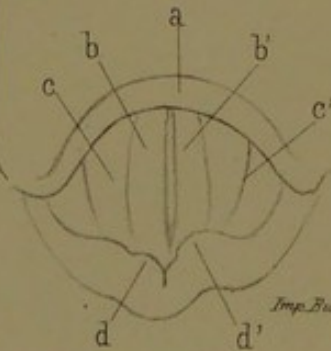


Fig. 3.



Mi b.³ de fausset.



Lacherbauer lith.

Imp. Buquet, Paris.

Fig 1. 2. 3 et 4.

- a Epiglote.
- bb' Ligaments vocaux.
- cc' Vestibule glottique.
- dd' Cartilages de Santorini.

