

fig. 5, et dont la *fig. 6* marque les position sur l'organe vocal. Elles peuvent, à l'aide du mécanisme figuré sur la planche, être placées en avant et en arrière, et en haut en bas. S'il doit rester encore assez de chevalet antérieur du larynx pour tendre les cordes vocales par une traction exercée de haut en bas sur le cartilage thyroïde (Pl. I, *fig. 4*), on se contente de retrancher la partie supérieure de ce cartilage et les parties molles jusqu'aux ligamens inférieurs de la glotte, ce qui procure la pièce Pl. I, *fig. 4*. Pour pouvoir appliquer commodément les branches des pinces aux ligamens, il est nécessaire de rendre libres le pourtour latéral de ces derniers et le muscle thyro-aryténoïdien qui les couvre; alors on enfonce les pinces jusqu'à ce que leurs branches touchent les ligamens dans une étendue de quatre à cinq lignes; au moyen de la vis que ces branches portent, et qui les unit ensemble, on peut rendre la pression plus forte et rétrécir de plus en plus la glotte. Plus les sons de poitrine deviennent élevés, plus la glotte doit être étroite pour qu'ils parlent bien, et plus il faut serrer la vis. La plus grande détente des cordes vocales qu'on puisse obtenir est le résultat de la traction d'un cordon (*x*, Pl. I, *fig. 3* et *fig. 6*) fixé dans l'angle du cartilage thyroïde, qui traverse une fente du pilier en bois (N) par lequel le larynx est supporté, passe sur une poulie (en *y'*), et peut être chargé de poids à volonté. Toute tension par devant ayant cessé, ce n'est que par ce mode de détente qu'on obtient les sons de poitrine les plus graves.

Veut-on se servir d'une tension des ligamens produite par une traction s'exerçant dans la direction de leur longueur et mesurable à l'aide de poids? il faut naturellement détacher le chevalet antérieur de son point d'appui, et couper le cartilage thyroïde entier, sans offenser la cavité du larynx, jusqu'à l'attache antérieure des cordes vocales. On a de cette manière la préparation Pl. I, *fig. 3*. Alors il est plus facile encore d'appliquer les branches des pinces.

Quand il s'agit d'expériences plus précises sur l'effet que la compression latérale des ligamens de la glotte produit relativement à la voix de poitrine, les pinces représentées Pl. I, *fig. 5* ne suffisent point, car on ne peut mesurer ni le rapprochement de leurs branches, ni par conséquent la pression qu'elles exercent. On a recours, pour mesurer ce rapprochement, au compresseur Pl. I, *fig. 7*, qui peut être appliqué et mu de la même manière que les pinces *fig. 5* sur l'appareil de la *fig. 6*.

Les branches du compresseur passent dans une fente au côté inférieur de la pièce *a b*; elles se rapprochent et s'écartent l'une de l'autre à l'aide de la vis *c d*, tournée en deux directions opposées; en *f* se trouve l'échelle, divisée en millimètres. Le prolongement *e* se meut en même temps que la branche *g*, et sert à faciliter la lecture des divisions de l'échelle. Les deux branches *g* et *h* se meuvent toujours ensemble, et s'écartent ou se rapprochent d'une égale quantité du commencement de l'échelle.

Le compresseur Pl. I, *fig. 9* peut être appliqué de la même manière à l'appareil Pl. II, *fig. 10*. Il sert à mesurer la pression des branches par les poids. Les tiges des branches *c d* sont mobiles dans une fente de la pièce transversale *a b*, et peuvent être fixées à volonté par des vis; les branches elles-mêmes, *e f*, sont mobiles à charnières sur les tiges *c d*: *g h* sont des cordons qui meuvent les branches l'une par rapport à l'autre, et peuvent être tirés par des poids, comme l'explique l'appareil représenté Pl. II, *fig. 10*.

Dans les nombreuses expériences que j'ai faites sur la voix de poitrine, tantôt l'accroissement de la pression des branches a influé sur la hauteur du son, et tantôt aussi elle n'a exercé aucune influence en dedans de certaines limites. Ceci prouve que l'élévation du son, quand la tension reste la même et que la compression des ligamens devient plus forte, doit dépendre d'une circonstance accessoire, et que, quand cette circonstance cesse d'agir, les variations qu'on peut faire

subir à la compression, sans néanmoins sortir de certaines limites, n'influent point sur la hauteur du son. Un exemple de la première espèce est fourni par l'expérience suivante, dans laquelle la pression sur les ligamens était mesurée par des poids.

TENSION DES CORDES VOCALES.	SONS.	PRESSIION SUR LES LIGAMENS, DE CHAQUE CÔTÉ.
0	<i>si</i> ₃	6,25 loth, y compris 0,25 poids du plateau et du cordon.
	<i>la</i> ₃	5,75
	<i>sol</i> ₃	5,25
	<i>fa</i> ₃	4,75
	<i>ré</i> _♯ ₃	4,25
	<i>ré</i> ₃	3,75
	<i>ut</i> _♯ ₃	3,25
	<i>si</i> ₂	2,75
	<i>la</i> ₂	2,25
	<i>sol</i> ₂	1,75

Je crois avoir remarqué que l'élévation du son par suite de la compression des cordes vocales, arrivait toujours soit lorsque cette compression agissait en même temps sur la tension des ligamens, ou rétrécissait plus spécialement une partie de la glotte, et diminuait par-là la longueur des parties vibrantes, soit quand la pression de l'air augmentait. Plus la pression sur les ligamens devient considérable, plus aussi, en général, on est obligé de renforcer la pression de l'air, pour obtenir les sons. Mais il résulte de là que le ton hausse. Il y eut certains cas dans lesquels les sons s'élevèrent, bien que la pression de l'air mesurée à l'aide du manomètre ne changeât

point; mais alors cet effet paraissait dépendre d'une des causes que j'ai indiquées. Quoi qu'il en soit, j'ai quelquefois réussi à maintenir les sons à la même hauteur, en accroissant la compression des ligamens, bien que la pression moyenne de l'air demeurât la même, comme l'annonçait le manomètre. Le son resta le même, quant à l'élévation, dans un cas où la compression s'éleva graduellement depuis le minimum jusqu'à six loth de chaque côté. Mais ce qui rend une forte compression toujours nécessaire pour produire les sons élevés de poitrine, c'est qu'en accroissant la pression de l'air par le soufflet, on obtient des sons bien plus élevés quand la glotte est étroite que quand elle ne l'est pas. La tension ne suffit pas, comme je l'ai démontré, pour produire les sons élevés de poitrine. Plus les cordes vocales sont tendues, plus aussi les sons de fausset ont de facilité à sortir. Dans les cas où le son restait le même quant à la hauteur, la tension ne changeant pas, mais la compression des cordes vocales croissant, le son variait beaucoup eu égard à l'éclat, suivant le degré de cette compression. A un certain degré de pression, les sons de poitrine étaient aussi pleins qu'ils pouvaient l'être; si l'on poussait plus loin la pression, ils perdaient de leur volume, et prenaient un caractère de faiblesse filée, que nous pouvons également leur donner, sur nous-même, par des moyens artificiels.

Sous ce rapport donc l'organe vocal de l'homme possède une nouvelle condition qui lui permet d'apporter de grandes variétés dans l'éclat de ses sons, et l'on est surpris de pouvoir pousser si loin l'appréciation physique des moyens que nous admirons dans la modulation des chanteurs. Cet organe peut donner les mêmes sons, pleins et filés, avec les nuances les plus diversifiées; l'étude et l'exercice procurent au chanteur la conscience de tous ses moyens, et lui enseignent à les employer de manière à ne produire que les sons les plus agréables.

Tous les faits dont il a été question jusqu'ici peuvent être

observés sur des larynx qui n'ont que les ligamens inférieurs de la glotte, auxquels on a enlevé les ligamens supérieurs et les ventricules de Morgagni. C'est de cette manière qu'on doit faire d'abord les expériences, dans toute leur étendue, avant d'aller plus loin. Car il faut connaître les effets de tous les élémens l'un après l'autre, avant d'étudier la part qu'ils prennent au mécanisme considéré dans son ensemble.

Je n'ai point négligé de rechercher la part qui revient aux parois élastiques situées au dessus des ligamens inférieurs de la glotte.

Le premier pas consiste à faire des expériences sur des larynx possédant encore l'épiglotte, les ligamens supérieurs et les ventricules de Morgagni. La marche à suivre est la même que pour les précédentes. Il faut attacher ensemble les bases des cartilages aryténoïdes, et les fixer comme paroi postérieure du larynx. On ne tarde pas à se convaincre que les sons sont absolument les mêmes, quant à l'éclat, et qu'il n'y a là aucun élément nouveau à découvrir. Pour obtenir la voix de poitrine, il est également nécessaire de rapprocher les cordes vocales l'une de l'autre par une pression latérale. Je me suis demandé si les ligamens supérieurs de la glotte, qui tiennent aux inférieurs par le revêtement élastique des ventricules, ne seraient pas peut-être dans un tel rapport de compensation avec les cordes vocales, que par exemple les tensions inégales des uns et des autres se compensassent mutuellement; car la théorie indique qu'un son correspondant à la tension des ligamens inférieurs serait rendu plus grave par une tension moindre des supérieurs, et *vice versa*. Pour éclaircir ce point, j'ai déterminé, sur un même larynx demeurant fixe, d'abord le son le plus élevé qu'il est possible d'obtenir par le maximum de la tension, lorsque les ligamens supérieurs et les ventricules de Morgagni existent, puis celui qu'on obtient après l'ablation de ces parties. Mais les ligamens supérieurs ne modifient pas sensiblement la hauteur du son. Ce qui prouve

déjà que ni eux ni les ventricules ne sont nécessaires à la formation de la voix, c'est qu'ils manquent chez beaucoup de Mammifères, notamment les Ruminans. Mais ils doivent contribuer à renforcer l'éclat, et on les voit, ainsi que les parois des ventricules, vibrer fortement, surtout dans la voix de poitrine; ce qui, du reste, leur est commun avec toutes les membranes élastiques du larynx et avec le ligament crico-thyroidien. Ce n'est que quand les ligamens supérieurs sont très-rapprochés, qu'ils donnent des sons propres. L'épiglotte fait également entendre des sons bourdonnans, lorsqu'on la place dans une certaine situation par rapport au courant d'air; ces sons diffèrent beaucoup de ceux des ligamens inférieurs.

L'abaissement de l'épiglotte change beaucoup le timbre de la voix, mais en altère à peine l'élévation. Il faut néanmoins éviter, en abaissant cet appendice, d'exercer aucune tension sur les membranes élastiques qui ont des connexions tant avec lui qu'avec les cordes vocales; autrement, et la chose est très-facile, le son s'élève, comme on le conçoit bien. Pour échapper à toute erreur, le mieux est d'exciser l'épiglotte, de la saisir avec des pinces, et de s'en servir alors pour couvrir et découvrir alternativement l'entrée du larynx. Dans les anches en caoutchouc, un obturateur placé au devant des rubans élève le son avec une grande facilité, ainsi que je l'ai montré ailleurs, et, d'après la théorie, on devrait s'attendre ici à un effet semblable de la part de l'épiglotte. Cependant à peine ai-je pu quelquefois reconnaître un changement appréciable. Du reste, l'ablation totale de l'épiglotte ne change pas la voix d'une manière essentielle. Cet appendice n'empêche pas que le son s'élève quand le souffle devient plus fort. Chez l'homme vivant, le rétrécissement de l'isthme supérieur de la glotte au moyen de la langue et avec le secours de l'épiglotte change le timbre de la voix jusqu'à la rendre nasillarde, et permet d'imiter la voix des animaux, ainsi que celles qui sont particulières à chaque individu.

Dans les expériences sur la production de la voix de poitrine par des larynx préparés suivant la manière que j'ai indiquée, il sort des sons de poitrine qui ont une ressemblance parfaite avec ceux de la voix humaine, quoique toutes les parties situées au dessus des ligamens inférieurs de la glotte aient été retranchées. J'en ai fait d'autres aussi dans lesquelles je conservais non seulement les ventricules de Morgagni, les ligamens supérieurs et l'épiglotte, mais de plus l'arrière-gorge, avec le nez et la bouche; ici non plus je n'ai pu découvrir aucun nouvel élément; mais le timbre devient plus semblable encore à celui de la voix humaine; le ressemblance va même si loin, au moyen de dispositions dont je vais parler, qu'ils n'y a plus aucune différence entre la machine et le corps vivant. Ces expériences présentent beaucoup plus de difficultés que les précédentes. Il s'agit également de fixer le larynx, et de le soumettre aux mesures et aux poids.

Voici comment je procède :

Je coupe la tête d'un cadavre, de manière que l'appareil vocal entier et une partie de la trachée-artère y demeurent adhérentes. J'enlève alors les vertèbres du cou, comme pour la préparation du pharynx, je mets le larynx à découvert en avant, j'ouvre le pharynx derrière les cartilages aryténoïdes, et je traverse ceux-ci d'une forte épingle, sur laquelle je les attache; je fais passer la ligature par la fente pratiquée au pharynx, puis je recouds ce dernier, et je le ferme, par un lien, à son extrémité inférieure. Alors je suspends la tête; je fixe, comme d'ordinaire (Pl. II, fig. 12), la paroi postérieure de l'organe vocal à un pilier, et j'attache surtout la partie de cette paroi, formée par les cartilages aryténoïdes, au moyen de la ligature dont il a été parlé plus haut. Cela fait, j'excise le cartilage thyroïde jusqu'à l'insertion des cordes vocales, sans léser la membrane muqueuse du larynx; j'attache à la portion restante de ce dernier cartilage un lien dont l'usage est de tendre horizon-

talement les ligamens inférieurs de la glotte, et que je fais passer sur une poulie.

Pour comprimer les cordes vocales, j'emploie un appareil particulier représenté Pl. II, fig. 11. Ce n'est qu'une modification du compresseur représenté Pl. I, fig. 7.

Des branches du compresseur partent, en direction verticale, deux autres branches, qui sont arquées comme la figure l'indique. Le compresseur est disposé ainsi que le représente la Pl. II, fig. 12, et il comprime les régions des cordes vocales. On ne peut rien dire de plus: chacun connaîtra bientôt la situation des pinces et la force de pression nécessaire pour produire un bon son, en variant les circonstances.

Dans ces expériences, on voit avec quelle force le revêtement élastique des ventricules de Morgagni et la membrane obturatrice tendue entre l'hyoïde et le larynx, vibrent pendant les sons de poitrine.

On peut même, en faisant remuer les lèvres, amener la formation de quelques consonnes; l'*m* et le *v* sortent très-facilement, comme aussi les voyelles *u* et *a* en imprimant le changement nécessaire à l'ouverture de la bouche.

Une circonstance qui mérite encore d'être mentionnée, c'est l'étendue de la voix sur les larynx préparés, comparée à celle de la voix des hommes vivans. J'ai déjà dit qu'en tendant davantage les ligamens, on peut obtenir, sur les larynx d'individus du sexe masculin, des sons beaucoup plus aigus que la voix de l'homme vivant n'est communément capable d'en produire. Dans les expériences que j'ai rapportées, il fut possible d'atteindre, par la tension des ligamens, au-delà de deux octaves, depuis *la*₂ jusqu'à *ré*₆. Il ne faut cependant pas croire que ce soit là une contradiction entre l'expérience faite sur des parties mortes et la nature vivante. Ce registre de *la*₂ à *ré*₆ est assurément en partie beaucoup plus élevé que celui de la voix des individus appartenant au sexe masculin; mais le larynx préparé donnait aussi les sons plus

graves de la voix d'homme, par une détente plus grande encore des cordes vocales que celle qu'elles éprouvent dans l'état où elles semblent ne plus être tendues. Comme le ligament crico-thyroïdien, qui est élastique, tire encore sur le chevalet antérieur alors même que les cordes vocales paraissent être lâches, le maximum de détente ne peut naturellement être obtenu que par une traction en sens inverse, en rapprochant le cartilage thyroïde de la paroi postérieure du larynx par le moyen d'un lien chargé de poids, mouvement que le muscle thyro-aryténoïdien a le pouvoir d'exécuter. Si, en même temps, les cordes vocales éprouvent une compression latérale, que ce muscle exerce également sur elles durant la vie, on obtient sans peine *ut*₂ et *si*₁, et par conséquent on arrive aux sons les plus graves de la voix de l'homme. C'est ce que prouve une expérience que j'ai rapportée précédemment, dans laquelle le larynx donnait, avec un poids de 3 loth tirant de haut en bas, pour tendre les cordes vocales, *mi*₂ et avec un poids de 37 loth *ré*₂. La détente de l'état qui produisait *mi*₂ fut opérée par un lien tendu de l'incisure du cartilage thyroïde à la partie postérieure, et passant sur une poulie. Plus on chargeait ce lien de poids, plus les sons devenaient graves.

SONS.	POIDS POUR RELACHER LES CORDES VOCALES.
<i>ré</i> ₂	3/10 loth.
<i>ré</i> ₂	1/2
<i>ut</i> ₂	1
<i>ut</i> ₂	1 3/10
<i>si</i> ₂	1 4/10
<i>la</i> ₂	1 1/2
<i>la</i> ₂	1 7/10
<i>mi</i> ₂ et <i>sol</i> ₂ l'un après l'autre.	2 2/10
<i>mi</i> ₂	2 4/10
<i>ré</i> ₂	2 6/10
<i>ré</i> ₂	2 8/10
<i>ut</i> ₂	3 5/10
<i>si</i> ₂	3 3/10

Le même larynx, dont les sons pouvaient être poussés jusqu'à *ré*₂ par tension, était susceptible, par le maximum de la détente, d'abaisser ses sons jusqu'à *si*₂. Je n'en ai jamais rencontré de meilleur dans mes nombreuses expériences. Ainsi, tous les sons de la voix des individus masculins peuvent être imités avec le larynx détaché du corps, et l'on va même plus loin dans le haut. Si le larynx de l'homme vivant ne monte pas autant, l'explication, aussi simple que vraisemblable, en est que les muscles ne sont pas capables de produire une tension aussi considérable que celle qu'on obtient, sur le cadavre, avec des poids.

J'ai prouvé que l'organe vocal de l'homme et des Mammifères est une anche à languettes membraneuses. Jadis on se faisait une idée trop restreinte des anches, en supposant qu'il

fallait de toute nécessité que le courant de l'air fût complètement interrompu à chaque double impulsion ou vibration de cet air. Le même instrument à languettes membraneuses ne perd point le caractère de ses sons, que l'interruption soit complète ou incomplète, et les vibrations d'une lame membraneuse conservent le même caractère lorsqu'elles ont lieu librement dans l'air, comme je l'ai également démontré. Les conditions exigibles dans un instrument à anche, outre la colonne d'air co-vibrante et modifiant le son de la languette, qui peut exister, mais qui peut aussi manquer, ces conditions sont au nombre de trois : 1° une lame de métal, de bois, de membrane, susceptible d'être mise en vibration, et qui peut être large ou étroite, qui peut même n'être qu'un ruban analogue à une corde ; 2° un courant d'air qui, d'après la force du choc, modifie l'élévation du son primitif de la lame ; 3° une interruption partielle ou totale du courant d'air entre les vibrations ou les chocs. L'interruption partielle du courant d'air a lieu même encore alors qu'on fait parler librement dans l'air une languette membraneuse par un courant d'air délié qui vient la frapper ; car ce courant la repousse, et en revenant sur elle-même, en vertu de son élasticité, elle l'intrompt partiellement jusqu'à ce qu'elle soit de nouveau repoussée. Plus l'interruption du courant d'air est complète, plus les sons de l'anche ont d'éclat.

J'ai fait remarquer que les vibrations de la lame contribuent autant que les interruptions du courant d'air à l'éclat des sons des instrumens à anche. Dans ceux de ces instrumens qui ont des languettes membraneuses, le timbre particulier du son de la membrane, qui est fort différent de celui de l'air seul, dépend beaucoup des vibrations de la languette. On peut se convaincre, par des expériences directes, de la part qui, dans les sons des instrumens à anche, revient à la languette et de celle qui appartient à l'air. Lorsqu'on se bouche les oreilles avec des tampons de papier mâché, et

qu'on tient une verge appliquée au tampon, cette verge est apte à recevoir parfaitement les vibrations de parties solides, et à les transmettre aux parties solides de l'organe auditif, avec lesquelles elle communique. Mais, en sa qualité de corps solide, elle n'est point aussi propre à bien conduire les vibrations de l'air lui-même. Ainsi, en se servant de la verge comme d'un conducteur entre une anche vibrante et le bouchon de l'oreille, on entendra les vibrations de l'anche elle-même. Si l'on se sert d'un larynx artificiel à languettes en caoutchouc, on applique cette verge à l'anneau ou au tuyau sur lequel les languettes sont tendues ; si l'on opère sur un larynx naturel, on la met en contact avec un cartilage. On perçoit très-bien les vibrations de cette manière. Au contraire, sans la verge et le bouchon dans l'oreille, les vibrations de l'air de l'instrument sont celles qu'on entend le mieux, parce que l'air est le meilleur conducteur pour les vibrations de l'air.

Dans une expérience comparative pour entendre avec une verge les covibrations du tuyau d'une flûte, instrument où l'air seul produit le son, on entend bien aussi ce dernier, mais faible proportionnellement, et dans tous les cas on le perçoit plus faiblement que les vibrations des parties solides d'un instrument à anche.

II. Sons buccaux produits par l'homme.

L'homme peut aussi produire un grand nombre de sons avec sa bouche. Je fais abstraction ici de toutes les espèces de bruits qui sont possibles dans cette cavité, et dont je traiterai plus loin, en m'occupant de la parole ; je n'entends parler maintenant que de simples sons. Des sons analogues à ceux des tuyaux à bouche peuvent se produire tant dans la partie antérieure que dans la partie postérieure de la cavité orale, et de plus il y a aussi dans la bouche un registre de sons auxquels l'air donne naissance.

1° Sons buccaux produits par des membranes vibrantes.