la partie vibrante des lèvres de la glotte artificielle. La pression des doigts a donc pour effet de déterminer la tension des lamelles et de produire en même

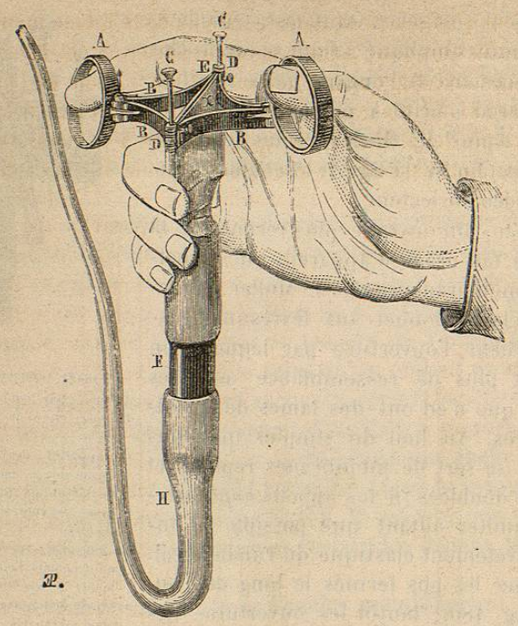

Fig. 183.

LARYNX ARTIFICIEL DE M. FOURNIÉ.

A,A, anneaux au moyen desquels on exerce la pression. — B,B, ressorts à l'aide desquels on tend l'anche de caoutchouc. — C,C, tiges d'acier. — D,D, articulations des tiges avec les ressorts. — F, tube métallique. — H, tube de caoutchouc. — *x*, anche de caoutchouc.

temps la diminution de longueur de la partie vibrante en déterminant la diminution progressive à la longueur de l'ouverture. Ces deux conditions, nous l'avons vu, sont celles qui modifient la hauteur du son.

§ 256.

Du rôle des rubans vocaux ou lèvres vocales. — Expériences directes sur le larynx du cadavre. — Ainsi que nous l'avons dit déjà, la glotte, c'est-à-dire l'ouverture circonscrite par le bord libre des rubans vocaux inférieurs, est le siège véritable de la voix humaine ; aussi, donne-t-on souvent à cette ouverture le nom de *fente vocale*, et aux rubans vocaux inférieurs le nom de *lèvres vocales*. La glotte représente l'ouverture de l'anche membraneuse dont nous venons de parler : les poumons et la trachée représentent le soufflet qui porte le vent au travers de la glotte. Le vent, en passant sur les lèvres de la glotte convenablement rapprochées l'une de l'autre par les muscles du larynx, fait entrer ces lèvres en vibration. La cavité du larynx sus-jacente aux cordes vocales inférieures, le pharynx, la bouche, les fosses nasales, représentent le tuyau vocal ; lequel, dans son ensemble, correspond à l'appareil de renforcement des instruments à cordes.

Des expériences décrites sur le larynx de l'homme, après la mort, ont été d'abord tentées par Ferrein, et reprises plus tard par J. Müller et par M. Harless et Merkel qui leur ont donné un grand degré de précision. Elles ont fourni la preuve que les sons s'engendrent dans le larynx de la même manière que dans les anches membraneuses dont nous venons de parler. A cet effet, le larynx est fixé par le cartilage cricoïde contre le montant du milieu de l'appareil représenté par la figure 184. Le plateau de balance *c*, suspendu au bord *l* du cartilage thyroïde, est chargé de poids variés, qui, agissant à la manière des muscles crico-thyroïdiens, font basculer le cartilage thyroïde sur le cartilage cricoïde,

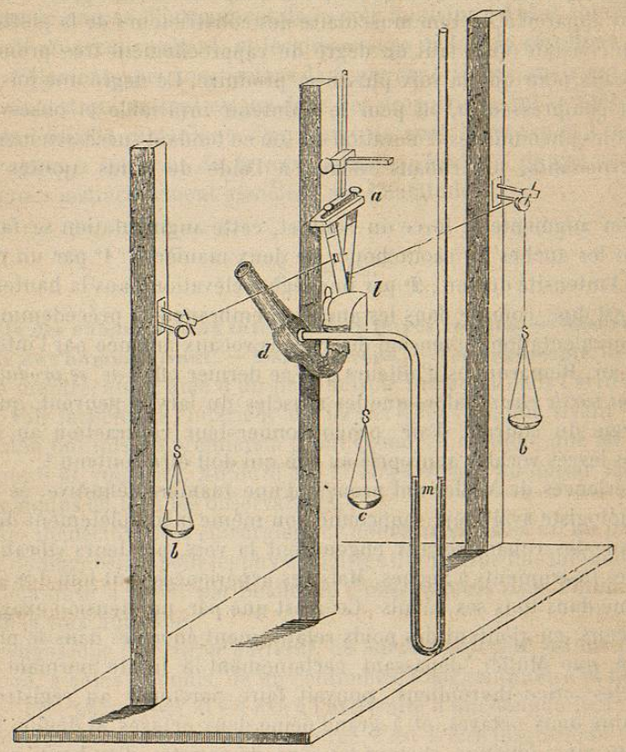

Fig. 184.

et *tendent* les cordes vocales. Le petit appareil *a*, fixé également au montant du milieu, est pourvu de deux lames mobiles qui entrent dans le larynx, et qui agissent à l'aide de poids placés dans les plateaux de balance *b*,*b*, de manière à simuler l'action des muscles crico-aryténoïdiens latéraux et à rapprocher les lèvres de la glotte. On fait arriver l'air au travers de la glotte par le tuyau *d*, lequel représente la trachée. Un soufflet adapté au tuyau *d* est destiné à pousser l'air dans le larynx, et représente le poumon. En même temps que l'air s'engage dans le larynx par le tuyau *d*, il pénètre aussi dans un manomètre *m* rempli de mercure : la différence de niveau du mercure indique la pression de l'air à son passage par la glotte.

Dans ces expériences on observe que le larynx détaché du corps peut exécuter

à peu près tous les tons qui corespondent au registre ordinaire de la voix humaine, c'est-à-dire environ deux octaves et demie. On peut enlever toutes les parties du larynx *sus-jacentes* aux rubans vocaux inférieurs, et obtenir encore les mêmes résultats. Toutes les fois qu'on ajoute des poids dans la balance *c*, c'est-à-dire toutes les fois qu'on augmente la tension des rubans vocaux, le son s'élève. Le relâchement des rubans vocaux correspond au son le plus bas.

Le larynx du cadavre n'offre pas un rapprochement suffisant de ses cordes vocales pour qu'on puisse le faire résonner; on n'obtient guère alors qu'un souffle rauque qui ne ressemble en rien à la voix, c'est-à-dire qu'il faut suppléer par le petit appareil à l'action musculaire des constricteurs de la glotte qui fait défaut. On constate qu'il faut un degré de rapprochement très prononcé des rubans vocaux pour que la voix puisse se produire. Ce degré une fois obtenu, à l'aide du compresseur *a*, on peut le maintenir invariable et observer néanmoins tous les phénomènes d'élévation du ton en tendant successivement, d'une manière croissante, les rubans vocaux à l'aide de poids ajoutés dans la balance *c*.

Lorsqu'on augmente la force du soufflet, cette augmentation se fait sentir, comme sur les anches en caoutchouc, de deux manières : 1° par un renforcement dans l'intensité du son ; 2° par une légère élévation dans la hauteur. Cette élévation est due, comme dans les anches membraneuses précédemment étudiées, à l'augmentation de tension des rubans vocaux amenée par l'intensité du courant d'air. Remarquons d'ailleurs que ce dernier effet *ne se produit pas nécessairement sur le vivant*, alors que les muscles du larynx peuvent, quelle que soit l'énergie du courant d'air, proportionner leur contraction au degré de tension des lèvres vocales approprié au son qui doit être soutenu [1].

Les expériences de Müller ont prouvé, d'une manière définitive, ce que plus d'un physiologiste avait déjà soupçonné, ou même incomplètement démontré, à savoir, que les rubans vocaux engendrent la voix, par leurs vibrations, à la manière des instruments à anches. Mais ces expériences sont loin d'avoir résolu le problème dans tous ses détails. Ce n'est que par une tension exagérée des rubans vocaux, en ajoutant des poids relativement énormes dans le plateau de sa balance, que Müller, dépassant certainement la limite normale d'action des muscles crico-thyroïdiens, pouvait faire parcourir au registre de la voix humaine deux octaves, et à grand'peine deux octaves et demie. Ajoutons que les sons ainsi obtenus, surtout les sons du registre d'en haut, avaient un timbre criard et ne rappelaient que d'assez loin les véritables sons de la voix humaine. Müller sentait bien que la tension *passive* des rubans vocaux n'était pas la seule influence, et que sur le vivant l'action tensive des muscles thyro-aryténoïdiens, c'est-à-dire la tension *active* des rubans vocaux, devait jouer un rôle capital.

Il est à peu près impossible de remplacer sur le larynx du cadavre l'action des muscles thyro-aryténoïdiens, en ce qui touche les conditions physiques de la masse du muscle lui-même, alors que ses fibres passent de l'état de relâchement à l'état de contraction.

[1] Cette remarque s'applique à tous les larynx artificiels. L'action musculaire capable de faire éprouver aux rubans vocaux des variations de tension et d'élasticité à tous les moments de l'émission du son n'existe, et ne peut exister, dans aucun de ces appareils.

En résumé, deux conditions principales paraissent présider à la formation des tons de la voix : d'abord *la tension variée des lèvres vocales*, et en second lieu les modifications que la contraction du faisceau interne du muscle thyro-aryténoïdien peut apporter aux dimensions *transversales et verticales* du repli vocal qu'il occupe.

La valeur de cette seconde condition, à savoir les changements de volume qu'entraîne dans les rubans vocaux la contraction des muscles placés dans leur épaisseur, est à peu près indéterminée. Mais, ce qu'on sait bien, c'est que les diverses cordes d'un instrument, à égalité de tension et à égalité de longueur, rendent des sons d'autant plus graves que leur diamètre est plus considérable.

Répétons-le encore, l'instrument de la voix humaine est plus compliqué qu'il ne le paraît au premier abord, et les divers sons de la voix résultent de la combinaison d'éléments que nous isolons dans nos expériences, mais qui s'associent sur le vivant, et qui entrent en jeu dans des proportions qui varient aux divers degrés de l'échelle diatonique. Ces éléments sont la *tension* et l'*épaisseur* des rubans vocaux [1]. Les sons de la voix humaine résultent de ces combinaisons harmoniques instinctivement associées par l'habitude.

§ 256 *bis*.

Du rôle des rubans vocaux inférieurs ou lèvres vocales. — Observations sur le larynx de l'homme vivant. — Laryngoscope. — Laryngoscopie. — M. Manuel Garcia a montré qu'à l'aide d'un petit miroir introduit dans l'arrière-bouche, on peut voir facilement l'intérieur du larynx chez l'homme vivant [2]. M. Türck et M. Liston ont mis les premiers à profit ce moyen d'étude, que M. Czermak a perfectionné et vulgarisé. Aujourd'hui le *laryngoscope* ou miroir laryngien est entre les mains de tous les observateurs.

Pour les médecins et les chirurgiens ce nouveau *spéculum* est un précieux instrument de diagnostic ; pour les physiologistes il constitue une méthode d'examen direct, déjà mise à profit par beaucoup d'observateurs dans l'étude du mécanisme de la voix humaine.

Le laryngoscope (ou *miroir guttural*, ou *miroir laryngien*) est un petit miroir plan, carré, à coins arrondis, de un centimètre à un centimètre et demi de côté (Voy. fig. 185, page suiv.). Il est fixé à l'extrémité d'une longue tige coudée, qui permet de l'introduire dans l'arrière-gorge, c'est-à-dire jusque dans la partie supérieure du pharynx. Cette tige est mobile dans le manche *B* de manière à ce qu'on

[1] A ces deux éléments qui règlent la *hauteur du ton*, ajoutons encore les changements de *densité* que la contraction des muscles thyro-aryténoïdiens détermine dans les lèvres vocales et qui agissent plus particulièrement sur le timbre.

[2] Quelques chirurgiens avaient bien cherché, avec plus ou moins de succès, à voir l'intérieur du larynx à l'aide de miroirs, mais c'est bien M. Manuel Garcia qui a rendu cet examen tout à fait pratique.

Les premières expériences *sur le vivant* n'ont pas été faites sur l'homme, mais sur les animaux. Magendie pratiquait aux chiens une incision au cou, coupait la membrane thyro-hyoïdienne, attirait le larynx au dehors et le maintenait à l'aide d'érignes, pour observer l'intérieur du larynx, au moment où l'animal donnait de la voix. Il avait, ainsi, constaté *de visu*, que c'est bien au niveau des cordes vocales inférieures, et par leurs vibrations, que le son se produit. MM. Malgaigne et Longet ont fait plus tard des observations analogues. Enfin, chez quelques personnes qui s'étaient coupé la gorge, on a pu apercevoir les cordes vocales inférieures se rapprocher et vibrer au moment où la voix se produit.

puisse proportionner sa longueur à la profondeur des parties. La tige est coudée afin que, quand le miroir est en place, cette tige corresponde à l'une des commissures de la bouche, et ne gêne point l'observateur. On donne à ce miroir une inclinaison telle qu'il regarde en bas et en avant ; il est destiné, d'une part, à projeter sur la partie qu'on veut examiner (intérieur du larynx) une vive lumière, et, d'un autre côté, à conduire à l'œil de l'observateur l'image de la partie éclairée. L'observateur voit ainsi le larynx renversé, c'est-à-dire que ce qui est en avant dans l'image correspond à ce qui est réellement en arrière, et *vice versâ*. Le sujet de l'expérience peut être en même temps l'observateur ; il suffit de recevoir l'image à l'aide d'un second miroir placé à l'extérieur et convenablement disposé. On conçoit que cette double réflexion a pour effet de redresser l'image et de replacer les choses dans leur situation normale.

Fig. 185.
A, miroir guttural en verre étamé. B, manche creux dans lequel s'engage la tige du miroir. — C, vis de pression pour maintenir la tige à la longueur voulue.

Avant d'introduire le miroir laryngien dans l'arrière-bouche, il faut l'échauffer (on plonge pour cela dans l'eau bouillante), afin qu'il ne soit pas *terni* par la vapeur d'eau de la respiration, qui se précipiterait sur lui s'il était à une température inférieure à celle de la bouche.

Pour que la partie observée soit bien éclairée, on se place au soleil. Mais presque toujours on examine le larynx à la lumière artificielle. On peut ainsi se livrer à l'observation des parties par tous les temps, et la nuit aussi bien que le jour. A cet effet, on dirige la lumière d'une lampe sur le spéculum laryngien à l'aide d'un réflecteur.

Les réflecteurs peuvent avoir des formes et des dispositions diverses. La disposition représentée figure 186 est d'un emploi commode. Le sujet observé est préservé des rayons directs de la lampe par un écran. Par de légers mouvements de la tête et à l'aide d'un miroir qu'il porte fixé à la partie moyenne du front l'observateur projette la lumière de la lampe sur le miroir laryngien placé dans l'arrière-bouche du sujet observé. Le miroir laryngien éclaire le larynx et en reproduit en même temps l'image aux yeux de l'observateur.

A l'aide du laryngoscope on voit très nettement la base de la langue, les parois du pharynx, l'épiglotte, les replis ary-épiglottiques, les rubans vocaux supérieurs, les orifices des ventricules du larynx, les rubans vocaux inférieurs *ou* lèvres vocales ; on voit même au-dessous d'eux, quand ils sont écartés ; on peut alors découvrir aisément les premiers anneaux de la trachée au travers de la muqueuse.

Lorsque la respiration est tranquille, la glotte est moyennement ouverte ; c'est à peine si l'on trouve une différence sensible entre les rubans vocaux inférieurs et les supérieurs. En observant avec attention, on constate qu'à chaque inspiration l'ouverture de l'espace compris entre les rubans vocaux inférieurs augmente un peu. Lorsque la respiration est anxieuse, et dans toutes les inspirations profondes, ce mouvement d'ouverture de la glotte devient beaucoup plus prononcé (Voy. plus loin).

Aussitôt que le sujet en observation se dispose à parler, on voit les rubans

vocaux inférieurs se rapprocher l'un de l'autre sous la forme linéaire, la fermeture est complète, et comprend toute la longueur de la fente vocale ; à la fois dans sa portion intercartilagineuse et à la fois dans sa portion interligamenteuse. En même temps les cordes vocales inférieures s'allongent, il semble

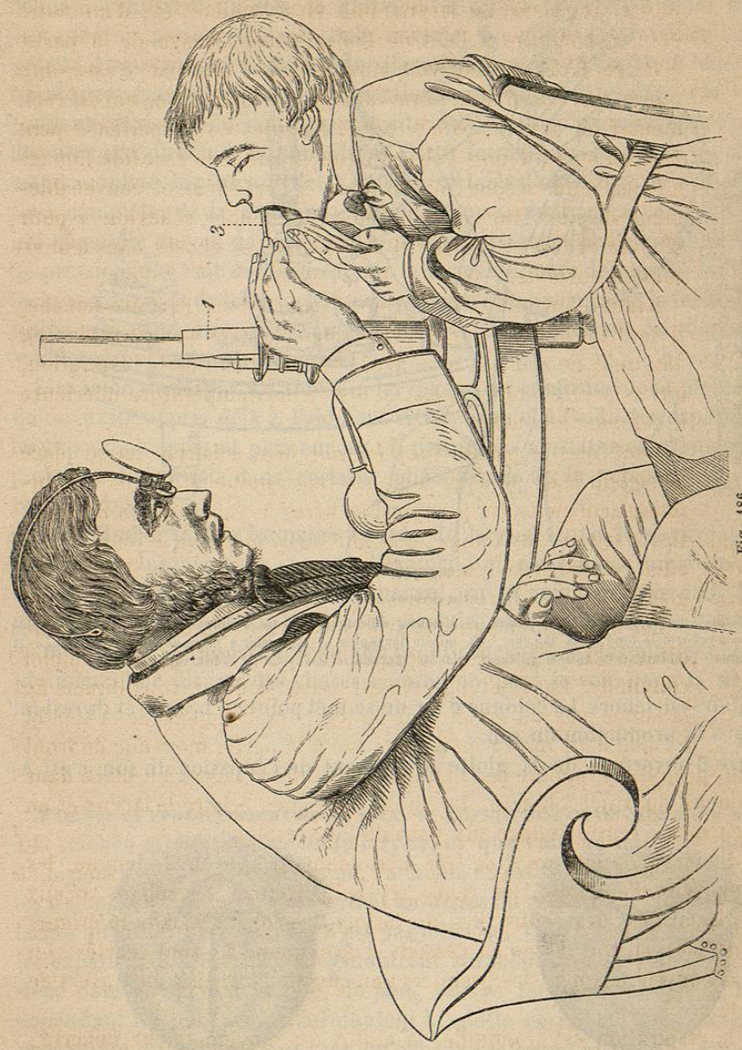

Fig. 186.
EXAMEN LARYNGOSCOPIQUE (FOURNIÉ).
1, écran en papier placé sur le verre de la lampe. — 3, miroir guttural sur lequel se réfléchit l'image du larynx, et dont on ne voit que la tige.
Nota. L'observateur porte, fixé sur le front, un miroir réflecteur disposé de manière à éclairer le fond de la bouche.

qu'elles deviennent plus raides. On voit dans le laryngoscope une image analogue à celle qui est représentée dans la figure 188 (page suiv.).

Aussitôt que le son se produit son émission détermine un brusque écartement des lèvres vocales pour livrer passage à l'air qui les met en branle (fig. 189) et on voit manifestement la corde vocale entrer en vibration dans toute sa portion ligamenteuse.

Les rubans vocaux supérieurs sont légèrement entraînés en dedans au moment où les rubans vocaux inférieurs se rapprochent au contact, mais ils res-

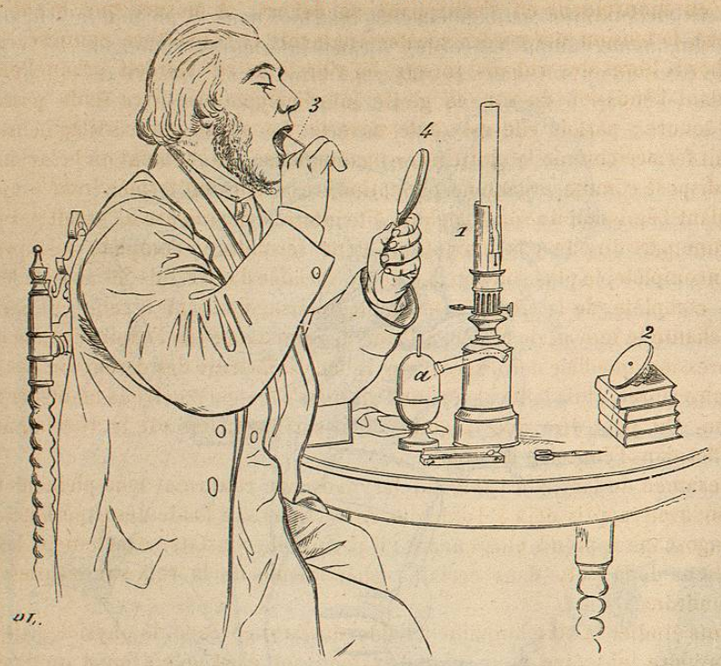

Fig. 187.

AUTOLARYNGOSCOPIE.

1, écran en papier placé sur le verre de lampe. — 2, miroir réflecteur recevant la lumière de la lampe et disposé de manière à éclairer le fond de la bouche. — 3, miroir laryngien. — 4, miroir à la main sur lequel l'image du larynx, d'abord réfléchie sur le miroir guttural, vient se reproduire aux yeux de l'observateur.

tent toujours en dehors. La colonne d'air ne se met point en branle, et ils restent étrangers à la production du son.

Le degré d'ouverture de la glotte au moment de l'émission du son, c'est-à-

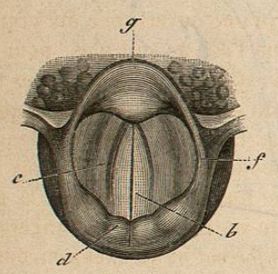

Fig. 188.

DISPOSITION DE LA GLOTTE AU MOMENT QUI PRÉCÈDE L'ÉMISSION DU SON (d'après M. Mandl).

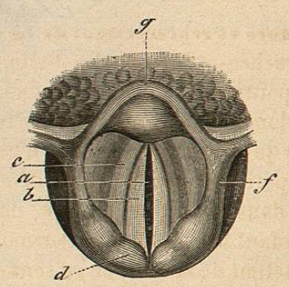

Fig. 189.

DISPOSITION DE LA GLOTTE PENDANT L'ÉMISSION DE LA VOIX DE POITRINE (notes basses).

a, glotte. — *b*, cordes vocales inférieures. — *c*, cordes vocales supérieures. — *d*, sommet des cartilages aryténoïdes. — *f*, replis aryténo-épiglottiques. — *g*, épiglotte.

dire la largeur de la glotte, ne paraît avoir aucune influence sur la hauteur du son. La glotte peut être plus ou moins ouverte, mais le degré d'ouverture est

un effet en quelque sorte passif qui n'est que l'expression du rapport mutuel entre la tension des cordes vocales et la pression de la colonne d'air qui les met en mouvement en s'échappant au dehors. A mesure que le son émis s'élève, la tension des cordes vocales augmente et l'ouverture comprise entre les bords libres des rubans vocaux en vibrations se rétrécit graduellement. Pendant l'émission du son, la glotte interligamenteuse livre seule passage à l'air sonore ; parfois elle est seule ouverte. La glotte intercartilagineuse qui s'était fermée comme la glotte inter-ligamenteuse, au moment où le larynx s'était disposé comme organe de phonation, reste souvent fermée (non toujours) pendant l'émission du son. La glotte dite inter-cartilagineuse ne paraît pas prendre une part directe à la phonation. Cette fermeture, complète quelquefois, est incomplète, le plus souvent. Le degré variable d'ouverture, et aussi la fermeture complète, de la glotte intercartilagineuse, donnent à celui qui parle ou qui chante le moyen de régler, à l'aide des puissances de l'expiration, le degré de pression que l'air doit exercer sur la face inférieure des cordes vocales pour les faire vibrer, et de telle sorte, que l'air qui s'échappe reçoive la meilleure utilisation. On peut dire que la glotte inter-cartilagineuse est le régulateur du soufflet dans l'émission du son[1].

L'examen du larynx à l'aide du laryngoscope confirme donc pleinement ce qu'on avait appris déjà à l'aide des vivisections et à l'aide des expériences. Le laryngoscope apprend plus encore : il permet de constater exactement les dispositions de la glotte dans certains phénomènes de la voix sur lesquels nous reviendrons.

Pour étudier la voix humaine à l'aide du laryngoscope, le physiologiste peut se prendre lui-même pour sujet d'examen, et c'est même ainsi qu'il peut le mieux se livrer à une étude fructueuse, car sa volonté dirige dans le même moment et le phénomène qu'il veut produire et l'attention qui doit en saisir le mécanisme. L'observation de son propre larynx est des plus simples ; l'expérimentateur dispose les choses comme on peut le voir dans la figure 187.

§ 257.

Timbre et renforcement de la voix. — Lorsqu'une ouverture a été pratiquée à la trachée-artère, *au-dessous* du larynx, et que l'air ne suit plus, pour sortir de la poitrine, la voie laryngienne, l'aphonie en est la conséquence. Dans toutes les lésions, au contraire, qui portent *au-dessus* du cartilage thyroïde, et quelque larges qu'elles soient, la voix n'est pas détruite. Ces faits, ainsi d'ailleurs que les expériences précédentes, démontrent surabondamment que la voix a son siège dans le larynx, et que, de plus, elle se forme au niveau de la glotte. Cependant les parties qui surmontent la glotte ne restent pas étrangères à la production de la voix, en ce sens qu'elles la *renforcent* et qu'elles concourent à lui donner le *timbre* qui la caractérise.

Chez l'homme qui parle, une grande quantité de parties entrent en vibration à l'unisson du son produit à la glotte. Ainsi, non seulement le pharynx, les

[1] L'utilisation la meilleure possible des mouvements de la glotte inter-cartilagineuse paraît être le résultat d'une sorte d'éducation. Les chanteurs peu exercés ont pour la plupart ce que l'on appelle le *souffle court*. C'est une imperfection qu'on peut corriger par l'exercice.