

leur tension augmenter d'autant. Il est naturel qu'alors les effets de l'augmentation de tension se manifestent.

M. Harless a répété et confirmé les expériences de J. Müller dans tous leurs points essentiels. Il s'est servi, dans ses recherches, d'un appareil

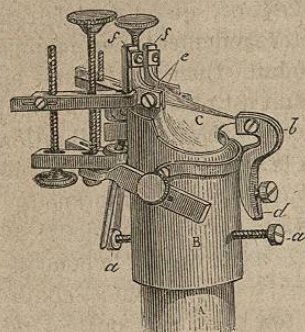


Fig. 128.

- A, tuyau par lequel arrive l'air.  
B, pièce circulaire fixée sur A par les vis a, a.  
C, appareil vocal (ou lames vocales) formé soit en caoutchouc, soit à l'aide de la tunique d'une grosse veine.  
b, pièce servant à la fixation des lames vocales.

La mortaise d permet à la pièce b des mouvements d'élevation et des mouvements de bascule.

Le reste de l'appareil est destiné à suppléer au jeu des cartilages aryténoïdes. Il consiste en un système de vis et de leviers appliqués au point sur lequel les lames vocales viennent se fixer en e, e. Ce système peut écarter ou rapprocher les bords de la glotte ou même lui donner les formes les plus variées. Les formes solides f, f, remplaçant les cartilages aryténoïdes, peuvent représenter, par des mouvements de rotation, une véritable glotte interaryténoïdienne. A l'aide de ce système, on peut aussi donner aux lames vocales des tensions variées; changer leur tension pendant la production du son, etc.

lames membraneuses des anches simples à l'aide d'un double revêtement (fragments de cartes) (Voy. fig. 131). Mais ces derniers appareils ne lui ont donné que des résultats peu rigoureux, parce qu'ils se dérangent facilement.

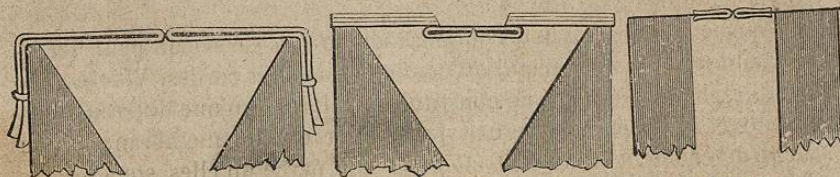


Fig. 129.

Fig. 130.

Fig. 131.

Le larynx artificiel de M. Fournié (Voy. fig. 132), est beaucoup plus simple et d'un maniement plus facile que celui de M. Harless. Il a auss

cet avantage, que la pression des doigts produit deux effets simultanés. Non-seulement cette pression tend l'anche dans le sens de la longueur, mais encore, sous l'influence de la pression, les ressorts opposés se rapprochent par leur convexité. A mesure que la pression augmente, ils pressent sur l'anche de manière à diminuer progressivement la longueur de la partie vibrante des lèvres de la glotte artificielle. La pression des

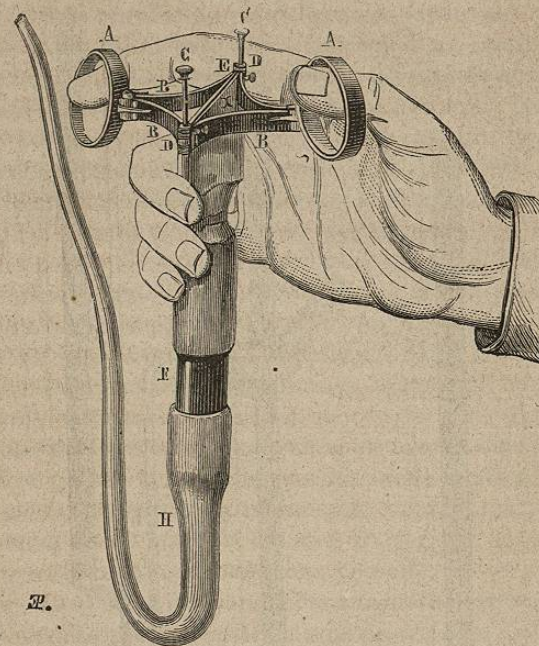


Fig. 132.

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. — E, tube métallique. — H, tube de caoutchouc. — x, anche de caoutchouc.

doigts a donc pour effet de déterminer à la fois la tension et l'occlusion progressive de l'ouverture, c'est-à-dire la diminution de longueur de la partie vibrante. Ces deux conditions, nous l'avons vu, sont celles qui modifient la hauteur du son, et elles se trouvent réunies dans l'organe de la phonation, ainsi que l'enseigne l'examen laryngoscopique, comme nous le verrons dans un instant.

## § 256.

**Expériences directes sur le larynx du cadavre. — Rôle des rubans vocaux inférieurs.** — 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. 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. Le tuyau vocal correspond à l'appareil de renforcement des instruments à cordes.

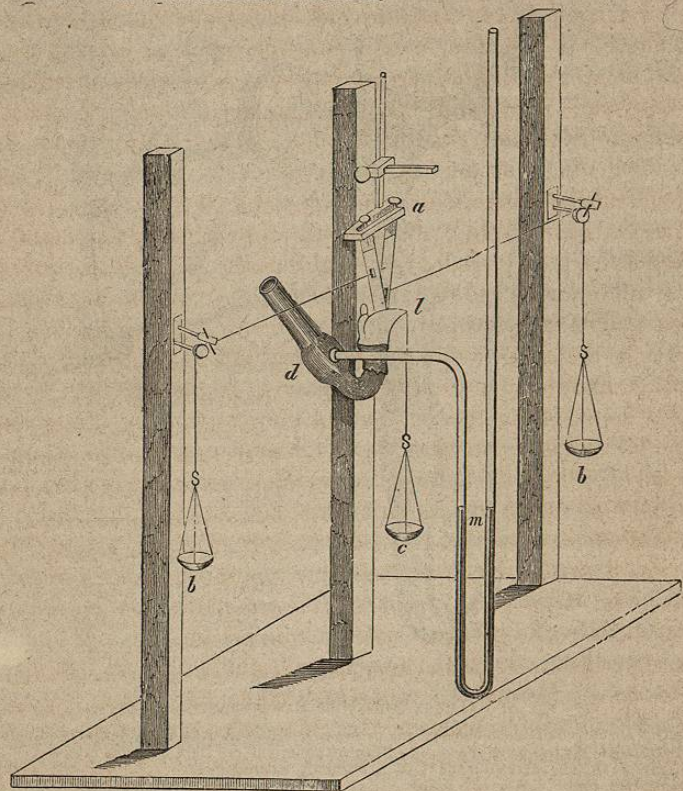


Fig. 133.

La preuve expérimentale que les sons sont produits dans le larynx comme dans les anches membraneuses a été fournie par J. Müller. A cet effet, le larynx est fixé par le cartilage cricoïde contre le montant du milieu de l'appareil représenté par la figure 133. 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, 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 des 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 correspondent 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 *parler*; on n'obtient guère alors qu'un souffle rauque qui ne ressemble en rien à la voix. Il faut un degré de rapprochement assez 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.

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.

En cherchant à refouler le corps des muscles à l'aide de petites pédales par des fenêtres pratiquées sur les côtés du cartilage thyroïde, afin d'imiter les modifications qui surviennent dans les muscles au moment de leur contraction, M. Fournié sait très-bien que ce n'est là qu'une imitation assez grossière, mais il est arrivé par cette voie à mettre en relief l'une des deux autres conditions qui président à la formation des tons de la voix, condition que Müller paraît n'avoir envisagée que comme accessoire et exceptionnelle, tandis qu'il est très-vraisemblable au contraire qu'elle a une importance presque aussi grande que la tension même des rubans vocaux. Ceci demande quelques mots d'explication.

A l'aide d'une corde tendue sur son violon, et avec *une tension qui ne varie pas*, l'artiste, en diminuant la longueur de la partie vibrante à l'aide du doigt qui se promène sur la corde, peut parcourir, chacun le sait, une échelle diatonique assez étendue; il n'a même pas besoin, surtout pour les sons élevés, de comprimer fortement; il lui suffit de poser la pulpe du doigt sur la corde pour y déterminer ce qu'on appelle un nœud de vibration (Voy. plus haut). L'artiste, en tout ceci, ne fait que se conformer aux principes de la production des sons par les cordes, principes que nous avons précédemment exposés. Nous avons vu aussi que les anches suivent exactement les lois des cordes en ce qui concerne la hauteur du ton.

M. Fournié, en comprimant les pédales dont nous avons parlé et en portant la compression sur des points de plus en plus rapprochés de l'angle rentrant du cartilage thyroïde, diminue peu à peu la longueur de la partie vibrante, et il constate que le ton monte plus haut qu'avec la tension passive la plus exagérée des rubans vocaux. Il constate encore qu'avec des tensions modérées, et en partant d'un son relativement assez bas, on peut, en diminuant successivement la longueur de la partie vibrante, parcourir une échelle assez étendue dans la gamme des sons.

En combinant la tension des rubans vocaux avec la diminution progressive de leur partie vibrante, on constate encore que les sons produits ont avec les sons de la voix humaine une analogie beaucoup plus grande.

La diminution de longueur de la partie vibrante des rubans vocaux est déterminée, sur le vivant, par la contraction partielle du muscle thyro-aryténoïdien, et principalement par la contraction de son faisceau oblique syndesmien.

Les rubans vocaux, envisagés dans leur totalité, ont une longueur peu considérable, il s'ensuit que de faibles changements dans la longueur de leur partie vibrante suffisent à produire toutes les modulations de la voix humaine.

En résumé, deux conditions principales, bien connues et bien étudiées, président à la formation des tons de la voix : d'abord la tension variée des rubans vocaux, et en second lieu l'étendue variée de leur portion vibrante.

Une troisième condition, dont la valeur est malheureusement encore aujourd'hui à peu près indéterminée, ce sont les changements de volume et de densité qu'entraîne dans les rubans vocaux la contraction des muscles placés dans leur épaisseur.

Tout le monde sait 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 de trois 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 trois éléments sont la *tension*, la *longueur* (de la partie vibrante), l'*épaisseur* des rubans vocaux. Les sons de la voix humaine résultent de ces combinaisons harmoniques instinctivement associées par l'habitude.

Les cordes vocales inférieures engendrent donc par leurs vibrations les divers tons de la voix humaine. Mais quelle est d'une manière précise la partie vibrante *initiale*? Est-ce toute l'épaisseur de la corde vocale, c'est-à-dire la muqueuse, les ligaments thyro-aryténoïdiens, et le muscle du même nom; ou bien est-ce seulement la plus superficielle de ces parties, la muqueuse? Les recherches de M. Fournié tendent à établir que cette dernière supposition est la véritable.

Les arguments de M. Fournié nous paraissent décisifs. Il fait remarquer d'abord que la muqueuse qui recouvre les rubans vocaux n'a point les caractères qu'elle a généralement ailleurs; au lieu d'être molle et épaisse, elle est en ce point souple, fine, transparente. Lorsqu'on cherche à faire produire des sons à un larynx de cadavre, on remarque que le son ne peut se produire qu'autant que la muqueuse qui recouvre les rubans vocaux inférieurs n'est point adhérente aux tissus sous-jacents, mais qu'elle est encore mobile sur eux (mobilité qui disparaît peu à peu par dessèchement)<sup>1</sup>. Lorsque la muqueuse est devenue adhérente, on ne peut plus rien obtenir, si ce n'est un ronchus qui n'a plus d'analogie avec les sons de la voix humaine. Il en est de même lorsque par une dissection préalable on a enlevé la muqueuse qui recouvre les rubans vocaux inférieurs. Quoique les parties anatomiques essentielles du ruban vocal, c'est-à-dire les ligaments et les muscles soient restés intacts, le larynx est devenu également aphone. Qui ne sait enfin combien

<sup>1</sup> Déjà Müller avait remarqué que le dessèchement du larynx rend bientôt cet organe *aphone*, et que, pour continuer quelque temps les expériences, il fallait humecter les cordes vocales de temps en temps.



les altérations de la voix sont fréquentes? Sous l'influence des causes les plus légères, d'une simple injection ou d'une inflammation de la membrane muqueuse, on voit tous les jours survenir des enrouements considérables, et ce qu'on appelle des extinctions de voix.

§ 256 bis.

**Observations sur le larynx de l'homme vivant (laryngoscope).** —

M. Manuel Garcia est le premier qui ait cherché, à l'aide d'un petit miroir introduit dans l'arrière-bouche, à examiner l'intérieur du larynx chez l'homme vivant. M. Türk et M. Liston ont mis plus tard 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 *speculum* est un précieux instrument de diagnostic; pour les physiologistes il constitue une méthode d'examen direct, déjà mise à profit par beaucoup d'observateurs<sup>1</sup> dans l'étude du mécanisme de la voix humaine.

Le laryngoscope est un petit miroir plan, carré, à coins arrondis, de un centimètre à un centimètre et demi de côté (Voy. fig. 134). 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 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 versa*. 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

<sup>1</sup> MM. Türk, Liston, Czermak, Semeleder, Schuh, Bataille, Fournié, etc.

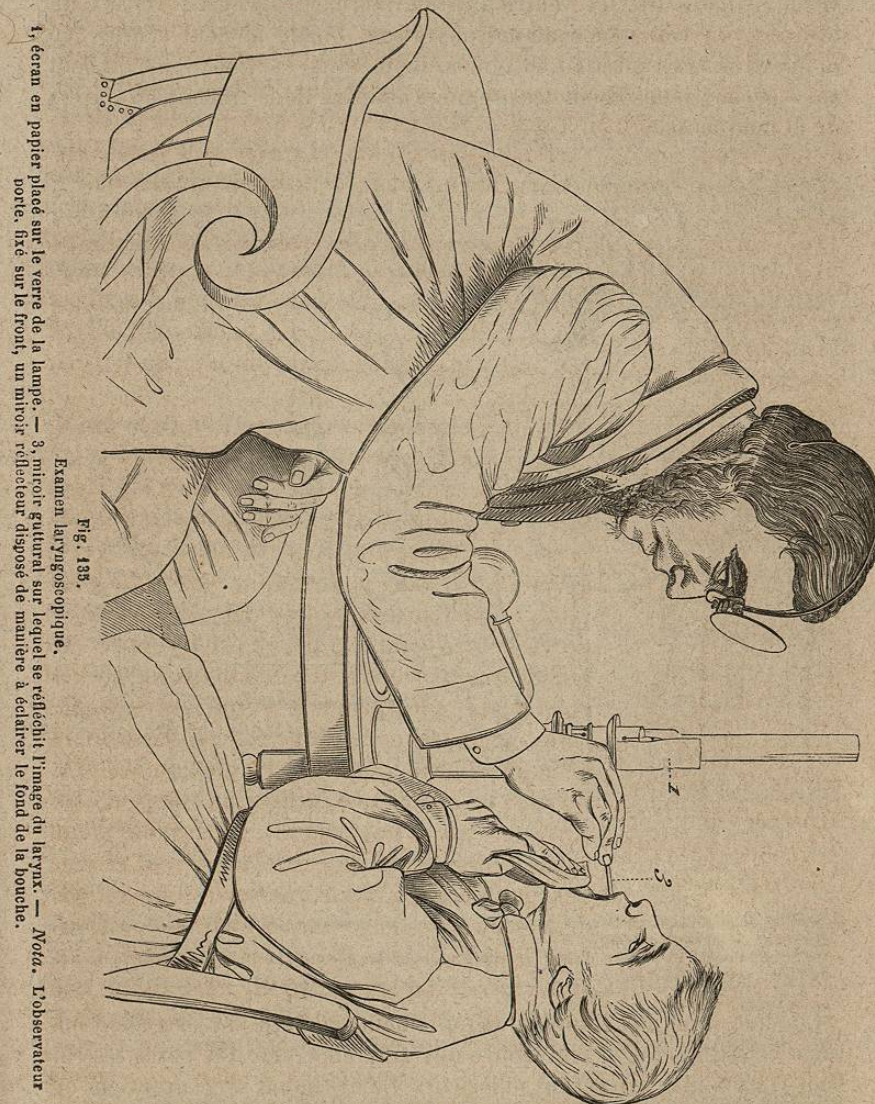


Fig. 134.

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.

redresser l'image et de replacer les choses dans leur situation normale.

Avant d'introduire le laryngoscope dans l'arrière-bouche, il faut l'échauffer (on le 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.



1, écran en papier placé sur le verre de la lampe. — 2, miroir guttural sur lequel se réfléchit l'image du larynx. — 3, miroir fixé sur le front, un miroir réflecteur disposé de manière à éclairer le fond de la bouche.

Fig. 135.

Examen laryngoscopique.

Nota. L'observateur

Pour que la partie observée soit bien éclairée, on se place au soleil. On peut aussi examiner le larynx à la lumière artificielle. A cet effet, on dirige la lumière d'une lampe sur le *speculum* laryngien à l'aide d'un réflecteur.



Les réflecteurs peuvent avoir des formes et des dispositions diverses. La disposition, représentée fig. 135 (empruntée à l'ouvrage de M. Fournié), est d'un emploi commode.

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 ventricules du larynx, les rubans vocaux inférieurs; on voit même au-dessous d'eux, quand ils sont écartés (au moment de la respiration, et non au moment de la phonation); on peut alors découvrir aisément les premiers anneaux de la trachée au travers de la muqueuse.



Fig. 136.

Autolaryngoscope.

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 guttural. — 4, miroir à la main sur lequel l'image du larynx, d'abord réfléchi sur le miroir guttural, vient se reproduire aux yeux de l'observateur.

Lorsque le patient respire tranquillement, la glotte est largement 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 la glotte (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 plus prononcé.

Engage-t-on le patient à parler, aussitôt on voit les rubans vocaux inférieurs se rapprocher l'un de l'autre sous la forme linéaire, parle-t-il, on voit manifestement ces rubans entrer en vibration. Les rubans vocaux supérieurs restent étrangers à la production du son. 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 dans un instant.

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 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; il suffit de faire réfléchir sur un miroir que l'on tient à la main l'image du larynx déjà produite par le miroir guttural (Voy. fig. 136).

## § 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.

Pour ce qui est du timbre, il faut remarquer que 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 fosses nasales, la bouche, mais encore la poitrine, et jusqu'aux corps solides sur lesquels repose l'homme qui parle, entrent en vibrations. Ces vibrations, on peut les constater soi-même, en appliquant sa main sur une caisse en bois pendant que l'on parle. On sent alors très-distinctement les vibrations que la main transmet à la caisse par voie de continuité. Le timbre de la voix résulte donc d'un grand nombre d'éléments, et ce timbre peut varier suivant les conditions particulières dans lesquelles on se trouve.

La voix du vieillard n'est pas celle de l'adulte. Le développement du larynx et les modifications qu'il subit avec l'âge portent principalement sur la constitution des cartilages. Ceux-ci deviennent moins élastiques et s'incrument d'ossifications partielles qui parfois les envahissent com-