§ 253.

Du son. — Les trois qualités du son. — L'air chassé par les poumons produit le son en traversant la fente glottique. Mais pour comprendre comment le son se produit et comment il se module pour donner à la voix humaine son *étendue* et ses *caractères*, nous avons besoin de rappeler quelques principes de physique.

Le son est le résultat d'oscillations vibratoires imprimées aux molécules des corps élastiques, lorsque, sous l'influence d'un choc ou d'un frottement, ces molécules ont été dérangées de leur état d'équilibre. Pour que le mouvement vibratoire des corps devienne *son* pour l'homme, il lui faut un nerf *spécial* (nerf acoustique), destiné à transmettre l'impression au sensorium. C'est même, à proprement parler, à la sensation particulière excitée dans l'organe de l'ouïe par les vibrations des corps qu'on donne le nom de *son*. Un sourd qui touche un corps vibrant sent, par la peau, un frémissement tactile, qui ne peut en aucune façon lui donner l'idée du son.

Il faut aussi, pour que le *son-sensation* ait lieu, qu'il y ait entre le corps vibrant et l'oreille un milieu intermédiaire qui le transmette à l'oreille. Ce milieu intermédiaire est généralement l'air atmosphérique, fluide élastique qui entre lui-même en vibration au contact du corps sonore; mais ce peuvent être aussi des liquides ou des solides, car tous ces corps transmettent le son. Lorsqu'on place un timbre mû par un mouvement d'horlogerie sous la cloche d'une machine pneumatique, on entend très bien le bruit de la sonnerie tant que la cloche est pleine d'air; mais à mesure qu'on fait le vide sous la cloche, le son diminue d'intensité, et il devient nul quand le vide est fait.

Lorsqu'un corps vibre, ses molécules éprouvent des oscillations de condensation et de dilatation successives. Ces oscillations de condensation et de dilatation se transmettent à l'air, et déterminent dans les couches de l'air des ébranlements de condensation et de dilatation, lesquels ébranlements se transmettent enfin aux organes de l'ouïe et nous donnent la sensation du son.

Les vibrations sonores se transmettent dans les gaz, dans les liquides et dans les solides; mais leur vitesse de propagation n'est pas la même dans ces divers milieux (Voy. *Sens de l'ouïe*).

Un son peut être *fort* ou *faible;* il peut être *élevé* ou *bas;* il peut *résonner d'une certaine manière* à l'oreille (le son d'une flûte ne ressemble pas à celui du violon, ni celui du violon à celui du piano, alors même qu'ils donnent la même note): on peut donc distinguer dans le son trois qualités essentielles, qui sont l'*intensité*, la *hauteur*, le *timbre*.

L'*intensité* du son dépend de l'*amplitude* des vibrations du corps sonore, mais non pas de leur nombre. Des sons semblables quant à l'élévation peuvent avoir des intensités variées, représentées dans la musique instrumentale ou dans le chant par les mots *pianissimo*, *piano*, *forte*, *fortissimo*, etc.

La *hauteur* du son dépend du *nombre* des vibrations exécutées par le corps sonore dans un espace de temps déterminé, en une seconde, par exemple. On compte ces vibrations soit à l'aide de la méthode acoustique (sirène, roue dentée), soit à l'aide de la méthode graphique par l'intermédiaire des flammes manométriques. Dans le son *d* de la quatrième corde du violon la corde exécute 512 vibrations par seconde; dans le son *do* de l'octave supérieure, elle exécute 1024 vibrations pendant le même espace de temps.

On voit par l'exemple que nous venons de prendre que lorsque deux corps qui vibrent exécutent dans le même temps un nombre de vibrations qui est dans le rapport de 1 à 2, les deux sons produits sont à l'octave l'un de l'autre.

Les nombres de vibrations qui correspondent aux diverses notes de la gamme sont entre eux dans les rapports suivants:

do_1 (ut)	ré	mi	fa	sol	la	si	do_2 ut
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
Son fondamental	Seconde	Tierce	Quarte	Quinte	Sixte	Septième	Octave

C'est-à-dire que do_2, contient le double de vibrations de do_1; que *ré* contient le même nombre de vibrations que *do* plus 1/8; que *mi* contient le même nombre de vibrations que *do* plus 1/4, etc., etc. On peut voir encore, en examinant le tableau précédent, que les *intervalles* qui séparent chaque note ne sont pas mesurés par un nombre égal de vibrations. Le *do* que nous avons choisi étant de 512 vibrations par seconde, le *ré* suivant aura $512 \times 9/8$; le *mi* aura $512 \times 5/4$, le *fa* aura $512 \times 4/3$, le *sol* aura $512 \times 3/2$;... le do_2, enfin, aura 512×2.

On dit de deux sons qu'ils vibrent *à l'unisson* lorsqu'ils sont produits par un même nombre de vibrations par seconde, quel que soit le corps vibrant. L'oreille exercée peut apprécier cette concordance avec une grande rigueur. En se servant d'instruments particuliers (roue dentée de Savart et sirène de M. Cagniard-Latour), on peut vérifier la justesse des appréciations de l'ouïe et démontrer que deux sons se trouvent à l'unisson parfait au moment où les *compteurs* de ces deux instruments indiquent le même nombre de vibrations dans le même intervalle de temps.

Toute vibration des corps élastiques produit un ébranlement que nous percevons comme sons; mais la faculté d'*apprécier* le son a ses limites. Lorsque le nombre des vibrations d'un corps sonore est inférieur à 32 vibrations simples par seconde, il n'est plus perçu comme son par l'oreille; telle est donc la limite des sons *graves*. Lorsque le nombre des vibrations est supérieur à 70,000 vibrations simples par seconde, il éveille encore, il est vrai, une sensation dans l'organe de l'ouïe; mais il devient tout à fait impossible de distinguer ce son d'un autre son qui serait plus élevé. Telle est donc, pour l'oreille, la limite des sons *aigus*. La qualité essentielle du son (sa hauteur) n'est donc appréciable pour l'oreille humaine que dans certaines limites déterminées. En deçà et au delà de ces limites les oscillations vibratoires des corps ne sont plus pour nous que des *chocs* ou des *bruits*.

Le *timbre* du son dépend de la nature du corps vibrant. Chaque instrument de musique, chaque voix humaine, en un mot tout corps résonnant a le sien. Les variétés de timbres sont en nombre infini. Le timbre résulte de ce que tout son, même celui qui nous paraît le plus simple, est toujours plus ou moins composé, et résulte d'un ensemble de sons élémentaires souvent très nombreux; à côté du son *fondamental* il y a une série de sons plus élevés et plus faibles qui échappent à l'oreille inattentive ou inexercée. C'est la perception simultanée de leur ensemble qui donne au son sa qualité, et c'est la prédominance de certains sons

élémentaires qui le caractérise comme timbre. M. Helmholtz a démontré, par expérience, que deux sons rendus simultanément peuvent se fondre en un seul, dont le timbre diffère de celui de chacun des composants. Il a démontré qu'un son d'*une certaine hauteur* peut se fondre dans un son *plus grave* et disparaître, sans changer la hauteur du son plus grave qui se l'approprie en quelque sorte; mais si la hauteur du son n'est pas changé, son *timbre* est modifié.

Le timbre dépend donc de la fusion dans le son fondamental des harmoniques qui l'accompagnent. En d'autres termes le timbre dépend de la composition du mouvement ondulatoire de l'air que reçoit l'oreille, c'est-à-dire du nombre, du rang et de l'intensité des sons partiels dont se compose le son résultant perçu. C'est ce que M. Helmholtz exprime d'un mot lorsqu'il dit que le timbre dépend de la *forme* de la vibration.

§ 254.

Des instruments à cordes. — Des instruments à vent. — Appliquons les notions qui précèdent à quelques-uns des instruments de musique les plus répandus, nous comprendrons mieux ensuite le jeu des diverses parties de l'organe vocal, qui, lui aussi, est un instrument non sans analogie avec ceux que l'art construit[1].

Instruments à cordes. — Dans les instruments à cordes, tels que le violon, le violoncelle, la harpe, etc., le son est produit par les vibrations de cordes tendues, vibrations déterminées soit à l'aide du doigt, soit à l'aide d'un archet frotté de colophane, L'intensité du son produit dépend de l'amplitude de l'oscillation de la corde; la hauteur du son dépend du nombre de vibrations exécutées par la corde en une seconde[2]. Le nombre de vibrations dépend, et de la grosseur de la corde, et de sa longueur, et de sa tension, et même de sa densité. On sait d'une manière précise quel degré d'influence chacune de ces conditions apporte au nombre des vibrations qu'une corde exécute en un temps donné, et, par conséquent, apporte à la hauteur du son. L'organe de la voix humaine est pourvu de parties vibrantes ou rubans vocaux, dont la tension peut varier, dont la longueur peut varier, dont la densité et la grosseur peuvent varier, par suite de la contraction des muscles du larynx.

Lorsqu'une corde entre en vibration, non seulement elle le fait dans son ensemble, mais encore elle peut se diviser en un certain nombre de parties dites

[1] Le *diapason* est une sorte d'instrument élémentaire, ou tige métallique coudée, qui donne par ses vibrations une note *invariable*, laquelle dépend de sa construction et notamment de la longueur de ses branches.

La note (obligatoire en France dans tous les établissements musicaux officiels) que doit donner le diapason est celle qui correspond à 870 vibrations simples par seconde (435 vibrations doubles); nombre de vibrations qui correspond au la_3 (voyez § 260) de l'échelle musicale.

[2] Les cordes qui vibrent, ainsi que les verges élastiques de toute nature, éprouvent deux sortes d'oscillations: des oscillations *transversales*, c'est-à-dire perpendiculaires à leur longueur; ce sont celles qu'on voit distinctement à l'œil et qui se traduisent, en vertu d'une illusion d'optique, par une sorte de renflement ou *ventre de vibration;* les autres s'opèrent suivant le sens longitudinal du corps vibrant; elles sont peu apparentes dans une corde tendue. Lorsqu'on passe les doigts frottés de colophane sur une petite tige de bois arrondie, et dans le sens de la longueur, le son qu'on entend est produit par des vibrations *longitudinales*. L'étude de ces dernières vibrations est du domaine de l'acoustique pure. Nous ne nous occupons que des vibrations *transversales*, les seules nécessaires à la théorie des instruments à cordes.

aliquotes, qui vibrent séparément et sont séparées entre elles par des points où les vibrations de la corde sont à peine sensibles et qu'on nomme *nœuds de vibrations*. Ces points peuvent être regardés comme fixes. Or, la longueur d'une pareille corde, lorsqu'elle vibre ainsi, doit être estimée, non pas d'après sa longueur totale, mais d'après la distance qui sépare un nœud de vibration d'un autre nœud, et cette distance est ce qu'on nomme *ventre de vibration*[1]. La séparation du corps vibrant en parties aliquotes est bien plus fréquente dans les membranes qui vibrent que dans les cordes, ainsi que l'apprend l'expérience qui consiste à faire entrer en vibration une membrane placée sur un cadre qu'on frotte avec un archet de violon. Dans cette expérience, en effet, on voit le sable fin, dont on a par avance saupoudré la membrane, fuir les parties vibrantes, c'est-à-dire les ventres de vibration, et se rassembler dans les parties peu ou point vibrantes, où il forme des dessins symétriques. Remarquons que les rubans vocaux, lorsqu'ils vibrent, représentent autant des membranes que des cordes.

Les principales lois auxquelles obéissent les cordes tendues, relativement au nombre de vibrations qu'elles produisent en un temps donné, sont les suivantes :

1° La tension d'une corde étant supposée constante, le nombre de ses vibrations, dans un même temps est en raison inverse de sa longueur. En d'autres termes, une corde qui a une longueur 2, donnant, par exemple, le son *do*, la même corde donnera le son do_2, si sa longueur est réduite à 1, toutes les autres conditions restant les mêmes.

2° Le nombre des vibrations qu'exécute une corde augmente avec sa tension; ce nombre est directement proportionnel à la racine carrée des poids qui la tendent. Ainsi, par exemple, une corde qui supporte un poids de 1 kilogramme et qui donne le son *do* donnera le son do_2, si l'on remplace le poids de 1 kilogramme par un poids de 4 kilogrammes, toutes les autres conditions restant les mêmes.

3° Toutes choses égales d'ailleurs, le nombre des vibrations qu'exécute une corde est en raison inverse du rayon de la corde et inversement proportionnel à la racine carrée de sa densité. Cette dernière loi aurait, sans doute, dans les applications à la voix humaine, la même importance que les deux premières, s'il était possible d'apprécier la valeur des changements d'*épaisseur* et de *densité* qui surviennent dans les rubans vocaux inférieurs, par suite des degrés variés de contraction des muscles qu'ils renferment dans leur épaisseur. Mais il faut avouer que la science physiologique est à peu près muette sur ce point.

Ajoutons, en ce qui concerne les instruments à cordes, une considération essentielle : c'est que ces divers instruments ne produiraient que des sons d'une très faible intensité si les cordes n'étaient pas fixées sur des corps *résonnants* qui, vibrant à l'unisson, enflent considérablement le son et ont une utilité au moins égale au corps vibrant *initial*. Une corde métallique, ou une corde à boyau fixée de part et d'autre à un mur de pierre, *résonne à peine* lorsqu'on la fait vibrer en

[1] 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 une échelle diatonique 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 déterminer ce qu'on appelle un nœud de vibration.

la dérangeant de sa position d'équilibre. Une même corde, de même longueur, à tension égale, placée sur la boîte d'un piano, d'un violon, d'une basse ou d'une guitare, rendra un son *plein*, qu'on entendra à une grande distance. Par elles-mêmes, ne l'oublions pas, les cordes ne produisent que des sons d'une faible intensité. Ce qui est vrai pour les cordes métalliques est plus vrai encore pour les cordes formées de substances moins denses, pour les cordes composées de matières organiques, les cordes à boyau, par exemple.

Instruments à vent. — Dans les instruments à vent dont les parois sont suffisamment résistantes, tels que la flûte et le flageolet, on admet généralement que le son est produit par la colonne d'air elle-même. L'air renfermé dans les tuyaux de ces instruments n'est pas seulement le véhicule du son, il est le corps sonore lui-même. La hauteur du son dépend de la longueur et de la tension des masses d'air ébranlées, de la même manière que dans les vibrations *longitudinales* des verges solides.

Dans ces instruments la grandeur de l'embouchure par laquelle entre le vent a de l'influence sur la hauteur du son produit, c'est-à-dire sur le nombre des vibrations sonores. La vitesse du courant d'air et les dimensions du tuyau ont également sur la hauteur du son une influence capitale.

§ 255.

Des instruments à anche rigide. — Des instruments à anche membraneuse. — Larynx artificiels. — Parmi les instruments qu'on range quelquefois au nombre des instruments à vent, quelques-uns se distinguent des autres, par l'adjonction d'un petit appareil vibrant au tuyau de l'instrument, ordinairement à son embouchure : tels sont le hautbois, le basson; la clarinette, les tuyaux d'orgue, etc. Dans ces instruments, dits *instruments à anche*, une languette ou deux languettes, fixées par une de leurs extrémités au corps de l'instrument, sont libres par l'autre extrémité et aussi par leurs bords. Placées sur le passage du courant d'air, ces languettes peuvent exécuter de courtes oscillations, être mises en *vibration*. On a beaucoup disserté pour savoir si, dans ces instruments, la vibration de la languette ou des languettes de l'anche était cause ou effet du son. Voici comment on peut résumer les opinions qui se sont produites à cet égard : 1° d'après une première manière de voir, le son des instruments à anche serait produit par les vibrations de l'*anche* elle-même, mise en vibration d'une manière mécanique par le courant d'air, à peu près comme l'est la corde du violon sous l'archet qui l'ébranle ; 2° dans une autre hypothèse, on admet que le son est produit dans ces instruments comme dans les autres instruments à vent, c'est-à-dire par les chocs dus à l'écoulement de l'air lui-même ; les oscillations de la lame seraient *consécutives* à l'ébranlement de l'air et ne feraient que régler la périodicité de l'écoulement ; en un mot, le son serait produit ici absolument comme dans la sirène, c'est-à-dire par les chocs intermittents de la veine aérienne contre l'air extérieur.

Nous ne pourrions examiner ici les diverses questions que ce problème soulève sans entrer dans des considérations étrangères à notre sujet ; nous ne dirons qu'un mot. Il est vrai que la languette d'une anche séparée du corps de l'instrument et frottée avec un archet ne rend qu'un son très faible ; mais cela prouve-t-il que le son initial ne soit pas produit par ses vibrations? Nullement.

J'ajoute même que la première hypothèse est la plus probable, car le son que rend l'anche séparée du corps de l'instrument est *identique* pour la hauteur avec celui que rend l'instrument quand elle est en place. La *faiblesse* du son produit par l'anche *isolée* ne lui est pas particulière ; il en est de même pour toutes les cordes et les tiges vibrantes séparées de leurs appareils de renforcement. Cette faiblesse du son fait place immédiatement à un son fort lorsqu'on fait vibrer l'anche dans un courant d'air, ou qu'on la place sur un appareil résonnant (caisse à air, par exemple). Dans la deuxième hypothèse, comment d'ailleurs expliquer le son du cor, celui de la trompette et du trombone? Dira-t-on que le son est produit par l'*écoulement* de l'air au travers de l'ouverture des lèvres? N'est-il pas manifeste, au contraire, que pour faire *parler* ces instruments, les lèvres qui représentent en ce moment une anche véritable doivent entrer d'abord en vibration? Dira-t-on que les lèvres ne vibrent que consécutivement? Ce n'est pas soutenable.

Quelle que soit, au reste, la théorie à laquelle on se rattache, il n'en est pas moins certain que l'organe de la voix humaine, en tant du moins qu'organe formateur du son, a la plus grande analogie avec l'anche des instruments dont nous parlons. Soit que les lèvres de la glotte ne vibrent que parce que l'air leur communique ses vibrations initiales, soit qu'elles vibrent d'abord pour transmettre ensuite leurs vibrations aux couches d'air qui les environnent, cela importe peu, et c'est là une question tout à fait oiseuse dans l'étude de la voix humaine. Ce qui est incontestable, c'est que les rubans vocaux *vibrent* pendant que la voix se produit, et que les divers états de *tension* dans lesquels se trouvent ces rubans influent de la manière la moins équivoque sur la hauteur du son.

L'anche de la voix humaine se distingue des anches de nos instruments en ce sens que les lames vibrantes sont placées horizontalement en regard l'une de l'autre par leur bord vibrant, tandis que les lames qui constituent les anches de beaucoup de nos instruments (clarinette, hautbois, basson) sont verticales et se correspondent par leur plat ; mais cette disposition ne modifie en rien le mécanisme physique de la production du son.

M. Malgaigne a construit le premier des anches membraneuses à l'aide de deux rubans de parchemin humide. Mais ces anches, peu élastiques, se prêtent difficilement à une tension progressive.

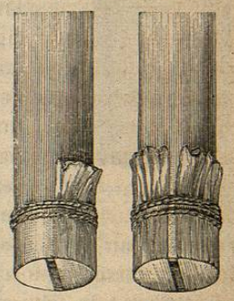

Fig. 176. Fig. 177.

J. Müller, qui a fait sur la voix une foule d'expériences ingénieuses, a imaginé un petit instrument qui se prête mieux aux expériences et qui n'est pas sans analogie avec les anches de nos instruments ; seulement, les languettes rigides de l'anche sont remplacées par des membranes *élastiques tendues*. Les figures 176 et 177 représentent deux de ces instruments, dans lesquels les languettes de caoutchouc sont fixées sur l'ouverture d'un tube métallique. Ces languettes, n'étant libres que par *un de leurs bords*, offrent, avec les rubans vocaux du larynx, une analogie que le simple examen des figures suffira à faire comprendre. J. Müller a fait le premier, à l'aide des anches membraneuses élastiques, des expériences précieuses pour l'interprétation des phénomènes de

la voix humaine, et tous ceux qui sont venus après lui n'ont guère fait que suivre la voie expérimentale qu'il avait ouverte. L'anche membraneuse de la figure 176 est composée d'une seule membrane élastique (caoutchouc), couvrant la moitié de l'orifice du tuyau ; l'autre moitié de l'orifice est couverte par une plaque rigide ; on a soin de laisser entre la membrane et la plaque une fente pour le passage de l'air. La figure 177 représente une anche membraneuse double, composée de deux membranes de caoutchouc, laissant entre elles une fente plus ou moins large. Cette disposition a plus d'analogie avec la glotte que l'autre, et ce sont les résultats qu'on obtient avec cette anche que nous allons résumer brièvement.

On peut faire *parler* l'anche, c'est-à-dire lui faire produire des sons, soit en soufflant par l'extrémité libre du tuyau, soit en aspirant l'air par cette même extrémité. Cette première expérience, qu'on peut faire à l'aide de la bouche, et que chacun peut répéter facilement, permet de constater une légère différence dans le son produit. Quand l'air passe au travers de l'anche par *aspiration*, le son produit est un peu plus *grave* que celui qu'on obtient en *soufflant*. Dans le premier cas, l'air, mis en vibration par l'anche, traverse la bouche et l'arbre aérien ; dans le second cas, il se répand librement dans l'air à mesure qu'il s'échappe par la fente membraneuse. Lorsqu'on *souffle* dans une anche membraneuse, après avoir ajouté de l'autre côté de l'anche un corps de tuyau, cette addition a également pour effet de faire baisser le ton. Il est vrai que cet abaissement est très limité ; toutes les autres conditions restant les mêmes, il n'atteint guère qu'un demi-ton.

Pour étudier les autres propriétés de l'anche membraneuse, et aussi afin de graduer le courant d'air et d'en apprécier l'influence, on place les anches des figures 176 et 177, ou encore celle de la figure 178, sur un cylindre creux (Voy. fig. 178), qu'on adapte à l'ouverture d'une soufflerie. On obtient alors les résultats suivants : 1° de même que pour les cordes et les lames élastiques, le son gagne en hauteur quand la tension des lèvres de l'anche membraneuse augmente; 2° lorsqu'on empêche les deux lèvres d'une anche membraneuse de vibrer dans toute leur longueur, en couvrant avec un corps rigide la moitié de l'anche, la moitié restante de l'anche fait entendre l'octave du son que rendait primitivement l'anche entière : nouvelle analogie avec le mode d'élévation du ton dans les cordes ; 3° la largeur de la fente qui sépare les lèvres de l'anche membraneuse n'a pas d'influence sensible sur l'élévation du ton. L'anche membraneuse *ne parle plus* quand l'ouverture est *trop large*, parce que le courant d'air n'a plus assez d'énergie pour la faire vibrer.

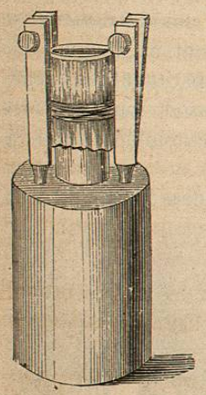

Fig. 178.

Enfin, lorsqu'on force le courant d'air, le ton s'élève un peu. Ici le résultat est différent de celui qu'on obtient avec les cordes. Voici à quoi tient ce phénomène, qui ne constitue, à vrai dire, qu'une différence apparente et non réelle. Il ne faut pas oublier que les membranes d'une anche de caoutchouc ne sont *vibrantes* que parce qu'elles sont *tendues* d'une certaine quantité ; mais elles peuvent, alors même qu'elles sont à un état de tension déterminé, elles peuvent, dis-je, en vertu de leur élasticité, qui est grande, être *soulevées* par un courant

d'air vibrant, et 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 assez compliqué et qui se rapproche plus que les précédents de l'organe de la voix humaine. Cet appareil mérite à plusieurs égards le nom que lui a donné M. Harless, celui de *larynx artificiel*. L'inspection de la figure 179 suffira pour en donner une idée au lecteur.

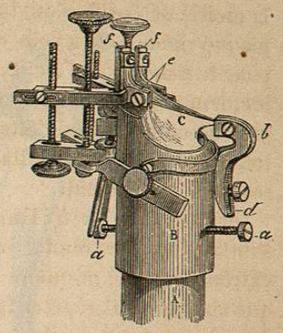

Fig. 179.

LARYNX ARTIFICIEL DE M. HARLESS.

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'élévation 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.

M. Merkel, dans un ouvrage plus récent sur la voix humaine, a fait usage d'appareils qui rappellent les anches membraneuses de J. Müller. Seulement il a cherché à donner aux lèvres membraneuses qui bordent l'ouverture par laquelle on chasse le vent plus de ressemblance avec les rubans vocaux que n'en ont des lames de caoutchouc ordinaires. Au lieu de simples membranes tendues, il se sert de membranes repliées et pour ainsi dire doublées (il les appelle *düplikaterbänder*), pour imiter autant que possible la duplicature du revêtement élastique du ruban vocal. Tantôt il a placé les plis fermés le long de l'ouverture (Voy. fig. 180) ; tantôt les ouvertures des plis correspondaient à l'ouverture qui simulait la glotte (Voy. fig. 181). Dans d'autres séries d'expériences, M. Merkel a cherché à entourer les lames membraneuses des anches simples à l'aide d'un double revêtement (Voy. fig. 182). Mais ces derniers appareils ne lui ont donné que des résultats peu rigoureux, parce qu'ils se dérangeaient facilement.

Le larynx artificiel de M. Fournié (Voy. fig. 183) est plus simple et d'un maniement plus facile que celui de M. Harless. Il a aussi cet avantage, que la pression des doigts produit deux effets simultanés. Non seulement cette pression tend l'anche dans le sens

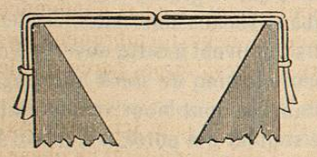

Fig. 180.

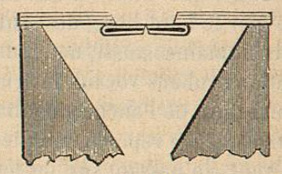

Fig. 181.

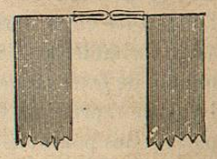

Fig. 182.

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