

l'ordinaire. Or, c'est un effet analogue qui a lieu comme on vient de le voir dans le cas où l'ombre d'un objet éclairé par le soleil paraît elle-même colorée.

De la vision dans les différents âges.

Chez l'*enfant*, l'œil à la naissance est bien conformé pour recevoir la lumière; des images se forment sur la rétine. Cependant, dans le premier mois de sa vie, l'enfant ne donne aucun signe qui indique qu'il jouisse de la vue, ses yeux ne se meuvent que lentement et d'une manière incertaine; ce n'est même que vers la septième semaine qu'il commence à exercer sa vue. Il n'y a d'abord qu'une lumière éclatante qui puisse le frapper et l'intéresser, il semble se complaire à regarder le soleil; bientôt il devient sensible à la simple clarté du jour; il ne distingue d'abord que les objets rouges, et en général ceux qui ont des couleurs vives. Ainsi sa vue est très imparfaite dans les premiers temps, mais par l'exercice et le jugement elle se perfectionne chaque jour. On a cru que les enfants voyaient les objets doubles et renversés, mais rien ne prouve cette assertion. On a dit aussi, sans plus de fondement, que les parties réfringentes de leur œil étant plus abondantes, ils devaient voir les objets plus petits qu'ils ne le sont réellement. Chez le vieillard, trois causes se réunissent pour altérer la vue: 1° la diminution de quantité des humeurs de l'œil, circonstance qui, diminuant la force réfringente de l'organe, rend la vue moins nette et oblige le vieillard d'employer des lunettes à verres convexes qui diminuent la divergence des rayons; 2° l'opacité commençante du cristallin, qui trouble la vue et tend par son accroissement à amener la cécité; 3° par la diminution de la sensibilité de la rétine.

Du sens de la vue dans la série animale

Dans les *mammifères*, on remarque que les espèces nocturnes ont des yeux plus volumineux proportionnellement que les autres espèces du même groupe; de plus, la cornée transparente, ainsi que l'iris, est beaucoup plus large. Si l'animal est condamné à vivre dans un milieu obscur, l'organe de la vue disparaît presque tout entier: le zemmi, par exemple. Si l'animal vient quelquefois à la lumière comme la taupe, l'œil est plus développé, quoique rudimentaire. Les cétacés, comme d'ailleurs tous les mammifères qui vivent dans l'eau, ont le cristallin presque complètement sphérique. Beaucoup de mammifères ont une partie de la choroïde

dépourvue de matières colorantes: cette portion située au fond de l'œil s'appelle *tapis*; elle est tantôt blanche, tantôt jaunâtre, bleuâtre et même quelquefois rougeâtre; ses usages sont tout à fait inconnus. Quant à la direction des yeux des mammifères, elle est très variable; on remarque cependant que, à mesure que l'on descend vers des animaux inférieurs, les yeux tendent à devenir de plus en plus latéraux.

Chez les *oiseaux*, la vision est bien plus parfaite, surtout chez ceux qui se nourrissent de petits animaux; on trouve chez ces derniers un appendice qu'on désigne sous le nom de *peigne*, organe qui consiste en des plis larges et multipliés de couleur noire et s'élevant de l'insertion du nerf optique pour se diriger vers la face postérieure du cristallin. Ses usages sont peu connus.

Chez les *reptiles*, l'organe de la vue n'offre pas le même degré de perfectionnement; on n'y trouve que rarement un vestige du peigne; dans les espèces aquatiques le cristallin devient très convexe, la pupille est losangique, circulaire ou transversale. Chez le protée et la cécilie, l'œil est rudimentaire.

Chez les *poissons*, qui vivent au sein d'un liquide facile à troubler, on remarque un développement considérable de l'organe de la vision. Ainsi Desmoulins a décrit des plis non-seulement dans la rétine, mais dans le nerf optique et dans le lobe encéphalique des poissons carnassiers. Tous les poissons ont le cristallin volumineux et sphérique, la cornée aplatie, la pupille très large avec très peu de contractilité. On trouve aussi chez eux une sorte de bride ou de peigne à la face postérieure du cristallin.

Les *articulés* possèdent presque tous le sens de la vue; leurs yeux se divisent en *simples* et *composés*. Les *yeux composés*, qu'on nomme encore *yeux à facettes*, résultent de l'agglomération de tubes rayonnés ayant chacun une cornée transparente, un corps vitré, un enduit de matières colorantes et un filament nerveux particulier. Il est des insectes chez lesquels on compte jusqu'à 25,000 de ces tubes. Les *yeux simples*, appelés encore *yeux lisses*, *stemmates*, *ocelles*, se composent: 1° d'une cornée transparente très convexe; 2° d'un cristallin dense, lenticulaire et sphérique; 3° d'un corps vitré. On voit assez fréquemment ces deux sortes d'organes coexister chez un même animal. On a supposé que les *stemmates* sont destinés à la vision des objets les plus voisins, tandis que les yeux composés voient les objets éloignés.

Dans les *arachnides*, les yeux semblent être construits d'après le même principe que ceux des animaux vertébrés; ils sont toujours simples et en assez grand nombre: on en compte ordinairement huit. L'œil des *mollusques* est le plus souvent rudimentaire,

mais quelques espèces ont cet organe avec toutes ses parties essentielles ; aussi, chez eux, la vision est parfaite. Quelques *zoophytes* paraissent sensibles à l'action de la lumière, mais on n'a pas encore pu connaître quel est le point de leur corps destiné à recevoir l'impression lumineuse.

CHAPITRE II.

DE L'AUDITION, DE LA FONCTION DE L'APPAREIL AUDITIF.

Définition. — Le sens de l'ouïe est celui qui est destiné à nous faire connaître le son produit par le mouvement vibratoire des corps.

Le son est à l'ouïe ce que la lumière est à la vue. Le son est le résultat de l'impression que produit sur l'oreille un mouvement vibratoire d'un corps.

SECTION I.

Acte de l'impression auditive.

Nous avons à examiner ici comment les diverses parties de l'appareil de l'ouïe concourent à favoriser cette impression.

A. — De l'oreille externe.

Le pavillon de l'oreille produit en partie la réflexion, en partie la condensation et la transmission des ondes sonores ; au premier point de vue, la *conque* mérite surtout de fixer notre attention, puisqu'elle rejette les ondes sonores de l'air vers le tragus, d'où elles parviennent dans le conduit auditif. Les autres irrégularités de l'oreille ne sont pas favorables à la réflexion. Mais on ne pourrait les regarder comme sans but qu'autant qu'on oublierait que le cartilage auriculaire est lui-même conducteur du son. Enfin, il reçoit des ébranlements de l'air, et, comme corps solide, il réfléchit les uns, transmet et condense les autres, ainsi que le ferait tout autre corps solide et élastique (Savart). Il reçoit les ondes sonores dans une grande largeur et les conduit à son point d'insertion. L'onde impulsive communiquée à ce cartilage n'en suit point les inflexions ; mais comme elle le traverse sans changer de direction primitive, les parties limitrophes du cartilage, quelque diversifiées qu'en puisse être la situation, sont chassées par le choc dans une direction absolument la même. Cet effet a lieu de molécule à molécule jusque dans l'intérieur de l'oreille, à la membrane du tympan et aux os de la tête. Mais en considérant le pavillon comme un conducteur, toutes ses inégalités vont avoir un but, si elles n'en

avaient point par rapport à la réflexion du son. En effet, les élévations et les dépressions reçoivent perpendiculairement les ondes sonores, de quelque direction qu'elles viennent. De cette manière le son se trouve transmis par ébranlement, et l'on conçoit le but de cette singulière conformation du pavillon de l'oreille.

Le conduit auditif externe a de l'importance, pour la transmission du son à trois points de vue : 1° parce qu'au moyen de l'air qu'il renferme il conduit directement à la membrane du tympan les ondes sonores et les rassemble ; 2° parce que ses parois mènent les ondes communiquées au pavillon par le chemin le plus direct au point d'attache de la membrane du tympan ; 3° enfin parce que l'air qu'il contient peut résonner.

1° Comme conducteur aérien, il reçoit les ondes sonores directes qui doivent produire l'effet le plus puissant quand elles tombent dans son axe. Si elles parviennent obliquement au conduit, elles arrivent par réflexion à la membrane du tympan. Le conduit reçoit encore par réflexion les ondes qui choquent la conque, lorsque leur angle de réflexion les jette vers le tragus. Celles des ondes sonores qui ne parviennent dans le conduit ni immédiatement, ni par réflexion, peuvent encore s'y introduire par inflexion, en partie du moins : ainsi, par exemple, les ondes, dont la direction est celle de l'axe longitudinal de la tête et qui passent au-devant de l'oreille, doivent d'après les lois de l'inflexion sur les bords du conduit auditif, s'infléchir dans ce dernier. Cependant les ondes les plus fortes sont, dans tous les cas, celles qui arrivent directement ; ni les ondes réfléchies, ni les ondes infléchies ne les égalent à cet égard. De là vient qu'on peut juger de la direction du son en portant son conduit auditif externe dans des directions diverses.

2° Les parois du conduit auditif externe doivent encore être étudiées comme conducteur solide ; car, en les traversant, les ondes qui se communiquent au cartilage de l'oreille sans subir de réflexion arrivent à la membrane du tympan par la voie la plus courte. Les oreilles étant bien bouchées, le son d'un sifflet est plus fort lorsqu'on pose le bout de cet instrument fermé par une membrane sur le cartilage même de l'oreille que quand on l'applique sur la surface de la tête.

3° Enfin, l'air limité du conduit peut résonner. Tout espace limité d'air résonne. Il suffit d'allonger le tuyau du conduit auditif externe par un autre tuyau qu'on y implante pour se convaincre de cette influence : on entend alors avec beaucoup plus d'intensité tous les sons quels qu'ils soient, même sa propre voix. Si l'on ajoute des tuyaux plus longs, la colonne d'air rend même le son

qui lui est propre en raison de sa longueur (Weber). Lorsque les colonnes d'air sont petites, cette consonnance n'a plus lieu, et l'on n'observe qu'un simple renforcement par résonnance.

Si nous envisageons maintenant d'une manière générale l'oreille externe des animaux, nous pouvons dire qu'elle ressemble tout à fait à un cornet acoustique dont la direction appartient à la volonté, où les ondes aériennes marchent condensées dans l'air, et dont les parois font en même temps l'office de conducteur. Elle allonge en outre la colonne d'air résonnante du conduit auditif externe, comme le fait un cornet acoustique.

B. — De l'oreille moyenne.

L'oreille moyenne nous présente à étudier : la caisse du tympan, les osselets qu'elle contient, la membrane du tympan, les cellules mastoïdiennes, et enfin la trompe d'Eustache.

1° *De la caisse du tympan.* — La transmission du son avec une certaine intensité, depuis la surface du corps jusqu'à l'axe du labyrinthe, exige un appareil bien plus compliqué chez un animal qui vit dans l'air que chez les animaux aquatiques ; car la propagation du son de l'air aux parties solides qui entourent l'organe auditif et l'eau du labyrinthe s'accomplit avec beaucoup plus de difficulté que celle du son de l'eau aux parties dures. Aussi la plupart des animaux aériens possèdent deux fenêtres fermées, l'une par une membrane, l'autre par un couvercle solide. Presque tous aussi ont une caisse du tympan, une trompe d'Eustache et deux conduits menant au labyrinthe : l'un dans lequel la transmission s'opère de la membrane du tympan à l'eau labyrinthique par des corps solides, les osselets ; la seconde dans laquelle elle s'accomplit par l'intermédiaire de l'air. Les discussions dont nos ouvrages de physiologie sont pleins relativement à celle des deux voies par laquelle la transmission a lieu, n'ont aucun sens aux yeux du physicien. L'air conduit, les membranes conduisent, les osselets conduisent. Deux transmissions simultanées d'espèce différente doivent naturellement fortifier l'impression. Nous allons étudier chacune des parties de la caisse.

2° *De la membrane du tympan et des osselets comme conducteurs du son.* — Mueller a étudié avec beaucoup de soin cette question de physique. Nous allons reproduire ses idées.

Les vibrations aériennes se transmettent difficilement à des corps solides et elles ne le font jamais sans éprouver une diminution considérable dans leur intensité. Mais une membrane est facilement mise en mouvement par elles. Les expériences de Savart démon-

trèrent que de petites membranes tendues, celle du tympan elle-même, rejettent le sable lorsqu'un son fort vient à être excité dans leur voisinage. On peut également démontrer d'une manière directe qu'une membrane tendue conduit les ondes aériennes avec beaucoup plus de facilité que d'autres corps solides limités, et que, ce qui n'est pas moins essentiel, la transmission des vibrations d'une membrane tendue à des corps solides limités s'accomplit fort aisément. La membrane du tympan n'a point encore été considérée à ce point de vue, comme un intermédiaire entre l'air et les osselets de l'ouïe. Voici les expériences faites par Mueller.

Une membrane très mince de papier, tendue sur un gobelet, rejette facilement la poussière de lycopode à l'approche du diapason résonnant et par suite de la communication des vibrations aériennes, tandis qu'un corps solide de quelque épaisseur ne donne point lieu à ce phénomène. Mais la membrane tendue transmet aussi, avec plus de facilité ou de force, les vibrations que l'air lui communique à des corps solides qui ne la touchent qu'en un seul point. Si l'on pose une lame de bois sur la peau d'un tambour par un de ses bouts, et qu'on embrasse l'autre bout avec la main entière, celle-ci perçoit très distinctement les oscillations lorsque le diapason résonnant vient à être placé en liberté sur la peau. Mais, au milieu des mêmes conditions, la lame de bois, quand elle est isolée de la membrane, ne transmet que faiblement les vibrations reçues par l'air. Dans l'expérience suivante on évite la résonnance de l'air que renferme la caisse du tambour. En tendant un papier fort mince sur un anneau que l'on saisit d'une main, on perçoit les oscillations dès que l'on approche le diapason de la membrane ; la membrane étant enlevée, la main qui tient l'anneau ne sent plus les oscillations, même lorsqu'on approche beaucoup le diapason de ce dernier.

On peut, de la manière suivante, démontrer d'une manière plus péremptoire encore l'intensité de la transmission du son au moyen des osselets de l'ouïe, par l'intermédiaire d'une membrane recevant les vibrations aériennes. A l'extrémité d'un sifflet long d'un pied l'on tend une membrane mince, sur le milieu de laquelle on colle un petit morceau de liège supportant une tige mince de bois dont l'autre extrémité porte aussi un disque de liège. On plonge le bout de la tige dans l'eau, puis on fait rendre au sifflet le son le plus grave ou l'un des sons moyens. Le conducteur (un tube de verre large d'un demi-pouce) étant appliqué par un bout à l'oreille bouchée et plongé par l'autre bout dans l'eau, le son est entendu avec une force extraordinaire dans une direction perpendiculaire à la plaque de liège, mais beaucoup plus faible dans les autres points du liquide.

Les osselets de l'ouïe conduisent d'autant mieux les vibrations qui leur sont communiquées, que ce sont des parties solides limitées par de l'air et qui ne font pas corps avec les os du crâne. Les vibrations de la membrane du tympan parviennent donc, par la chaîne des osselets, à la fenêtre ovale et à l'eau du labyrinthe, toute dispersion des osselets à l'espace plein d'air de la caisse tympanique étant évitée par la difficulté avec laquelle la transmission se fait des corps solides aux fluides aëriiformes. Comme la membrane du tympan, en sa qualité de corps tendu et limité, réfléchit elle-même les ondes par ses limites et qu'ainsi il se produit sur elle des ondes de condensations croissantes, il faut aussi faire entrer en ligne de compte l'idée de résonnance. Les ondes fortifiées de cette manière agissent à leur tour sur la chaîne des osselets.

Il se présente maintenant une question, celle de savoir à quel genre appartiennent les vibrations de la membrane du tympan ; si ce sont des ondes d'inflexion, comme celles qui ont lieu dans les cordes vibrant en travers et dans les membranes, ou des ondes de condensation. La possibilité des vibrations d'inflexion dans la membrane du tympan ne saurait être mise en doute, quoique le peu d'étendue de cette membrane fasse que l'amplitude des excursions soit très peu considérable, même sous l'influence des sons les plus forts. Pour parler avec plus de précision, la membrane du tympan exécute des vibrations transversales toutes les fois que ses excursions, ou les mouvements progressifs communiqués à ses molécules par une onde condensante de l'air, sont plus considérables que sa propre épaisseur ; mais ce cas doit avoir lieu lorsque les chocs de l'air ont une certaine force. Comme les osselets de l'ouïe sont articulés et disposés de telle manière qu'un rapprochement est possible entre leurs extrémités les plus distantes, les excursions de la membrane du tympan ne sauraient être troublées par la chaîne de ces petits os. Même chez les animaux qui ne possèdent qu'un seul osselet, comme les oiseaux et les reptiles écailleux, l'extrémité de cet osselet, celle qui s'unit à la membrane du tympan, est mobile. De là il suit encore que l'articulation des osselets de l'ouïe n'est pas une simple conséquence des muscles qui s'y insèrent, ce que d'ailleurs l'anatomie comparée démontre, puisque les osselets de la grenouille, qui n'ont pas de muscles, ont des articulations comme chez l'homme.

Une étude plus approfondie de la propagation des ondes sonores dans le libre espace de l'air fait voir cependant qu'il n'y a que les forts ébranlements qui puissent déterminer des vibrations d'inflexion dans la membrane du tympan. En général, les ondes d'inflexion n'ont jamais lieu plus facilement dans la membrane du

tympan que quand le son, accompagné de grandes excursions du corps qui le conduit, se propage avec la même force, par un tuyau, jusqu'à cette membrane.

La vibration d'inflexion, communiquée à la membrane du tympan par des ébranlements très considérables, embrasse toute la largeur de cette membrane lorsque les ondes de l'air rencontrent perpendiculairement celle-ci ; si elles la rencontrent obliquement de manière à en toucher une partie avant les autres, le mouvement naîtra d'abord aussi sur ce point et s'étendra sur la membrane, de même que l'onde d'inflexion qui est excitée à l'extrémité d'une corde ou sur un seul point de la peau d'un tambour. Les ondes auront un mouvement de va-et-vient entre les bords. La disposition oblique de cette membrane fait que cet effet doit avoir lieu, même quand les ondes sonores traversent le conduit auditif externe en ligne droite, ou quand les rayons sonores sont parallèles à son axe. Dans d'autres directions des ondes, il faut avoir égard à la réflexion par les parois du conduit, de laquelle dépendent la manière dont il se forme d'abord des ondes sur la membrane, et le point où elles s'y produisent en premier lieu.

Les mêmes lois s'appliquent à la propagation de simples ondes condensantes au travers de la membrane du tympan. Ou les ondes de l'air rencontrent cette membrane dans toute sa largeur à la fois ; ou elles en frappent d'abord un seul point, et courent ensuite sur sa largeur en suivant une direction déterminée par celle qu'elles avaient d'abord et reviennent sur elles-mêmes pour former des ondes de condensation croissante. Toutes les ondes qui sont amenées à la membrane du tympan par des parties solides telles que le cartilage de l'oreille, les parois du conduit auditif, les os de la tête, sont naturellement aussi des ondes condensantes. La membrane du tympan devient ainsi condensateur pour les ondes qui lui arrivent de parties quelconques. Si l'onde de l'air est complexe, de manière que pendant qu'elle marche elle jette çà et là le maximum de sa condensation ou le sommet de sa protubérance, de même qu'une onde qui reçoit un choc à l'une de ses extrémités exécute ce mouvement en même temps qu'elle fait une vibration transversale, la membrane du tympan, qui partagera le même mouvement, produira aussi la modification de son qui en dépend, ou le timbre. Les vibrations d'inflexion de la membrane ressembleraient parfaitement en cela à celles de la corde dont il vient d'être parlé ; les ondes condensantes deviendraient une onde non condensante droite, s'avancant à travers la membrane avec un maximum de condensation et de raréfaction, flottant à droite et à gauche. Il est facile de voir que ces

sortes d'ondes complexes doivent également être conduites sans changement par les osselets de l'ouïe.

La nécessité de la présence de l'air au côté interne de la membrane du tympan, ou celle d'une caisse tympanique, ressort d'elle-même. Sans cette condition, la membrane du tympan et les osselets de l'ouïe ne pourraient remplir la destination qui vient de leur être assignée. Sans elle, les vibrations de la membrane ne seraient pas libres et les osselets ne seraient pas isolés comme ils doivent l'être pour effectuer une transmission concentrée. Autant la membrane transmet avec facilité ses vibrations d'inflexion à l'air de la caisse du tympan, autant la substance solide des osselets les rend peu susceptibles d'abandonner leurs ondes à l'air de la cavité et de les y disperser. Mais il n'est pas moins nécessaire qu'une communication existe entre cet air de la caisse du tympan et l'air extérieur par le moyen de la trompe d'Eustache, afin d'établir l'équilibre de pression et de température entre l'air du dedans et celui du dehors.

La propagation des vibrations à travers des osselets de l'ouïe jusqu'au labyrinthe ne peut naturellement avoir lieu que par des ondes condensantes; et alors même que la membrane du tympan fait des ondes d'inflexion, ce n'est pas l'étrier tout entier qui, dans cette transmission, se rapproche et s'éloigne du labyrinthe, car il faudrait pour cela que l'eau de celui-ci fût compressible. Les excursions des particules vibrantes à travers lesquelles l'onde passe, ne sont que de très petites fractions de la longueur de l'étrier.

Le manche du marteau reçoit les ondes de la membrane du tympan et de l'air dans une direction qui lui est presque perpendiculaire. Les ondes conservent aussi cette direction dans toute la chaîne des osselets, quelle que puisse être la situation relative de cette chaîne et de ses pièces constituantes. Du manche du marteau l'onde se propage d'abord dans sa tête qui fait angle avec lui; puis elle passe dans l'enclume dont la longue apophyse est presque parallèle au manche du marteau, et de cette apophyse de l'enclume elle arrive à l'étrier dont la direction est perpendiculaire à la sienne. Toutes les inflexions dans la situation des osselets de l'ouïe ne changent point la direction du choc. Celui-ci conserve la même direction qu'il avait en passant du conduit auditif à la membrane du tympan et au manche du marteau, de sorte que l'étrier, qui est perpendiculaire à la membrane du tympan, éprouve des ébranlements longitudinaux, qu'il transmet à la fenêtre ovale. C'est ce qui devient évident par les recherches de Savart sur la transmission du son à travers des plaques solides qui se joignent à angle.

De la tension de la membrane du tympan. — La question de savoir

si la membrane du tympan conduit mieux le son dans son état de relâchement que dans celui de tension, peut s'étendre à toutes les membranes en général.

Savart est le premier qui a fait des expériences pour résoudre ce problème. Il a observé qu'à l'approche d'un corps qui produit un bruit fort, une membrane sèche fait sauter plus haut le sable répandu à sa surface quand elle est lâche que quand elle est tendue, et il a conclu de là que l'ouïe s'émousse lorsque la tension de la membrane du tympan vient à augmenter. Il a remarqué le même effet lorsqu'il tendait davantage une membrane par le moyen d'un levier pesant sur elle. Mueller a produit ce phénomène en tendant du papier sur un gobelet. Cependant la force du mouvement donné au sable ne prouve pas avec certitude que l'intensité des ébranlements soit plus considérable. Muncke et Fichnes professent cette dernière opinion. Cependant, d'expériences faites par Mueller sur lui-même, il résulte que la transmission du son est beaucoup plus intense quand la membrane est lâche que quand elle est tendue.

On peut d'ailleurs s'assurer de l'effet de la tension de cette membrane sur soi-même. Il faut pour cela se boucher le nez et fermer la bouche, puis faire une expiration forte et soutenue, ou bien distendre la poitrine par une large inspiration. Dans le premier cas, l'air pénètre avec bruit dans la caisse du tympan et au moment même où on entend mal. La même dureté d'ouïe a lieu quand la membrane vient à être tendue de dehors en dedans par l'inspiration. Wollaston est le premier qui ait observé ce phénomène. La dureté d'ouïe, comme dans le second cas, persiste même après qu'on a ouvert la bouche, parce que le collapsus des parois des trompes d'Eustache qui a été déterminé par l'inspiration précédente ne permet pas à l'équilibre de se rétablir: on a aussi l'occasion d'observer que même sa propre voix est moins bien entendue lorsque la membrane du tympan éprouve une tension plus considérable.

Si l'air est condensé à l'extérieur, sans que celui de la caisse puisse se mettre en équilibre, la membrane du tympan est rejetée en dedans, elle éprouve une tension plus grande et il y a alors dureté de l'ouïe. C'est ainsi, selon Mueller, que l'on doit expliquer l'énigmatique observation faite par Colladon, dans la cloche du plongeur, où il n'entendait que faiblement et la voix de ses compagnons et la sienne propre.

La dureté d'ouïe qui provient d'une plus grande tension de la membrane du tympan n'est pas générale pour les sons aigus et pour les sons graves en même temps. Wollaston a observé que