

CHAPITRE V

TIMBRES DES SONS.

716. **Sons composés. — Causes générales du timbre.** — Lorsqu'on écoute avec attention le son rendu par une corde de piano ou par une corde de violon, vibrant dans toute sa longueur, on entend généralement, en même temps que le son fondamental, un ou plusieurs de ses harmoniques : en d'autres termes, la sensation perçue par l'oreille est celle d'un *son composé*.

Pour se rendre compte de ce phénomène, il suffit de répéter l'expérience sur la corde d'un sonomètre : il n'est pas difficile de constater que la corde, tout en exécutant ses mouvements de totalité, se subdivise en un certain nombre de parties, dont les mouvements propres se superposent au mouvement d'ensemble. — Lorsque, par exemple, la

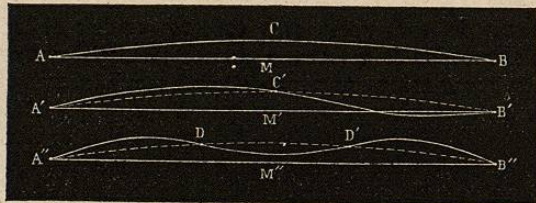


Fig. 551.

corde donne *simultanément* les sons 1 et 2, elle vibre tout d'une pièce comme la corde AB (fig 551) et produit ainsi le son fondamental; mais, en même temps, elle se partage en deux parties A'C', C'B', dont chacune vibre en même temps comme une corde de longueur moitié moindre : ces deux mouvements simultanés sont représentés sur la corde A'B'. — De même, quand on entend à la fois les sons 1 et 3, la corde se subdivise, comme A''B'', en trois parties égales, qui exécutent trois

vibrations pendant que la corde tout entière en fait une seule (*).

Dans ces divers cas, l'impression dominante est celle du son fondamental; mais l'oreille attribue, à chacun de ces sons de même hauteur, un caractère spécial, une sorte de *timbre* particulier, résultant de la superposition de tel ou tel harmonique avec le son fondamental.

C'est l'extension de ces remarques qui a conduit M. Helmholtz à considérer les caractères de timbre, qui distinguent entre eux les sons de divers instruments, comme dus à des causes de cette nature. — La méthode qu'il a employée pour manifester, dans un son complexe, l'existence des harmoniques, est fondée sur le phénomène du *renforcement des sons*.

717. **Renforcement des sons.** — Voici une expérience qu'il est facile de répéter. On se place auprès d'un piano, on éloigne les étouffoirs en appuyant sur la pédale, et on fait entendre, avec un violon ou avec la voix, une note déterminée : on constate que, parmi les cordes du piano, celles qui peuvent rendre, soit cette note, soit l'un de ses harmoniques, entrent en vibration; le son acquiert ainsi pour l'oreille un *renforcement* remarquable. — Or, dans cette expérience, la transmission du mouvement s'est effectuée par l'air, mais elle n'a pas mis en vibration toutes les cordes du piano. Donc, pour qu'un son se transmette à des corps voisins et leur fasse jouer le rôle de renforçants, il faut qu'il y ait, entre ce son et ceux que ces corps peuvent rendre, certains rapports déterminés, les rapports d'un son à ses harmoniques.

Quand un corps sonore est en contact avec les parois d'une cavité contenant de l'air, cet air peut entrer en vibration et résonner comme un tuyau sonore, à la condition que les dimensions de la cavité soient convenables. — C'est le principe des *caisses sonores*, qui entrent dans la construction des instruments à cordes. — C'est ce qui conduit aussi à placer les diapasons sur des caisses rectangulaires de bois (fig. 552),

(*) Les mouvements vibratoires sont toujours de sens contraire dans deux segments consécutifs de la corde; on le démontrerait en répétant, sur une corde entièrement libre entre ses extrémités, l'expérience de Duhamel (Note de la page 616). — Par là s'explique l'observation suivante, faite par Delezenne : Quand on attaque une corde exactement en son milieu, on n'obtient aucun son; c'est que l'archet imprime aux points situés de part et d'autre du milieu, et très près de ce point, des vitesses de même sens : ces vitesses ne peuvent se concilier avec la production de l'harmonique 2, et dès lors le son fondamental ne peut pas se produire. — Marloye a généralisé la remarque de Delezenne, en montrant qu'on ne peut pas non plus faire vibrer transversalement une corde en l'attaquant exactement au tiers, au quart, au cinquième de sa longueur. — On conçoit, d'après ces remarques, que le rang des harmoniques qui se produisent en même temps que le son fondamental dépend de la position particulière du point où la corde est attaquée. C'est pour cette raison que dans le piano les marteaux sont disposés de manière à frapper chacune des cordes exactement au septième de sa longueur. L'harmonique qui correspondrait à la division de la corde en sept parties égales produirait, avec le son fondamental, une *dissonance* : grâce à cette disposition, cet harmonique ne peut se produire.

dont les dimensions dépendent du son rendu par le diapason lui-

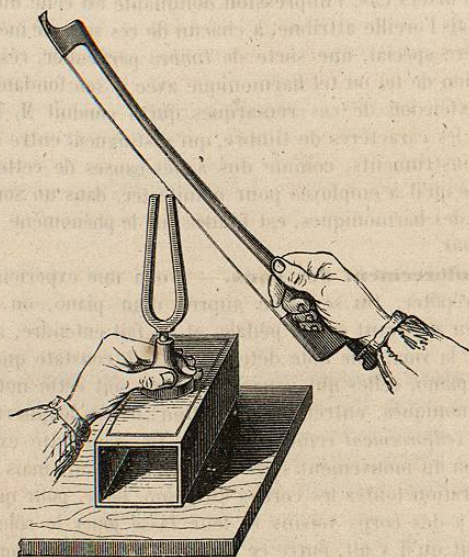


Fig. 552. — Diapason avec caisse sonore.

même. Le diapason étant mis en vibration, on constate, en le plaçant

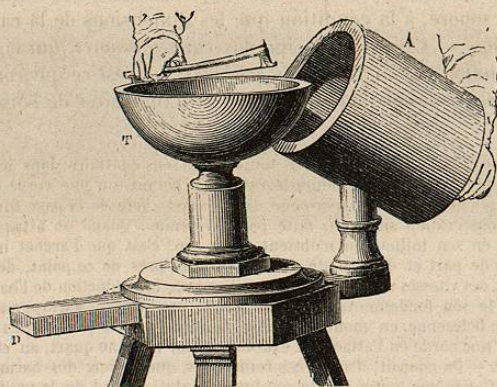


Fig. 553. — Timbre avec tuyau renforçant

sur la caisse, que le son acquiert une intensité beaucoup plus grande. Au moment où les vibrations du diapason commencent à s'éteindre, la

caisse peut encore rendre le son perceptible, alors qu'il serait impossible de l'entendre sans ce renforcement.

Voici encore une expérience destinée à montrer que les colonnes d'air doivent offrir des dimensions déterminées, pour renforcer tel ou tel son. — On fait vibrer un timbre de bronze T (fig. 553) au moyen d'un archet. On en approche l'ouverture d'un tuyau A, fermé à son autre extrémité par un piston que l'on fait mouvoir avec la main, de manière à donner des longueurs variables à la partie du tuyau qui regarde le timbre. On constate que, pour certaines positions du piston, le son rendu par le timbre est considérablement renforcé; pour d'autres positions du piston, le renforcement est à peu près nul (*).

718. **Emploi des résonateurs pour l'analyse des sons composés.** — Voici maintenant la méthode qui a été employée par M. Helmholtz pour analyser les sons composés.

On prend une série de tuyaux, dits *résonateurs*, de dimensions diverses. L'expérience a montré que la forme la plus favorable, pour le but qu'on se propose, est celle de cavités *sphériques* S (fig. 554), présentant une ouverture AB, et, à l'opposé de cette ouverture, un conduit MN que l'on introduit dans l'oreille. Dans cette forme de tuyaux sonores, le son *fondamental* est le seul qui prenne nettement naissance : c'est ce que nous appellerons le *son propre* du résonateur.

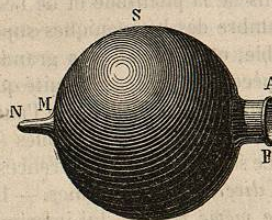


Fig. 554. — Résonateur.

Pour faire l'analyse d'un son produit à l'extérieur, l'observateur bouche l'une de ses oreilles; dans son autre oreille, il introduit, l'un après l'autre, les conduits de divers résonateurs, de dimensions telles que leurs sons propres correspondent aux diverses notes de l'échelle musicale. A chaque expérience, les sons qui diffèrent du son propre du résonateur ne sont perçus par l'oreille que d'une manière confuse. Au contraire, si le son composé, qui est soumis à l'analyse, contient un son simple ayant même hauteur que le son propre du résonateur, l'oreille entend éclater ce son, avec une intensité presque assourdissante. — C'est ainsi que l'on a pu constater

(*) Dans les tuyaux à bouche, l'air du tuyau ne fait que renforcer le son produit par les vibrations de la lèvres *b* (fig. 528). Si, en effet, on enlève les parois du tuyau, de façon à ne laisser que l'embouchure et la lèvres *b*, on peut, en soufflant avec plus ou moins de force, obtenir une série de sons, d'intensité très faible. Parmi ces sons, quelques-uns seulement sont renforcés par l'air du tuyau; leurs nombres de vibrations satisfont à l'une ou à l'autre des formules $n = (2p + 1) \frac{v}{4L}$, $n' = p \frac{v}{2L}$ (note de la page 608), selon que le tuyau est fermé ou ouvert. Les autres sons produits par le mouvement vibratoire de la lèvres ne sont pas renforcés par le tuyau. — La même remarque est applicable aux tuyaux à anche.

l'existence de telle ou telle note, dans les sons complexes qui sembleraient d'abord les plus difficiles à analyser, comme le bruit d'une voiture, le sifflement du vent, le murmure de l'eau, etc.

719. Résultats relatifs aux timbres des divers instruments ou de la voix humaine. — La méthode des résonnateurs a été appliquée à l'analyse comparative des sons produits par les divers instruments, ou par la voix humaine. — Voici quelques-uns des résultats obtenus.

1° Lorsque des instruments de diverses espèces donnent une même note musicale, ils donnent un même son fondamental; mais chacun d'eux superpose à ce son tel ou tel *groupe d'harmoniques*, avec telle ou telle *intensité relative* : c'est là ce qui produit, entre les divers instruments, les *différences de timbres*. — Ainsi, le son d'un diapason, ou ceux que rendent les gros tuyaux fermés de l'orgue, sous l'action d'un courant d'air faible, sont des sons simples, ou presque dénués d'harmoniques : le timbre de ces sons est sourd et sans éclat. — La présence des six premiers harmoniques, que l'on constate dans les notes graves du piano ou dans celles des tuyaux ouverts de l'orgue, donne aux sons de la plénitude et de l'éclat. — Dans le violon ou le violoncelle, le nombre des harmoniques superposés est généralement assez considérable, et d'autant plus grand que la corde est plus fine. De là, cette espèce de caractère d'acuité que présente le timbre de ces instruments, et qui arrive à en rendre l'audition désagréable lorsqu'ils sont maniés par des exécutants inhabiles (*).

Ce sont encore des différences du même genre qui distinguent entre elles les *diverses voix* humaines. — Diverses voix, émettant *une même note sur une même voyelle*, lui impriment chacune un timbre particulier, que l'oreille reconnaît immédiatement, et qui dépend de la coexistence de tel ou tel groupe d'harmoniques, se superposant au son fondamental.

2° Quant aux différences qui distinguent, pour une même voix, les *diverses voyelles*, elles sont dues à une autre particularité. — D'après M. Helmholtz, chaque voyelle correspond à *un son de hauteur constante*, déterminé par la forme que prend la bouche en laissant passer l'air qui la traverse. — On peut donc dire que les voyelles se distinguent les unes des autres par un caractère qui offre quelque analogie avec celui du *timbre*. Mais ce caractère, au lieu d'être dû à l'addition de certains harmoniques du son fondamental, c'est-à-dire à un groupe de sons dont la hauteur dépendrait du son fondamental lui-même, est dû à un son qui dépend de la voyelle émise (**).

(*) Avec des cordes *métalliques* très fines, l'emploi des résonnateurs a permis de compter jusqu'à seize harmoniques superposés. C'est à la présence des harmoniques élevés qu'est dû le timbre sifflant des sons que rendent ces cordes.

(**) Dans la voix articulée, les *consonnes*, qui viennent s'ajouter aux voyelles, transforment en sons plus complexes les sons additionnels qui caractérisent chacune des voyelles, sans modifier la hauteur de l'impression dominante.

La pratique du chant a d'ailleurs montré depuis longtemps que l'émission des notes de diverses hauteurs ne se produit pas avec la même facilité sur les diverses voyelles : que, par exemple, les notes graves sont plus faciles à donner sur la voyelle O ou sur le son OU; les notes moyennes, sur la voyelle A; les notes élevées, sur la voyelle É ou Ê. — Ces résultats sont aujourd'hui faciles à expliquer. La cavité de la bouche se comporte, en effet, comme une caisse de résonance, renforçant plus ou moins les sons produits par le larynx, suivant les rapports qu'ils présentent avec le *son propre* de cette cavité. Or, suivant que la bouche prend la forme appropriée à l'émission de la voyelle allemande OU, ou à celle de nos voyelles O, A, E, I, on a pu constater que le son propre de sa cavité va successivement en s'élevant : par suite, la forme de la bouche devient apte à renforcer des sons de plus en plus élevés.

3° Enfin, l'emploi des résonnateurs a montré que les *bruits* se distinguent des sons musicaux, en ce qu'ils sont formés par la superposition de sons élémentaires qui ne sont point entre eux dans des rapports simples. — L'oreille n'éprouve alors qu'une sensation vague, à laquelle elle peut difficilement attribuer un caractère de hauteur, quand elle compare ces bruits à des sons musicaux. Les rapports de hauteurs ne deviennent appréciables que lorsqu'on compare entre eux plusieurs bruits analogues (664).

720. Méthode de synthèse des sons composés. — Les résultats qu'avait fournis l'analyse par les résonnateurs ont été confirmés par M. Helmholtz à l'aide d'une véritable méthode de synthèse, consistant à recomposer des sons complexes au moyen des divers sons élémentaires qu'on y a reconnus.

L'appareil comprend une série de diapasons donnant les harmoniques successifs du son rendu par le plus grave d'entre eux, et disposés de façon que l'on puisse entretenir le mouvement vibratoire de chacun d'eux, à l'aide d'électro-aimants qui agissent périodiquement par attraction sur leurs branches. En présence de chaque diapason est placé un tuyau renforçant, que l'on peut ouvrir plus ou moins au moyen des touches d'un clavier sur lesquelles on appuie plus ou moins fortement. En faisant vibrer tous les diapasons à la fois et en ouvrant de quantités variables tels ou tels tuyaux renforçants, l'expérimentateur peut ainsi ajouter au son fondamental tels ou tels harmoniques, avec telle ou telle intensité.

L'expérience ainsi faite montre que l'on peut par ce procédé modifier le timbre du son fondamental perçu par l'oreille. « L'appareil permet, dit M. Helmholtz, de reproduire à volonté soit les *voyelles* de la voix humaine, soit les différents registres de l'*orgue*, pourvu qu'ils ne présentent pas d'harmoniques trop aigus : il manque cependant aux sons de l'orgue ainsi imités le bruit sifflant que donne le courant d'air en se brisant contre les lèvres du tuyau. On peut encore reproduire le nasillemeut de la *clarinette* au moyen d'une série d'harmoniques impairs, et le son doux du *cor* au moyen du chœur complet des diapasons. »

721. **Phonographe.** — Nous dirons maintenant quelques mots d'un instrument qui a été imaginé en Amérique, par M. Edison, et qui permet de reproduire, au bout d'un temps quelconque, les sons musicaux ou les paroles qu'on a prononcées dans son voisinage.

Le *phonographe* (fig. 555) se compose d'un cylindre métallique C, mobile autour d'un axe AA'. L'une des parties A' de cet axe présente un pas de vis, qui passe dans un écrou creusé dans le support S' : lorsqu'on tourne la manivelle M, le cylindre éprouve un déplacement progressif dans le sens de son axe, en même temps qu'il tourne autour de cet axe lui-même. Sur la surface du cylindre est creusée une rainure en forme d'hélice, dont le pas est le même que celui de la vis taillée

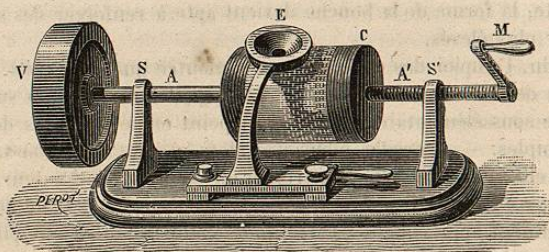


Fig. 555. — Phonographe de M. Edison.

sur l'axe : le cylindre est enveloppé par une feuille de papier d'étain, qui s'applique sur les bords saillants de la rainure, sans pénétrer dans les parties creuses. — A côté du cylindre est disposée, sur un support, une embouchure E, au fond de laquelle est une membrane métallique très mince m (fig. 556). Sous la membrane, est un petit style métallique très court, fixé à l'extrémité d'un ressort a : la membrane presse légèrement sur ce ressort, par l'intermédiaire de deux petites pièces de caoutchouc.

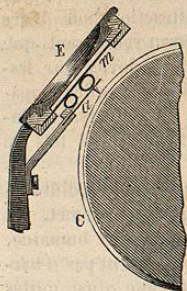


Fig. 556.

Avant de commencer l'expérience, on place le support de la membrane de manière que la pointe du style corresponde à l'un des points où la feuille d'étain passe au-dessus de la cavité de la rainure. — Puis on fait tourner le cylindre, d'un mouvement aussi uniforme que possible, et l'on émet, à haute voix, les paroles ou le chant que l'on veut faire reproduire par l'appareil. Chacune des impulsions communiquées par l'air à la membrane refoule le style, qui imprime à la feuille d'étain une sorte de gaufrage, plus ou moins profond, selon l'amplitude de

l'impulsion elle-même. Il en résulte, sur cette feuille, un sillon hélicoïdal discontinu, formé par de petites dépressions dont les distances relatives dépendent de la hauteur du son, et dont la profondeur dépend de l'intensité du son. — Pour faire répéter à l'appareil la phrase ou le chant qui lui a été confié, on écarte d'abord le support qui porte la membrane et le style, et l'on ramène le cylindre en arrière, jusqu'à sa position primitive; enfin, on rapproche le support, de manière que toutes les pièces se retrouvent dans leur position initiale. Le cylindre étant alors remis en mouvement avec la même vitesse que précédemment, le style, commandé maintenant par les dépressions ou les saillies de la feuille d'étain, communique successivement à la membrane toutes les impulsions qu'il en avait reçues, avec toutes les particularités de rythme et d'intensité relative. — Le son produit peut être entendu dans toute une salle, par plusieurs centaines de personnes à la fois, surtout si l'on a soin de munir la membrane d'un cornet, rassemblant les sons comme une espèce de porte-voix (*).

Indépendamment de ce que cette reproduction des sons offre de saisissant, il est permis de se demander si l'étude des sinuosités tracées sur la feuille métallique ne pourrait pas servir à compléter les résultats que possède déjà la science, sur les particularités qui distinguent les sons des divers instruments ou de la voix humaine.

(*) L'intensité absolue des sons rendus par l'appareil est beaucoup moindre que celle des sons qui ont servi à l'impressionner. C'est ce qu'on s'explique sans peine, si l'on tient compte de la faiblesse des amplitudes des vibrations de la membrane.

Quant à la conservation du rapport des hauteurs des sons, elle exige expressément que la vitesse de rotation du cylindre reste absolument constante. C'est pour assurer, autant que possible, ce résultat, qu'on place sur l'axe un lourd volant V. On a construit, d'ailleurs, des appareils à mouvement d'horlogerie, assurant mieux encore l'uniformité du mouvement. — Pour la reproduction de phrases parlées, les inégalités de vitesse ont seulement pour conséquence de faire monter ou baisser légèrement la voix. Pour la reproduction des sons musicaux, on conçoit que l'inconvénient est beaucoup plus grave, les variations de hauteur des sons successifs arrivant à produire des dissonances extrêmement désagréables.

CHAPITRE VI

MÉCANISME DE L'AUDITION

722. **Description de l'oreille.** — L'oreille peut être partagée, chez l'homme, en *oreille externe*, *oreille moyenne* et *oreille interne*.

L'*oreille externe* est une sorte d'entonnoir, destiné à recueillir les ondes sonores, à peu près comme un cornet acoustique. — Ses diverses parties sont faciles à distinguer : le *pavillon de l'oreille* (fig. 557, 1) est une lame fibro-cartilagineuse, de forme irrégulière, qui se continue avec une large excavation ou *conque* (*ibid.*, de 2 à 4), et avec le *conduit auditif externe* (5, 5) qui s'enfonce dans la portion temporale du crâne. — L'oreille externe est séparée de l'oreille moyenne par une cloison membraneuse, qu'on appelle la *membrane du tympan* (*ibid.*, 6).

L'*oreille moyenne* est une cavité pleine d'air, dont la partie la plus importante est la *caisse du tympan* (11), creusée dans la portion dure et profonde de l'os temporal, qu'on appelle le *rocher*; la caisse communique d'ailleurs avec plusieurs cellules, pratiquées dans l'épaisseur de l'os. De la partie inférieure de cette cavité part un conduit long et étroit, la *trompe d'Eustache* (12), dont l'autre extrémité vient s'ouvrir à la partie postérieure des fosses nasales, au-dessus du voile du palais. — Dans la paroi osseuse de la caisse, en regard de la membrane du tympan, sont pratiquées deux ouvertures, masquées dans la figure 557, la *fenêtre ovale* et la *fenêtre ronde*; ces ouvertures correspondent aux diverses cavités de l'oreille profonde, et chacune d'elles est fermée par une membrane. — Enfin, la caisse est traversée par une chaîne continue de quatre osselets, qui sont représentés à part dans la figure 558, le *marteau m*, l'*enclume e*, l'*os lenticulaire l* et l'*étrier g*; le premier os de cette chaîne, le marteau, adhère à la membrane du tympan (fig. 557, 8); le dernier, l'étrier, s'applique par sa base sur la membrane de la fenêtre ovale. Ces quatre os sont unis par des ligaments qui leur permettent de se mouvoir les uns sur les autres; de petits muscles peuvent tendre plus ou moins l'espèce de ressort formé par la série des osselets, et par suite aussi les membranes qu'elle réunit.

L'*oreille interne* est formée de plusieurs cavités, de formes assez compliquées, qui sont remplies de liquides : on les désigne sous les noms de *vestibule*, de *canaux semi-circulaires*, et de *limaçon*. — Le *vestibule* est une cavité de forme ovoïde, séparée seulement de la caisse

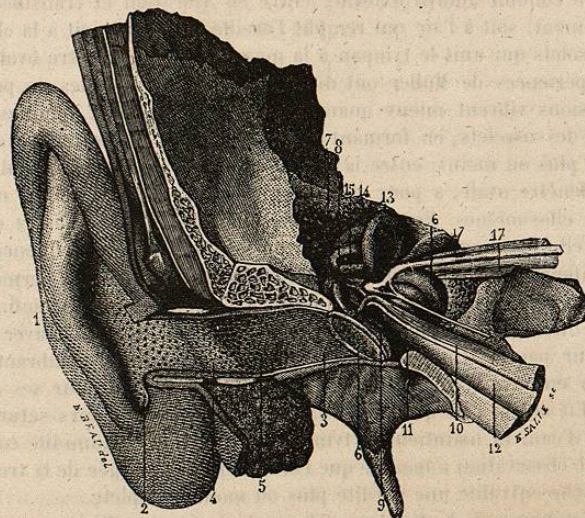


Fig. 557. — Coupe de l'oreille.

du tympan par la membrane de la fenêtre ovale : c'est une sorte de carrefour, servant d'entrée dans les deux autres parties de l'oreille interne, les canaux semi-circulaires au-dessus (fig. 557, 15, 14, 15) et le limaçon au-dessous (16). — Les *canaux semi-circulaires*, dont le nom même indique la forme, sont au nombre de trois, et situés à peu près, comme le montre la figure, dans trois plans perpendiculaires entre eux. Leurs extrémités, renflées en ampoules, communiquent avec l'intérieur du vestibule. — Le *limaçon* est une sorte de cône creux, enroulé en spirale, et subdivisé encore en deux cavités secondaires par une cloison longitudinale : sa base communique, comme les canaux semi-circulaires, avec l'intérieur du vestibule, et c'est en un point de sa paroi qu'est pratiquée la fenêtre ronde, dont la membrane forme une cloison entre la cavité du limaçon et celle de l'oreille moyenne. — Toutes ces cavités sont tapissées par des membranes molles, flottantes dans le liquide qui remplit cette partie de l'organe. C'est sur ces membranes



Fig. 558.
Osselets de l'oreille.

que viennent s'épanouir, en subdivisions d'une finesse extrême, les nerfs auditifs qui pénètrent dans le rocher (17).

725. **Fonctions des diverses parties de l'oreille.** — La membrane du tympan, recevant les ondes sonores qui se sont propagées dans le conduit auditif externe, entre en vibration et transmet son mouvement, soit à l'air qui remplit l'oreille moyenne, soit à la chaîne des osselets qui unit le tympan à la membrane de la fenêtre ovale. — Les expériences de Müller ont montré que les membranes de petites dimensions vibrent mieux quand elles sont faiblement tendues : la chaîne des osselets, en formant un ressort qui peut se tendre ou se fléchir plus ou moins, entre la membrane du tympan et la membrane de la fenêtre ovale, a pour effet de graduer la tension de ces membranes elles-mêmes. En exerçant sur elles une pression assez énergique, elle les empêche de vibrer trop fortement sous l'influence des sons intenses ; en exerçant une pression modérée, elle leur permet de vibrer sous l'influence des sons faibles. — Il faut remarquer enfin que l'air contenu dans l'oreille moyenne est en communication avec l'air extérieur par la trompe d'Eustache, en sorte que la membrane du tympan éprouve la même pression, de la part de l'air, sur ses deux faces. En outre, l'air qui arrive dans la caisse est toujours saturé de vapeur d'eau, et maintient le tympan dans un état d'humidité convenable. L'observation a montré que l'obstruction prolongée de la trompe d'Eustache entraîne une surdité plus ou moins complète.

La membrane de la fenêtre ovale, qui sépare l'oreille moyenne du vestibule, reçoit les vibrations qui lui sont transmises par la chaîne des osselets ; la membrane de la fenêtre ronde, qui est placée dans la paroi du limaçon, au voisinage du vestibule, est mise en vibration par l'air contenu dans la caisse du tympan : le mouvement vibratoire est ainsi communiqué au liquide qui remplit les cavités de l'oreille interne. C'est ainsi que le mouvement se transmet aux membranes molles qui flottent au sein de ce liquide, et que les ramifications des nerfs auditifs sont elles-mêmes ébranlées : elles transmettent à l'encéphale l'impression qui constitue la sensation du son.

Quant à la recherche du rôle de chacune des cavités de l'oreille interne, dans la perception des diverses *qualités* que notre oreille attribue aux sons, elle a été l'objet d'un grand nombre de travaux de la part des physiologistes et des physiciens. Nous ne pouvons donner ici le détail des résultats obtenus ; ils rentrent d'ailleurs plutôt dans le domaine de la Physiologie que dans celui de la Physique.

LIVRE CINQUIÈME

OPTIQUE

CHAPITRE PREMIER

PROPAGATION DE LA LUMIÈRE. — PHOToméTRIE.

I. — PROPAGATION DE LA LUMIÈRE.

724. **Sources de lumière. — Corps lumineux.** — Certains corps ont, par eux-mêmes, un éclat qui nous les rend visibles sans l'intervention d'aucune lumière étrangère. Tels sont le soleil, les étoiles, les flammes de nos lampes, le charbon incandescent, etc. — Ce sont des *sources lumineuses*.

Au contraire, la plupart des objets qui nous entourent, et que nous distinguons à la lumière du jour, cessent d'être visibles quand ils sont placés de façon qu'aucune lumière étrangère ne puisse leur arriver. — Ces corps ne sont donc pas lumineux *par eux-mêmes* : ils ne deviennent visibles qu'à la condition de recevoir d'une source la lumière qu'ils renvoient à notre œil.

Pour ce qui concerne les phénomènes que nous avons à étudier, il n'existe aucune différence entre la lumière émise directement par les sources lumineuses, et celle qui est renvoyée par les corps éclairés. Nous désignerons donc sous le nom de *corps lumineux* tous les corps qui sont visibles à notre œil, soit par eux-mêmes, soit sous l'influence d'une lumière étrangère.

725. **Corps transparents et corps opaques.** — On appelle *corps transparents* les corps que la lumière peut traverser. — L'air, le verre sont des corps transparents : ils laissent arriver jusqu'à nous la lumière du soleil ou celle des corps lumineux en général.