Le même, Sur la sensibilité de l'œil aux différences de lumière. — Sur la sensibilité différentielle de l'œil pour de petites surfaces lumineuses. — Sur les variations de la sensibilité lumineuse suivant l'étendue de la rétine excitée. — Rapports de la sensibilité lumineuse et de la sensibilité chromatique. — Plusieurs communications, Comptes rendus. Ac. des sciences, 1880 et Gazette médicale, 1881.

Chevreul, Sur la vision des couleurs, *dans* Comp. rendus, Ac. d. sc., 1880.

Dreher, Theorie der Farbenwahrnehmung. *Halle*, 1880.

Galezowski, De la puissance chromatique de l'œil. Chromatoscope. Société de biologie, et Gazette med., 1880.

Javal, De l'acuité visuelle, Soc. de biol., février 1880.

Manolesco, Sur l'acuité visuelle Soc. de biol., *dans* Gaz. méd. et *dans* Ann. d'oculist., 1880.

Plateau, Un mot sur l'irradiation. Archives de Biologie. *Gand*, 1880.

O. N. Rood, Théorie scientifique des couleurs (Young, Helmmholtz), *dans* Revue scientifique et *dans* Silliman Journ. of. sc., 1880.

F. M. Seguin, Images accidentelles des objets blancs, *dans* Ann. de chim. et de phys., 1880.

J. Tyndall, Une théorie des couleurs de Goethe, *dans* Revue scientifique, 1880.

Gillet de Grammont, Procédé expérimental pour la détermination de la sensibilité de la rétine aux impressions colorées. Société de biologie et Gaz. des Hôp., 1881.

Giraud-Teulon, Des aberrations du sens chromatique et du Daltonisme, *dans* Archiv. gén. de méd., 1881.

CHAPITRE IV

SENS DE L'OUIE

§ 306.

Définition. — Organe de l'ouïe. — L'ouïe est le sens qui nous donne la notion du son.

Le *mouvement vibratoire* des corps peut être perçu par l'homme par d'autres organes que celui de l'audition. Ainsi, il peut sentir à l'aide du toucher les oscillations d'une corde qui vibre ; et le son du canon peut ébranler à distance le corps d'un sourd, de même qu'il brise les vitres, sans qu'on puisse dire qu'il est *entendu*. Le mouvement vibratoire des corps n'est donc pas le *son* lui-même, physiologiquement parlant. Il ne devient son qu'à la condition d'impressionner l'organe de l'ouïe, animé par un nerf spécial, dit nerf acoustique. Il en est de même pour les autres organes des sens. Lorsqu'un aveugle-né reconnaît, au toucher, les *couleurs artificielles* déposées sur les corps, il n'a pas plus la notion des couleurs que le sourd n'a celui du son : il ne voit pas par le bout des doigts, mais il sent des surfaces *polies* et des surfaces plus ou moins *rugueuses*, et il a appris qu'on donne à ces diverses surfaces des noms de couleurs différentes.

L'organe de l'ouïe, ou l'oreille, se compose, chez l'homme, de trois parties : 1° oreille externe, comprenant le pavillon et le conduit auditif externe ; 2° oreille moyenne ou caisse du tympan ; 3° oreille interne ou labyrinthe.

Le pavillon de l'oreille de l'homme est une lame cartilagineuse assez irrégulière, présentant des éminences et des dépressions diverses, pouvant être mû, mais dans de très faibles limites, par les muscles auriculaires, en haut (auriculaire supérieur), en avant (auriculaire antérieur), en arrière (auriculaire postérieur). Le muscle auriculaire antérieur a aussi, et surtout, pour effet d'attirer

faiblement à lui la petite languette cartilagineuse triangulaire située en avant du conduit auditif, à laquelle on donne le nom de *tragus*, et d'agrandir ainsi l'ouverture du conduit auditif externe.

La lame cartilagineuse qui compose le pavillon est formée de plusieurs pièces réunies entre elles par des ligaments fibreux et par des muscles rudimentaires. Les diverses pièces du pavillon peuvent donc rigoureusement *jouer* les unes sur les autres ; mais tous ces mouvements sont fort obscurs chez l'homme et à peu près invisibles.

Le conduit auditif externe (Voy. fig. 269 *b*), cartilagineux en dehors, osseux

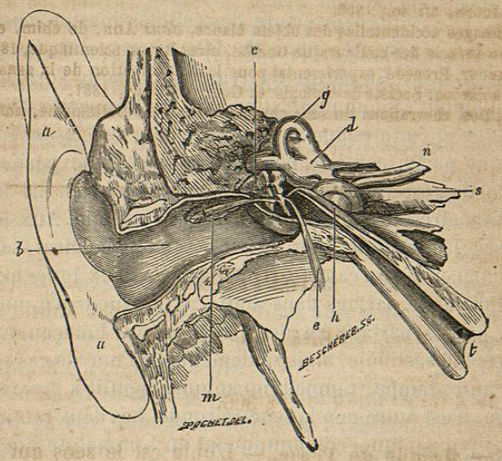

Fig. 269.

a, a, pavillon de l'oreille.
b, conduit auditif externe.
c, la chaîne des osselets.
d, vestibule.
e, muscle *antérieur* du marteau.
g, canaux semi-circulaires.
h, muscle *interne* du marteau.
s, limaçon.
m, muscle *externe* du marteau.
n, nerf acoustique.
t, trompe d'Eustache.

en dedans, se termine à la membrane du tympan. Il a une longueur d'environ 3 centimètres, et il est légèrement coudé par en haut.

La membrane du tympan est tendue, à l'extrémité du conduit auditif externe, sur un cadre osseux qui fait corps avec l'os temporal. Cette membrane n'est pas placée perpendiculairement à l'extrémité du conduit ; elle fait, avec la paroi inférieure de ce conduit, un angle de 45 degrés environ (Voy. fig. 269). Cette membrane ne forme pas un plan rectiligne, mais une voussure qui fait saillie du côté de l'oreille moyenne[1].

Les osselets de l'ouïe, contenus dans la caisse du tympan, adhèrent entre eux par des articulations. La chaîne continue qu'ils forment mesure toute l'étendue transversale de la caisse du tympan. Cette chaîne se fixe du côté externe, à l'aide du manche du marteau, sur la paroi interne de la membrane

[1] La membrane du tympan telle qu'elle est représentée fig. 269 n'offre pas sa voussure normale. Dans une oreille normale et vivante, dont la cavité de l'oreille moyenne n'est pas ouverte, et dont les osselets n'ont pas été dissociés, la membrane du tympan présente la concavité de sa voussure du côté du conduit auditif externe.

du tympan. A l'autre extrémité de la chaîne, la base de l'étrier vient s'appliquer sur la fenêtre ovale (Voy. fig. 270).

Fig. 270.
CHAÎNE DES OSSELETS DE L'OUÏE.
m, marteau.
e, enclume.
l, lenticulaire.
e, étrier.

La caisse du tympan, bornée en dehors par la membrane du tympan, présente en dedans, deux ouvertures qui la font communiquer avec l'oreille interne ou labyrinthe. Ces deux ouvertures sont la fenêtre ronde et la fenêtre ovale. Ces deux orifices sont terminés par des membranes, et la fenêtre ovale est, de plus, couverte par la base de l'étrier. La caisse du tympan n'offre rien de remarquable en haut et en bas. En arrière, elle présente l'ouverture des cellules mastoïdiennes, qui sont à peu près pour l'oreille ce que sont les sinus pour les fosses nasales. En avant, la caisse du tympan présente l'orifice de la trompe d'Eustache, qui établit sa communication avec l'arrière-gorge (Voy. fig. 269, *t*).

L'oreille interne, qu'on désigne aussi sous le nom de *labyrinthe*, est formée de trois parties : une partie centrale nommée *vestibule*, une partie antérieure ou *limaçon*, une partie postérieure ou *canaux semi-circulaires*. Le limaçon et les canaux semi-circulaires communiquent avec le vestibule. Aux points de communication avec le vestibule, les canaux semi-circulaires sont renflés en ampoules. Le limaçon est un canal osseux formé de deux tours et demi de spire. Ce canal est lui-même partagé dans toute sa longueur par une lame ostéo-membraneuse, qui le partage en deux *rampes*. Le limaçon, avons-nous dit, communique avec le vestibule, mais seulement par l'une de ces rampes (rampe vestibulaire); l'autre rampe (rampe tympanique) aboutit à la caisse du tympan par un orifice qui n'est autre que la fenêtre ronde. Les deux rampes (rampe vestibulaire, rampe tympanique) communiquent au sommet du limaçon. Le limaçon représente donc, dans son ensemble, un canal deux fois et demie contourné dont l'une des extrémités répond à la fenêtre ovale et l'autre à la fenêtre ronde.

Le vestibule, les canaux semi-circulaires et le limaçon sont remplis de liquide. C'est dans leurs parties membraneuses que vont s'épanouir les branches du nerf acoustique.

Pour mesurer le degré d'importance des diverses parties de l'appareil auditif, il suffit de jeter un coup d'œil sur les dispositions de cet appareil dans la série animale. Chez les animaux qui vivent dans l'eau, l'organe de l'ouïe est représenté par un sac rempli de liquide, sur les parois duquel les filets du nerf de l'audition se terminent à la face profonde d'un épithélium muni de prolongements analogues à de grands cils qui peuvent être mis en vibration par les mouvements du liquide dans lequel ils baignent. Le sac auditif (*utricule*) est quelquefois formé de deux cavités qui communiquent ensemble (*utricule* et *saccule*).

Chez les poissons supérieurs, on voit apparaître les canaux semi-circulaires, auxquels viennent se joindre, chez les reptiles, un canal *limacéen*. D'abord droit, ce canal se contourne en spire pour devenir (chez les oiseaux) le limaçon. Simple d'abord, le limaçon se cloisonne de manière à former, comme chez l'homme, deux canaux secondaires ou *rampes*.

Dans l'oreille interne de l'homme, et dans celle des animaux supérieurs, les cavités osseuses du vestibule et des canaux semi-circulaires renferment des sacs membraneux qui ont la forme et les connexions des cavités qui les contiennent. Ces cavités membraneuses sont séparées de la paroi osseuse par un

espace rempli de liquide. Les cavités membraneuses étant également remplies de liquide, il en résulte que l'oreille interne membraneuse se trouve aussi complètement immergée.

C'est dans les parois du sac membraneux bilobé (*utricule* et *saccule*) du vestibule et dans les parois des *ampoules membraneuses* des canaux semi-circulaires que viennent s'épanouir les filets nerveux du nerf acoustique. Du côté interne des sacs membraneux, appliquée contre leurs parois et baignée par le liquide, on trouve une poussière minérale (otholites) analogue aux *pierres auditives*, qu'on rencontre chez quelques espèces animales.

Les ampoules des canaux semi-circulaires membraneux sont tapissées par un épithélium dont les cellules sons munies de cils longs et raides.

Le limaçon également rempli de liquide n'est pas doublé intérieurement à la manière du vestibule et des canaux semi-circulaires, par un limaçon membraneux. C'est dans l'épithélium de la lame ostéo-fibreuse qui partage en deux rampes la spire limacéenne que se divisent les nerfs de l'audition. Nous reviendrons plus loin (§ 314) sur ces dispositions spéciales.

§ 307.

Notions d'acoustique applicables à l'audition. — Déjà, à propos de la voix humaine, nous avons signalé la plupart des propriétés du son (Voy. § 253). Nous n'y reviendrons pas, mais nous ajouterons ici quelques données, spécialement applicables à l'organe de l'ouïe.

Les vibrations d'un corps sonore qui se communiquent à l'air ambiant ou à tout autre milieu, gazeux, liquide ou solide, se transmettent comme la lumière dans toutes les directions. Il en résulte que l'*intensité* du son décroît rapidement avec la distance, et que ce décroissement s'opère comme le carré de la distance. Mais si l'intensité du son décroît rapidement lorsque celui-ci se propage *librement* dans toutes les directions et dans un espace indéfini, il n'en est plus de même lorsque les ondes sonores sont dirigées dans un espace limité, dans un *tube cylindrique*, par exemple. Les ondes sonores qui s'engagent dans un tube de ce genre, suivant la direction de son axe, conservent indéfiniment, sauf la perte légère due aux frottements, la même intensité ; car à tous les points du cylindre les tranches d'air qui résonnent ont une même mesure, celle de la section du cylindre.

Le son se propage dans les milieux gazeux, dans les milieux liquides et dans les milieux solides, car tous ces corps peuvent vibrer ; mais la vitesse de propagation n'est pas la même. Tandis que cette vitesse est d'environ 333 mètres par seconde dans l'air tranquille, elle est de 1,400 ou 1,500 mètres dans l'eau, et de 3,000 mètres environ dans les solides.

Les membranes vibrent comme tous les corps ; elles peuvent entrer en vibration, soit par percussion directe, à l'aide d'un corps solide, soit par influence, lorsqu'on fait vibrer, par exemple, un corps sonore dans leur voisinage ; en d'autres termes, elles sont aptes à recevoir les vibrations que l'air leur transmet. Ces vibrations deviennent très sensibles sur les membranes tendues, par les dessins qu'offre, au moment où elles vibrent, la poussière dont on les couvre. En général, le nombre des ventres et des lignes nodales est en rapport avec celui des vibrations (Voy. § 254).

Des *pressions différentes*, appliquées à chacune des faces d'une membrane tendue, exercent une influence capitale sur son pouvoir résonnant. En effet, si on fait le vide dans un vase dont l'ouverture supérieure est fermée par une membrane, il devient très difficile de faire vibrer cette membrane, c'est-à-dire d'y faire apparaître les dessins dont nous parlions. Si l'on augmente la tension de l'air à l'intérieur du vase, la même difficulté se présente, les conditions sont en effet les mêmes, sauf que dans ce dernier cas l'excès de pression est à la face interne de la membrane, au lieu d'être à sa face externe.

La propagation des vibrations des corps gazeux aux corps solides et aux corps liquides, celle des corps solides aux corps liquides, etc., a été étudiée avec soin par M. Müller. Voici une série de résultats expérimentaux qu'on consultera avec fruit :

I. Les ondes sonores des corps solides se transmettent avec plus de force à d'autres corps solides mis en communication avec eux qu'à l'eau ; mais la transmission des ondes a bien plus d'intensité quand elle s'opère des corps solides à l'eau que quand elle s'opère des corps solides à l'air.

II. Les ondes sonores de l'air se transmettent très difficilement à l'eau ; mais elles se communiquent très facilement à ce liquide par l'intermédiaire d'une membrane tendue.

III. Des ondes sonores qui se propagent dans l'eau, et qui traversent des corps solides limités, ne se communiquent pas seulement avec force aux corps solides, mais encore se transmettent des surfaces de ce corps dans l'eau, de manière que le son dans l'eau, au voisinage du corps solide, est entendu *fort* là où il eût été entendu faible d'après la seule transmission dans l'eau.

IV. De minces membranes conduisent le son dans l'eau sans affaiblissement, qu'elles soient ou non tendues.

V. Des masses d'air résonnent dans l'eau, lorsque l'air est renfermé dans des membranes ou des corps solides, et produisent ainsi un renforcement considérable du son.

VI. Les ondes sonores qui passent de l'air dans l'eau, par l'intermédiaire d'une membrane tendue, sont transmises sans changement dans la hauteur du ton.

VII. Les ondes sonores se transmettent de l'air à l'eau, sans changement notable d'intensité, alors même que les membranes se trouvent tendues sur un corps solide résistant, qui est *seul* en contact avec le liquide.

§ 308.

Rôle de l'oreille externe. — Pavillon ou conque auditive. — Conduit auditif externe. — La partie essentielle de l'organe de l'ouïe est l'oreille interne, dans laquelle viennent se ramifier les expansions du nerf acoustique ; c'est la partie où s'opère l'impression. Les autres parties (oreille moyenne et oreille externe) doivent être envisagées comme des organes de perfectionnement.

Les corps de toute nature pouvant transmettre le son, les os de la tête et le rocher pourraient encore remplir ce rôle si l'oreille externe et l'oreille moyenne faisaient défaut, et la notion du son ne serait pas perdue pour cela ; mais l'audition serait singulièrement amoindrie. C'est ce qu'on observe dans beaucoup d'animaux. L'oreille externe et l'oreille moyenne de l'homme et des animaux spuérieurs donnent au son toute sa perfection.

L'oreille externe (conque et conduit auditif) peut être regardée comme un organe collecteur du son. On considère que l'inclinaison la plus favorable du pavillon de l'oreille avec les parois latérales de la tête est celle qui représente un angle de 30 à 45 degrés.

La perte du pavillon de l'oreille n'empêche pas l'audition, et la *hauteur* des sons perçus n'est pas non plus modifiée. La perte du pavillon n'entraîne qu'une certaine dureté de l'ouïe, c'est-à-dire qu'elle ne nuit qu'à l'intensité du son. Le pavillon de l'oreille est donc un cornet acoustique, et on peut s'en convaincre en dirigeant artificiellement la conque du côté où l'on veut distinguer un son confus ; mais c'est un cornet qui est loin d'avoir chez l'homme la puissance qu'il a chez les animaux, où non seulement il jouit d'une grande mobilité, mais où il offre une forme conique beaucoup plus favorable à la collection des sons.

La forme singulière de la conque auditive a été diversement interprétée. On a dit que le pavillon à peu près immobile de l'homme, et dont la forme se rapproche plutôt d'un plan que d'un cornet, était mal disposé pour renvoyer les ondes sonores dans le conduit auditif, et qu'il paraissait plutôt destiné à les amortir qu'à les renforcer. On a dit aussi que les dimensions variées des saillies et des dépressions du cartilage auriculaire, ainsi que sa composition assez complexe (il est composé de plusieurs cartilages réunis par des ligaments fibreux), devaient l'empêcher de vibrer jamais *à l'unisson* d'aucun son ; vibrations propres qui eussent été nuisibles à l'audition. On a dit enfin que cette forme était destinée à présenter, dans toutes les directions possibles, une surface perpendiculaire à la direction des ondes sonores, et à diriger toujours une portion des ondes vers l'orifice du conduit auditif externe.

Les recherches faites par M. Schneider, et par M. Rinne, donnent gain de cause à cette dernière supposition. M. Schneider bouche le conduit auditif externe de l'une de ses oreilles (l'oreille gauche par exemple) avec un petit tampon de coton, puis il remplit toutes les anfractuosités de la conque auditive du même côté avec une composition liquide (1 partie de cire, 3 parties d'huile), de manière qu'après le refroidissement, la conque est transformée en une surface plane. Après quoi il enlève le coton qui préservait les parties profondes contre l'introduction de la composition cireuse, et le conduit auditif externe redevient libre. Ecoutant alors un corps sonore placé derrière lui ou devant lui, à égale distance des deux oreilles, l'observateur constate que ce corps est beaucoup mieux entendu par l'oreille droite, dont la conque est restée libre, que par l'oreille gauche. Si l'observateur tourne alors son oreille gauche du côté où vient le bruit, il arrive *tout à coup* un moment où il entend aussi bien avec cette oreille qu'avec l'autre : c'est le moment où le conduit auditif externe se trouve dans la direction précise du corps résonnant. D'où il résulte que la conque auditive, à peu près inutile pour tous les sons qui nous arrivent dans la direction même de l'oreille, est très utile pour tous les sons qui nous arrivent en avant et en arrière, et dans toutes les directions obliques par rapport à l'axe du conduit auditif externe. Lorsque M. Schneider remplissait les conques auditives de ses deux oreilles avec la composition en question, il ne pouvait plus distinguer, toutes les fois que le son n'était pas la direction du conduit auditif, s'il provenait du côté gauche ou s'il provenait du côté droit. Les divers phénomènes dont nous venons de parler étaient plus marqués encore lorsque la face interne de la conque auditive était enduite comme la face externe, lorsque, en

d'autres termes, la conque tout entière était noyée dans la composition cireuse.

Le pavillon de l'oreille de l'homme est donc disposé de manière à permettre d'apprécier, dans une certaine mesure, la direction du son. La suppression de l'écran vibrant que représente la conque auditive (soit par l'artifice expérimental de M. Schneider dont nous venons de parler, soit par le procédé plus simple de M. Gellé qui consiste à appliquer, à *coller* en quelque sorte, la conque auditive contre la région mastoïdienne), rend l'orientation plus difficile et plus longue.

Voici une autre expérience, de M. Gellé, qui montre clairement que la conque auditive, indépendamment des notions qu'elle peut fournir relativement à

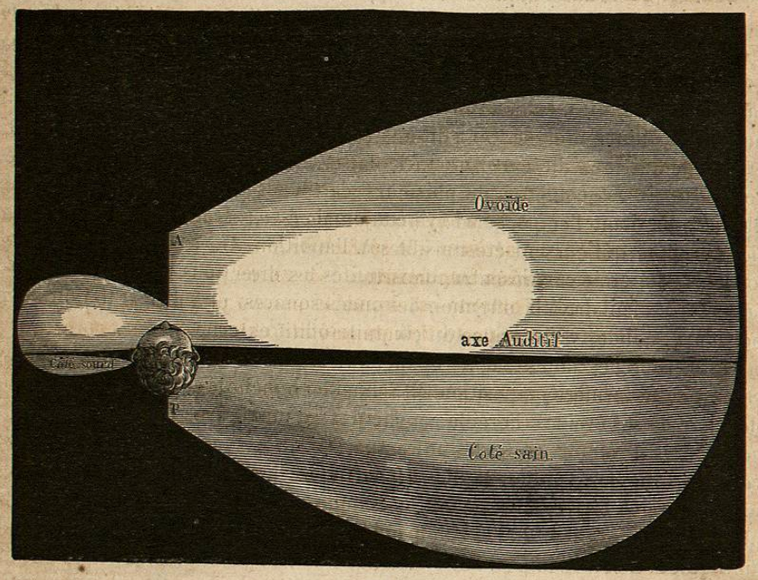

Fig. 271.

l'appréciation de la direction du son, est en même temps un *collecteur* manifestement destiné à augmenter le champ de l'audition. Fermez une oreille et placez dans le conduit auditif externe de l'autre oreille, à l'aide d'un embout convenable, un tube de caoutchouc, de 15 à 20 centimètres de longueur et d'une section analogue à celle du conduit, et posez ensuite devant vous une montre à plat sur la table : tant que l'ouverture libre du tube de caoutchouc ne sera pas ramenée en face du corps sonore, le tic-tac de la montre ne sera pas perçu. Si à l'extrémité libre de ce tube on adapte une carte ordinaire (faisant en quelque sorte fonction de pavillon) et qu'on dirige la surface de la carte du côté de la table, immédiatement, et sans recherches, on entend le tic-tac dans beaucoup de points où on ne l'entendait pas auparavant.

Le pavillon de l'oreille est donc un collecteur de son. D'après sa forme et d'après la position qu'il occupe sur les côtés de la tête, voici, d'après les recherches de M. Gellé, le tracé des distances auxquelles on peut entendre le son,

avec une même oreille, c'est-à-dire le tracé du champ de l'audition quand nous sommes immobiles. Il va sans dire que ce champ peut prendre toutes les orientations, c'est-à-dire se transporter dans tous les sens, avec les mouvements de la tête et avec ceux du corps. Lorsque les deux oreilles n'ont pas la même portée (il est assez rare qu'elles soient absolument identiques sur ce rapport), le champ de l'audition peut s'amplifier pour la bonne oreille et se réduire pour la mauvaise, mais le tracé *conserve le même dessin* (Voy. fig. 271. La bonne oreille est à droite ; la mauvaise oreille est à gauche).

Les ondes sonores s'engagent dans le *conduit auditif externe* et se dirigent vers la membrane du tympan ; elles y circulent dans un canal à peu près cylindrique et ne perdent rien de leur intensité (Voy. § 307). Les vibrations sonores du conduit auditif externe proviennent de plusieurs sources : les unes ont pénétré directement du dehors, d'autres ont été réfléchies par le pavillon de l'oreille ; d'autres encore ont été communiquées à l'intérieur du canal par ses parois cartilagineuses et osseuses. Les vibrations des parois cartilagineuses et osseuses du canal proviennent, soit de la conque, par continuité de tissu, soit directement de l'air extérieur, et cheminent à travers les os, en même temps que les vibrations aériennes parcourent le conduit auditif externe.

D'après ce que nous avons dit précédemment (Voy. § 307), les vibrations *solides* parviennent plus tôt à la circonférence de la membrane du typan que les vibrations *aériennes* n'arrivent à la surface de la même membrane. Nous reviendrons sur cette condition importante.

Le conduit auditif externe est humecté par un produit spécial, le *cérumen*, qui remplit un rôle de protection en arrêtant et en fixant les corps qui pourraient s'engager au fond du conduit auditif externe et nuire aux fonctions de la membrane du tympan.

§ 309.

Oreille moyenne. — Membrane du typan. — Osselets de l'ouïe. — La chaîne des osselets représente une colonne solide précédée d'une membrane vibrante à laquelle elle est fixée et se terminant à l'oreille interne, cavité remplie de liquide. C'est ici le lieu de rappeler que le son passe plus difficilement de l'air dans l'eau que des solides dans l'eau. L'oreille moyenne ne se rencontre que chez les animaux aériens ; elle est en effet inutile chez les animaux aquatiques, là où les ondes du milieu ambiant qui se transmettent au liquide du labyrinthe sont elles-mêmes des ondes *liquides*.

La membrane du tympan reçoit les vibrations sonores par sa circonférence (vibrations des parois solides du canal auditif externe) et par sa surface (vibrations aériennes du canal). C'est sous ce double mode d'influence que la membrane entre en vibrations.

La membrane du tympan favorise la transmission du son, d'une part, parce qu'une membrane tendue est plus facilement impressionnable aux ondes sonores qu'un corps plein, et, en second lieu, parce que les ondes sonores se transmettent *ensuite* plus facilement à des corps solides sur lesquels la membrane est tendue [1].

La tension de la membrane du tympan est subordonnée à la chaîne des os-

[1] Savart a démontré ces deux points par l'expérience directe.