

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

quand il accroissait la tension de son tympan, en raréfiant l'air de la caisse, il ne devenait sourd que pour les sons graves. S'il frappait du bout du doigt sur une table, la planche donnait un son grave sourd ; mais, s'il se servait de l'ongle, il entendait un son plus aigu et plus pénétrant ; après avoir raréfié l'air dans la caisse de son tympan, il n'entendait que ce dernier son et ne percevait pas l'autre ; le bruit sourd et grave d'une voiture n'était plus perçu, tandis que celui des chaînes et des autres pièces de fer de l'attelage l'était parfaitement. Ces expériences sont exactes et chacun peut les faire soi-même. Du reste, il est à remarquer que la tension de la membrane du tympan par condensation de l'air produit le même résultat. Le bruit sourd d'une voiture qui passe sur un pont, celui d'un canon tiré au voisinage, celui enfin des tambours éloignés, s'effacent instantanément lorsque le tympan est tendu de l'une ou de l'autre manière, tandis qu'on entend très bien le piétinement des chevaux et le craquement du papier.

L'explication de ces phénomènes est facile : plus le tympan est tendu, plus le son fondamental et tous les tons qu'il pourrait donner avec des nœuds de vibration s'élèvent, mais plus aussi son pouvoir de consonnance, relativement aux sons graves, diminue. Plus un son est homologue au son propre du tympan très tendu, plus on l'entend facilement lorsque la tension de cette membrane augmente.

Ici se présente une application à la pathologie. Il n'est pas très rare que les personnes qui ont l'oreille dure n'aient perdu que la faculté d'entendre les sons graves, tandis qu'elles conservent la faculté d'entendre les sons aigus, quoique d'ailleurs elles perçoivent ceux-ci plus faiblement.

La part que prend le *muscle tenseur du tympan* aux modifications de l'ouïe se conçoit d'après les principes précédents. Si l'on peut admettre comme une chose très probable qu'à l'occasion d'un son très fort, ce muscle entre en action par l'effet d'un mouvement réflexe, de même que font l'iris et le muscle orbiculaire des paupières lors d'une impression de lumière très vive, attendu que l'irritation est transmise des nerfs sensoriels au cerveau et du cerveau aux nerfs moteurs ; il devient évident que, quand un bruit très intense frappe l'oreille, le muscle tenseur du tympan peut assourdir l'ouïe par son mouvement réflexe, puisqu'un son intense provoque déjà, par un effet de réflexion, le clignement des paupières et même la contraction convulsive d'un grand nombre de muscles chez les personnes nerveuses. L'hypothèse n'a donc rien que de probable. Quand, par une cause quelconque, le muscle tenseur du tympan imprime davantage de tension à cette membrane, l'ap-

titude à entendre les sons graves doit, en outre, diminuer plus que la faculté de percevoir les sons aigus.

La contraction de ce muscle est-elle *volontaire*? Fabrice d'Aquapendente enseignait déjà que le muscle interne du marteau obéit à la volonté. Il disait pouvoir agir à son gré sur ce muscle, parce qu'il avait la faculté d'exciter à volonté du bruit dans son oreille. Il ne lui était possible que de déterminer le mouvement dans les deux oreilles à la fois. Mayer connaissait un homme qui était tellement maître du mouvement de ses osselets de l'ouïe, qu'on entendait distinctement ces petits os crépiter lorsqu'on accolait l'oreille à la sienne. Mueller possède cette faculté dans les deux oreilles, mais plus prononcée dans la gauche, et il peut même restreindre l'influence de sa volonté à n'agir que du côté gauche. Le bruit consiste en un craquement semblable au pétilllement de l'étincelle électrique. Ce bruit est produit par la contraction du muscle interne du marteau, et par l'action de ce muscle sur la membrane du tympan qu'il tire en dedans. Ce qui l'annonce déjà, c'est que quand on pousse de l'air par la trompe d'Eustache, on entend, outre le bruissement dû à l'effort de cet air contre la membrane, un craquement particulier qui se manifeste au moment où l'on cesse la pression.

La manière d'agir du *muscle de l'étrier* dans l'audition est bien connue. Il tire l'osselet de manière que sa plaque devienne oblique dans la fenêtre ovale ; car elle s'enfonce un peu plus dans cette dernière du côté de la traction, et en sort d'autant de l'autre côté. Le seul effet qu'on pourrait lui attribuer d'après ce mode d'action serait, de l'avis de Mueller, de tendre la membrane qui unit la plaque de l'étrier avec la fenêtre.

3° *Du rôle de la fenêtre ovale et de la fenêtre ronde.* — La transmission par deux fenêtres n'est point une condition indispensable pour entendre, chez les animaux aériens pourvus d'une caisse tympanique ; car le son peut se communiquer avec intensité à l'eau tant par une membrane tendue (tympan secondaire) que par un corps solide mobile qui se trouve uni à une membrane tendue. L'anatomie comparée nous en fournit évidemment la preuve ; car les grenouilles, bien qu'elles soient pourvues d'un tympan complet d'ailleurs, n'ont point de fenêtre ronde, et chez elles la transmission ne s'accomplit que par la chaîne des osselets. Dans ce cas, l'air de la caisse tympanique entre à peine en ligne de compte comme conducteur, puisqu'il ne peut pas communiquer ses ondes avec quelque intensité aux parties solides de l'organe auditif. Il sert principalement à isoler les osselets et la membrane du tympan. Lorsque les deux fenêtres existent concurremment avec une cavité tympanique,

elles occasionnent deux transmissions des ondes sonores à l'eau, l'une par des corps solides, l'autre par une membrane, et les expériences de Mueller prouvent que toutes deux ont de l'intensité. Cette disposition doit naturellement fortifier l'ouïe, et alors l'eau du labyrinthe reçoit de deux points placés l'un à côté de l'autre des ondes circulaires, qui de plus produisent par leur croisement des condensations plus considérables aux endroits de la décusation.

On se demande ici laquelle des deux transmissions est la plus forte, ou de celle qui va de la membrane du tympan à la fenêtre ovale par la chaîne des osselets, ou de celle qui va de la membrane du tympan à l'eau du labyrinthe par l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde. Jusqu'à présent ce problème n'a été résolu que par des hypothèses. Les uns disent qu'il n'y a point de transmission par les osselets de l'ouïe, et ils se fondent sur l'exemple de personnes qui ont continué d'entendre après avoir perdu ces petits os, comme l'ont observé A. Cooper, Caldani, Cheselden. D'autres nient la transmission par la fenêtre ronde, attendu qu'il résulte de faits nombreux que la destruction et la perte des osselets de l'ouïe abolissent la faculté d'entendre. Il ne faut pas admettre un mode exclusif de transmission, puisque chaque partie douée du pouvoir conducteur accomplit ce que les lois physiques lui permettent de faire. Il ne peut donc s'agir ici que d'une différence en plus ou en moins. Muncke, à qui l'on doit une revue critique des diverses opinions et de leurs fondements respectifs, admet une transmission plus énergique par les osselets de l'ouïe; mais la question doit être posée ainsi : Quel est le système qui, l'air étant le point de départ, diminue le moins l'excursion des parties vibrantes, ou de celui dans lequel la transmission a lieu de l'air à une membrane tendue, puis de cette membrane à un corps solide limité et mobile, enfin de ce corps à l'eau; ou de celui qui a lieu de l'air à une membrane tendue, puis de celle-ci à de l'air, de cet air à une autre membrane tendue et de cette dernière membrane à de l'eau? D'après des expériences faites par Mueller on peut formuler d'une manière positive la proposition suivante : des vibrations qui passent de l'air à une membrane tendue, de celle-ci à des parties solides, limitées, librement mobiles, et de ces parties à de l'eau, se communiquent avec beaucoup plus d'intensité au liquide que des vibrations qui passent de l'air à une membrane tendue, puis à de l'air, puis encore à une membrane tendue, et en dernier lieu à de l'eau. Ou, en appliquant cette proposition à la caisse du tympan, les mêmes ondes aériennes agissent avec beaucoup plus d'intensité sur l'eau du labyrinthe après avoir traversé

la chaîne des osselets et la fenêtre ovale, qu'après avoir traversé l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde.

Il peut se faire que les ondes du même son transmises à travers les deux fenêtres diffèrent non-seulement eu égard à l'intensité, mais encore, jusqu'à un certain point, eu égard à la qualité ou au timbre. Les ondes qui parviennent à la fenêtre ronde demeurent des ondes aériennes jusqu'à la membrane de cette fenêtre ronde; celles des osselets de l'ouïe sont des ondes de corps solides. Or on sait qu'un même son varie de timbre suivant les corps qui résonnent.

Les ondes transmises par la fenêtre ovale agissent plus prochainement sur le vestibule et les canaux semi-circulaires; celles qui sont transmises par la fenêtre ronde portent principalement sur le limaçon; mais les ondes qui parviennent dans le vestibule et qui s'étendent circulairement arrivent aussi au limaçon. D'ailleurs, en général, le rapport de la fenêtre ronde avec le limaçon n'est pas un attribut constant de cette fenêtre, puisque les chéloniens ont l'une et l'autre fenêtre, bien qu'ils ne possèdent pas de limaçon proprement dit.

4° *Du rôle de la trompe d'Eustache.* — La trompe d'Eustache existe dans tous les cas où il y a une caisse du tympan. Les usages qu'on lui attribue sont :

A. Quelques-uns croient, mais à tort, qu'une masse d'air renfermée serait impropre à transmettre les vibrations.

B. Le contraire de cette hypothèse se concilierait mieux avec les lois de la physique; car si l'on fait abstraction de la chaîne des osselets et que l'on compare l'air compris dans le conduit auditif externe et la caisse du tympan à la colonne d'air de ce qu'on nomme un tuyau de communication, dans lequel les ondes sonores sont concentrées sans affaiblissement, il devrait y avoir ici comme un tuyau de communication, une ouverture latérale qui déterminât une extension partielle des ondes au dehors, et qui, dans le cas d'un ébranlement trop fort, modérât cette impression, en tant qu'elle agit de l'air sur la fenêtre ronde.

C. D'autres regardent l'inégalité de la densité de l'air dans la caisse du tympan et au dehors de cette cavité comme un obstacle à l'audition. Mueller ne peut partager cette opinion.

D. La trompe est destinée à empêcher la résonnance de l'air contenu dans la caisse du tympan. Cette hypothèse est la moins soutenable de toutes, car un espace plein d'air résonne, que le réservoir soit ouvert à l'une de ses deux extrémités seulement, ou à toutes les deux.

E. La trompe a pour usage d'accroître la résonnance. On peut

envisager à ce point de vue l'opinion de Henle, qui compare l'ouverture de la trompe d'Eustache dans la caisse du tympan aux trous percés dans la table du violon, et qui sont si nécessaires pour la production d'un son bien plein. Cette hypothèse a pour elle les expériences directes sur l'effet résonnant de tuyaux latéraux qui sont posés sur un tuyau principal court avec lequel ils communiquent par une ouverture.

F. La trompe est destinée à débarrasser la transmission par l'appareil de la caisse tympanique, d'un obstacle qui présente une colonne d'air totalement renfermée, puisque, dans ce cas, ou la faculté conductrice de la membrane du tympan elle-même est trop faible, ou la résonance de cette membrane et de l'air contenu dans la caisse est trop considérable. C'est là l'opinion la plus répandue. Itard compare la trompe au trou sans lequel une caisse militaire ne rendrait qu'un son sourd et étouffé. Mais cet exemple est peu probant, il n'a pas la moindre analogie avec les circonstances dont il s'agit ici; parce que si une caisse militaire a plus d'éclat lorsqu'elle est percée d'un trou, c'est qu'alors les vibrations aériennes excitées dans l'intérieur de la caisse traversent non plus seulement les parois de l'instrument et ses membranes, mais encore le meilleur conducteur qu'elles puissent trouver, l'air lui-même, pour se répandre dans l'atmosphère et arriver à l'oreille. En outre, on ne trouve qu'une différence extrêmement faible dans l'éclat du son lorsque le trou d'une petite caisse est bouché ou lorsqu'il est ouvert. Du reste on ne peut point songer à une augmentation de l'intensité du son au moyen des ondes qui arrivent à la caisse du tympan par l'air de la bouche et de la trompe d'Eustache; car un homme bien constitué entend tout aussi bien quand il ferme la bouche et le nez que quand il les ouvre.

G. La trompe d'Eustache est destinée à l'audition de la voix. Cette hypothèse paraît être déjà suffisamment réfutée par d'anciennes observations, notamment par une expérience que Schellhammer a faite. Cet auteur s'introduisit un diapason dans la bouche, il ne l'entendit presque pas; mais, tenu au-devant de la bouche médiocrement ouverte, l'instrument fit entendre un son très fort, à cause de la résonance de l'air de la cavité orale, et l'effet fut alors le même que quand on place un diapason vibrant sur le goulot d'une bouteille. Nul doute cependant que le son résonnant ne soit produit en grande partie par la transmission de l'oreille externe au tympan.

H. La trompe sert à évacuer le mucus de la caisse du tympan par son mouvement vibratile. On ne saurait douter de cela, et la réplétion du tympan par des mucosités explique même, en partie,

FONCTION DE L'APPAR. AUDITIF. — OREILLE MOYENNE. 537
la dureté d'ouïe qui s'observe après l'oblitération des trompes. Cependant ce n'est pas là son unique usage.

I. La trompe est destinée à mettre l'air de la caisse en équilibre avec l'air extérieur, spécialement à éviter une trop grande tension de la membrane, qui serait la suite d'une condensation ou d'une raréfaction permanente de l'air et qui entraînerait la dureté de l'ouïe. Voilà ce qui paraît être le but principal de la trompe d'Eustache. Ce n'est pas de la condensation ou de la raréfaction qu'il s'agit surtout ici, mais de la tension de la membrane du tympan qui en est la conséquence nécessaire et qui ne manque jamais de rendre l'ouïe dure, car l'effet est le même dans l'une et dans l'autre hypothèse. C'est aussi à ce point de vue que, dans beaucoup de cas de surdité par occlusion chronique de la trompe, on doit juger l'utilité du cathétérisme de la perforation du tympan et de la térébration de l'apophyse mastoïde.

5° *Des cellules mastoïdiennes.* — Leur usage n'est pas bien connu: on soupçonne qu'elles concourent à augmenter l'intensité du son qui arrive dans la caisse. Si elles produisent cet effet, ce doit être plutôt par les vibrations des lames qui séparent les cellules que par celles de l'air qu'elles contiennent.

De la conduction du son au labyrinthe par les os de la tête. — Nous venons de voir comment les ondes sonores arrivent par la caisse jusqu'au labyrinthe; mais quelquefois elles suivent une autre voie, c'est-à-dire les os de la tête. La transmission au labyrinthe par les os de la tête, qui est la seule chez les poissons osseux, amène les ondes sonores à ces derniers, de tous les côtés, avec la même facilité. Cette transmission de tous les côtés a lieu aussi chez les animaux aériens, mais elle ne peut être que très faible dans l'air, à cause de la difficulté avec laquelle les ondes aériennes se communiquent aux parties solides de la tête. Nous n'avons point occasion de sentir quelle intensité aurait la transmission des ondes aériennes par les os de la tête, si elle était la seule; car lors même que nous bouchons nos oreilles, l'oreille n'en conduit pas moins les ondes avec plus de force que ne le font les os de la tête et les osselets de l'ouïe, qui, en leur qualité de corps limités, font une impression plus forte sur le labyrinthe que les os de la tête qui ne sont point isolés. Ce renforcement de la transmission par les osselets de l'ouïe peut avoir lieu aussi dans le cas où les ondes aériennes sont amenées en premier lieu par les os de la tête, puisqu'alors aussi elles sont directement conduites à la membrane du tympan et aux osselets de l'ouïe, et que l'appareil de la caisse du tympan résonne. Il en est de même pour les ondes communiquées par notre propre voix aux parties de la bouche, de la gorge et du nez. Elles déter-

minent également une résonnance de l'appareil de la caisse tympanique. Mais la même chose a lieu aussi pour les ondes que des parties solides transmettent aux os de la tête; il y a toujours résonnance dans ce cas. Si, après s'être bouché les oreilles, on se pose un diapason résonnant sur la tête, le son est extrêmement faible; il y a plus de force quand on fait l'application sur la tempe; il devient de plus en plus fort à mesure que l'on rapproche l'instrument du conduit auditif, et il croît, non pas seulement en raison de la diminution de la distance entre le corps sonore et le labyrinthe, mais encore en raison du rapprochement existant entre les parties de la tête qui lui servent de conducteur et l'ouverture extérieure de l'oreille.

La seule transmission des ondes aériennes par les os de la tête ne pourrait être entendue que par une personne chez laquelle la caisse du tympan n'existerait pas et dont le conduit auditif externe serait bouché. Il est probable qu'alors ces ondes ne seraient point entendues, ou du moins qu'elles ne le seraient que très faiblement. Mais la faculté d'entendre des ébranlements de corps solides transmis aux os de la tête par d'autres corps solides devrait avoir lieu encore si le labyrinthe était intact. On peut employer ce moyen chez les sourds qui n'entendent pas les ondes sonores, pour reconnaître si leur labyrinthe et leur nerf auditif sont encore intacts. Un sourd qui ne peut entendre aucune onde de l'air, entend quelquefois un fort battement sur le sol, qui lui est transmis par les parties solides de son corps. Cependant il est difficile de distinguer ici ce qui appartient à la sensation de l'ébranlement par le toucher et ce qui appartient à l'ouïe. Tous les sons graves agissent aisément sur les nerfs du toucher, et l'on sent les ébranlements comme tact lorsqu'on applique la main sur la poitrine en parlant, ou quand on empoigne un corps solide qui rend un son. Les ondes sonores qu'un sifflet excite dans l'eau ne se sentent pas par le toucher lorsqu'on tient la main dans l'eau, mais on les sent très bien lorsqu'en même temps que la main on plonge un corps solide dans le liquide. Ces sensations tactiles des vibrations ont donné lieu à la fausse supposition qu'il est possible d'entendre par d'autres nerfs que par le nerf auditif.

C. — De l'oreille interne.

Elle se compose du limaçon, des canaux semi-circulaires et du vestibule, et de l'eau du labyrinthe.

Du rôle de l'eau du labyrinthe. — Parmi les dispositions acoustiques du labyrinthe, il en est une qui ne manque jamais, je veux

parler de l'eau du labyrinthe. Dans tous les cas, en effet, les vibrations sont converties en vibrations de l'eau avant de rencontrer les nerfs auditifs. Le résultat de la mise en action de l'appareil auditif est une communication des plus complètes des ondes d'ébranlement aux tubes nerveux. Ceux-ci étant, comme tous les nerfs, mous et pénétrés d'eau, la transmission des ondes impulsives de parties solides à ces organes nous serait déjà en partie une réduction à des vibrations d'eau. Mais indépendamment de la mollesse dont les nerfs sont redevables à l'eau qui les imbibe, les interstices de leurs fibres, de même que tous ceux des parties molles, sont remplis de liquide, de sang ou de liquide du tissu cellulaire. Quand la propagation des ondes d'impulsion a lieu de l'eau du labyrinthe aux fibres du nerf auditif, le milieu de la plus prochaine transmission est homogène avec celui qui occupe toutes les porosités et tous les interstices du nerf lui-même. Il suit de là que la vibration des particules de ce dernier est beaucoup plus homogène qu'elle ne le serait si ses surfaces se trouvaient seulement en contact avec des parties solides: car alors celles de ces molécules qui toucheraient à des parties solides auraient une autre contiguité que celles qui seraient placées plus avant dans l'intérieur même du nerf, et par cela même éloignées de la surface mise en rapport immédiat avec les parties solides.

Les *aqueducs* ne doivent occuper aucune place dans la physiologie de l'ouïe. Ils ne contiennent ni canaux membraneux, ni liquides, ni même aucun tronc veineux; ce ne sont que de simples communications entre le périoste et la dure-mère d'une part, le périoste interne du labyrinthe de l'autre.

Vestibule. — *Canaux semi-circulaires.* — D'après Scarpa, les canaux semi-circulaires auraient pour usage de recueillir les ondes des os de la tête. Quand il s'agit de canaux, il faut considérer trois choses: 1° l'aptitude de leur contenu à résonner; 2° la propagation condensée dans leur intérieur; 3° la résonnance de leurs parois.

1° En ce qui concerne la résonnance du contenu d'un tuyau, il faut lui refuser toute importance, puisque l'eau étant limitrophe à des corps solides, ne possède vraisemblablement point en soi de résonnement notable provenant de la réflexion des vagues par des limites. Elle paraît également apte à rassembler les ondes sonores des corps solides.

2° Il résulte des expériences de Mueller qu'avec les canaux semi-circulaires on doit compter sur quelque peu d'intensité de plus de la transmission du son dans la direction de leur courbure, mais que cette propagation non affaiblie n'est pas à beaucoup près aussi

parfaite dans des tuyaux remplis d'air. Une condensation, mais très légère seulement, résulte de ce qu'une même onde qui pénètre dans le vestibule par la branche de son canal, rebrousse chemin par la branche opposée avec une partie de son impulsion. T. Young a fait le calcul. Si l'impulsion arrive non par les fenêtres, mais par les os de la tête, comme chez les poissons, et en partie aussi chez nous, ce degré de condensation par les canaux semi-circulaires aura lieu aussi.

3° Enfin, il faut encore avoir égard dans les canaux semi-circulaires à la résonnance des os de la tête par les vibrations de l'eau du labyrinthe; car, au voisinage de parois solides plongées dans l'eau et auxquelles les ondes sonores sont communiquées, celles-ci sont toujours plus fortes qu'elles ne le sont, toutes choses égales d'ailleurs, dans le reste de l'eau. Il va sans dire que le conducteur ne doit pas toucher les parois elles-mêmes. Quand deux parois qui résonnent dans l'eau sont rapprochées l'une de l'autre, les ondes du liquide entre elles ont naturellement plus de force encore. Les expériences faites par Mueller le prouvent suffisamment.

Si maintenant on admet que les canaux *semi-circulaires membraneux* sont en état de rassembler la résonnance des os de la tête dans l'eau et de mieux conduire dans la direction de leur aqueduc que dans celle de l'ébranlement, le renforcement profitera aux ampoules et aux sinus communs où le nerf s'épanouit. Cet effet doit devenir beaucoup plus fort encore en raison du contact plus intime des canaux membraneux avec les canaux solides. Mais un fait important pour la physiologie de l'ouïe nous conduit aussi à assigner aux canaux semi-circulaires membraneux un concours indépendant des parties solides qui les entourent, et le fait est que les canaux semi-circulaires de la lamproie ne sont nullement isolés par des parties solides enveloppantes, qu'ils sont situés dans la même capsule solide que sinus commun.

Les *pierres auditives* contenues dans le labyrinthe des poissons et des reptiles ichthyomorphes, et la bouillie cristalline qu'on trouve dans celui des autres animaux, devraient fortifier le son par résonnance, même quand ces corps ne toucheraient pas les membranes sur lesquelles les nerfs s'épanouissent. Mais ces corps touchent les parties membraneuses du labyrinthe; les parties membraneuses et le nerf reçoivent donc de ces parties solides, et en raison de l'étendue des points de contact, des ondes impulsives qui ont plus d'intensité que celles de l'eau; car lorsqu'on plonge la main seule dans l'eau, on ne sent point les vibrations que celle-ci éprouve en conduisant le son, tandis qu'on les perçoit quand on tient un morceau de bois à la main.

Limaçon. — En étudiant l'acoustique du labyrinthe, il faut avoir égard à la direction que suit la propagation de l'ébranlement et des ondes dans l'eau et dans les parties solides de cette région de l'oreille. Les recherches de Savart sur la transmission des ondes impulsives de corps solides à l'eau, et de l'eau à des corps solides, peuvent être appliquées ici. Cette transmission paraît s'accomplir de la même manière absolument que dans d'autres milieux. En se basant sur les expériences de Savart, on peut dire que, dans quelque direction que des ondes sonores soient communiquées, à la columelle, ou à la lame spirale elle-même, la direction de l'ébranlement demeurera constamment la même, soit que l'impulsion ait été transmise des os de la tête à la columelle ou aux parois du limaçon, et de celles-ci à la lame spirale, soit qu'elle l'ait été de l'une de ces parties à l'eau du labyrinthe. Quant à ce qui concerne les vibrations partant de l'eau du labyrinthe, la fenêtre ovale est dirigée de manière qu'une ligne perpendiculaire tirée sur son champ marche presque parallèlement à la columelle du limaçon; d'où il suit que les ébranlements qui partent de cette fenêtre excitent vraisemblablement, dans les parties solides du limaçon, des secousses ayant la même direction que la columelle, c'est-à-dire que ce sera la lame spirale qui aura le plus de facilité à vibrer, dans toute son étendue, suivant une direction presque perpendiculaire à sa surface.

Nous venons de considérer les diverses parties du limaçon comme affectées simultanément par l'ébranlement. Il reste maintenant à savoir s'il ne pourrait pas aussi s'opérer une transmission successive de l'ébranlement le long des spires du limaçon, c'est-à-dire depuis le vestibule ou la fenêtre ronde jusque dans la cupule, de manière ou que l'eau la propageât successivement par les rampes, ou que cette succession eût lieu le long de la spirale.

La lame spirale du limaçon doit être considérée comme une plaque portant des fibres épanouies, sur laquelle toutes les fibres du nerf reçoivent presque simultanément l'onde sonore, et atteignent simultanément leur maximum de condensation, puis leur maximum de raréfaction. D'après cette théorie, il serait, en général, à peu près indifférent que les fibres nerveuses s'épanouissent sur plusieurs lames circulaires, disposées autour de la columelle ou même sur une plaque contournée en hélice. Cette dernière forme présente l'avantage que toutes les parties de la plaque font corps ensemble et se communiquent avec plus de facilité leurs ébranlements. Les tours du limaçon ont en même temps un autre avantage, celui de réaliser, sous le plus petit espace possible, la