

rale de la portion cartilagineuse de la trompe (*m*), et le plancher de celle-ci (*b*).

Le crochet formé par le cartilage laisse en-dessous de lui un espace variable, dans les diverses portions de la trompe. Sur des coupes de préparations durcies, on trouve dans les parties supérieures, voisines de la trompe osseuse, sous le crochet, un petit espace dont les parois ne se touchent pas. Dans la portion moyenne, les parois sont complètement en contact, et ne se séparent de nouveau un peu l'une de l'autre que dans le voisinage de l'ouverture pharyngienne. Sur de nombreuses coupes de la trompe cartilagineuse, j'ai pu constater la justesse des indications à cet égard de v. TRÖLTSCH « Beiträge zur vergleichenden Anat. der Ohrtrompete, » *Arch. f. Ohr.*, vol. II), et Moos (*Arch. f. Aug. u. Ohr.*, vol. I, et *Beiträge zur normalen und patholog. Anat. und Physiol. der Eust. Röhre*, Wiesbaden (1874). RUDINGER s'est également rangé à l'opinion de ces auteurs, contrairement à son affirmation antérieure, qu'en-dessous du crochet cartilagineux il y avait sur toute la longueur de la trompe cartilagineuse un espace libre, que par conséquent il y avait toujours libre communication entre la cavité pharyngienne et la cavité tympanique.

Les îlots cartilagineux, qui ont été décrits avec soin par MOOS et ZUCKERKANDL, méritent une mention spéciale. Moos les classe, suivant leur grosseur, en *microscopiques* et *macroscopiques*; suivant leur siège, en cinq classes différentes, dont les plus importantes *histologiquement* et *physiologiquement* sont celles de la base et des parois latérales: *histologiquement*, parce que les îlots consistent toujours en un cartilage fibreux; *physiologiquement*, parce qu'ils jouent le rôle de véritable cartilage sésamoïde dans le mécanisme de la trompe, par leur réunion avec la sous-muqueuse, le fascia salpingo-pharyngien et le tendon du tenseur du voile du palais.

La muqueuse de la partie membraneuse de la trompe d'Eustache présente des plis nombreux dans le segment inférieur. D'après les communications écrites, qui m'ont été faites par Moos en 1868, ces plis de la portion membraneuse forment, immédiatement derrière l'ouverture pharyngienne, un *bourrelet* qui, à l'état de repos, ferme la trompe en ce point. Le nombre de ces plis diminue graduellement vers la partie supérieure.

Revêtement de la trompe d'Eustache. — Les parois de la trompe sont recouvertes d'une muqueuse glandulaire, portant un épithélium cylindrique vibratile. Le revêtement de la trompe osseuse est lisse, solidement uni au périoste. La muqueuse qui recouvre la lame cartilagineuse est plus fortement développée, et à sa surface débouchent un grand nombre de glandes muqueuses en grappe (fig. 39 *m, d*), qui s'étendent jusqu'au voisinage du périchondre, et parfois, en particulier près de l'ouverture pharyngienne, se laissent suivre à travers les fissures du cartilage, jusque dans le tissu connectif situé en dehors de la trompe d'Eustache. On trouve ces éléments glandulaires en plus grand nombre dans le voisinage de l'ouverture pharyngienne de la trompe, tandis qu'ils sont plus rares dans la partie osseuse, surtout vers la caisse du tympan. GERLACH a trouvé en outre, dans la muqueuse de la trompe de l'enfant, des follicules dont la paroi est

formée par une substance glandulaire diffuse conglobée, et qui se présentent en grand nombre dans toute la portion cartilagineuse, depuis l'ouverture pharyngienne jusqu'au point d'attache sur la trompe osseuse. GERLACH propose pour ces follicules, par analogie avec les tonsilles du pharynx de *Luschka*, le nom de tonsilles de la trompe.

Muscles de la trompe d'Eustache. — La lumière de la trompe, dont les parois sont plus ou moins intimement en contact l'une avec l'autre, s'élargit momentanément sous l'action d'un appareil musculaire. La conformation à l'état de repos s'oppose à la libre entrée de l'air du pharynx dans la caisse, de sorte que, si le repos se prolonge, il en résulte, dans la pression de l'air de la caisse, des modifications qui altèrent les rapports de tension de la membrane tympanique et des osselets. L'élargissement momentané de la trompe permet un échange d'air important entre les cavités tympanique et pharyngienne, et le rétablissement de l'équilibre entre la pression extérieure et celle de la caisse. Les muscles de la trompe, qui, comme v. TRÖLTSCH le remarque justement, étaient auparavant regardés comme des muscles du voile du palais, sans que l'on tînt compte de leurs relations importantes avec la trompe d'Eustache, sont le releveur et le tenseur du voile du palais.

Le premier de ces muscles, le *releveur du voile du palais* (péto-salpingo-staphylin) prend naissance à la face inférieure du rocher, en avant du canal carotidien. Le renflement arrondi du muscle court parallèlement à la direction de la trompe d'Eustache, se soude en partie à la membrane qui en forme le plancher (fig. 39 *l*), en partie à son cartilage, et se termine en éventail dans le voile du palais. Il ne sort pas de la trompe, comme on l'admettait antérieurement pour une partie de ses fibres, mais il y adhère seulement par une petite couche de tissu connectif. L'action du releveur du voile du palais ne se borne pas à ce dernier, mais dans chacune de ses contractions, le plancher de la trompe est soulevé par le renflement du muscle, ce qui diminue la résistance du canal dont la fente devient plus courte et plus large.

Le *tenseur du voile du palais* (sphéno-salpingo-staphylin ou circonflexe-palatin) prend naissance à la face inférieure du sphénoïde; mais un grand nombre de ses faisceaux proviennent de la paroi cartilagineuse latérale, en forme de crochet (fig. 39 *l*), et de la portion membraneuse de la trompe. Le corps aplati du muscle, dirigé en bas, s'applique étroitement sur la paroi latérale et y adhère assez fortement. La direction des fibres du ventre du muscle, dont le tendon s'enroule autour du crochet ptérygoïdien et rayonne dans le prolongement fibreux de la voûte du palais (HENLE), forme un angle aigu avec la direction de la portion cartilagineuse de la trompe. Le tendon du muscle adhère si fortement au crochet ptérygoïdien, que la contraction du muscle se fait sentir dans la trompe plus que dans le voile du palais. Par suite de cette contraction le bord cartilagineux se déroule un peu, la partie membraneuse de la trompe s'écarte de la partie cartilagineuse, et la lumière du conduit devient ouverte. v. TRÖLTSCH, qui a le premier appelé l'attention sur l'importance des relations anatomiques de ce muscle pour le fonctionnement physiologique de la trompe¹, propose le nom d'abducteur ou dilatateur de la trompe, à la place de tenseur du voile du palais employé jusqu'ici.

C. — APOPHYSE MASTOÏDE

L'espace intratympanique est notablement augmenté en arrière, par les cavités cellulaires pneumatiques de l'apophyse mastoïde. Chez le nouveau-né, celle-ci consiste en un tissu osseux spongieux, cellulaire, entourant un

¹ « Beiträge zur anatom. und physiol. Würdigung der Tuben- und Gaumen-Muskulatur, » *Arch. f. Ohr.* Vol. I.

espace creux de 4 à 5 m^2/m , en communication avec la caisse, et qui sera plus tard l'antre mastoïdien. Le développement de l'apophyse mastoïde n'est

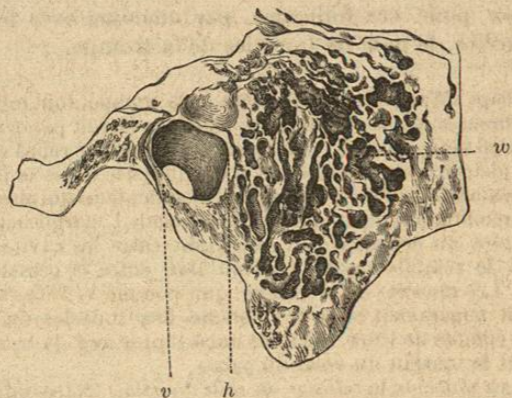


FIG. 40. — Coupe verticale (sagittale) de l'apophyse mastoïde et du conduit auditif osseux. w, cellules mastoïdiennes. — h, paroi postérieure du conduit auditif osseux. — v, paroi antérieure du conduit auditif osseux.

complet qu'à l'époque de la puberté, et les anatomistes distinguent deux parties dans l'os achevé : la partie dite *horizontale* (antre mastoïdien), cavité assez grande, placée sous le toit de l'apophyse mastoïde, et dans laquelle on pénètre directement par une ouverture de la paroi postérieure de la caisse ; et la partie cellulaire ou *verticale* de l'apophyse mastoïde. Les cavités cellulaires, voisines de l'antre mastoïdien, sont formées par des lamelles osseuses se croisant en sens divers (fig. 40) ; leur nombre et leur grandeur sont extrêmement variables ; elles sont reliées entre elles et avec l'antre mastoïdien. Les parois des cavités sont revêtues d'une membrane délicate, prolongement du revêtement de la caisse, qui se confond avec le périoste et porte un épithélium aplati, non vibratile. Dans l'antre mastoïdien, ainsi que dans les plus grandes cavités cellulaires, on trouve fréquemment tendus des membranes et des cordons de tissu connectif, dans lesquels il n'est pas rare de trouver les formations pédonculées que j'ai décrites plus haut (pag. 43, fig. 35).



FIG. 41. — Coupe horizontale du conduit auditif externe et de la caisse.

v, paroi antérieure du conduit auditif. h, paroi postérieure du conduit auditif. — z, cellules de l'apophyse mastoïde. — g, conduit auditif. — T, membrane tympanique. — t, caisse du tympan. — s, fosse sigmoïde. (Oreille droite.)

Pour ce qui regarde la situation des cellules mastoïdiennes et leurs rapports avec les parties voisines de l'organe auditif et de la cavité crânienne, les espaces

cellulaires de l'apophyse mastoïde sont placés derrière la caisse, et, pour la plus grande partie, derrière le conduit auditif osseux, dont la paroi postérieure les limite en avant (fig. 41). (Voir structure du conduit auditif osseux, pag. 41). L'apophyse mastoïde est ainsi bornée, en avant par le conduit auditif osseux, la cavité tympanique et les espaces cellulaires qui entourent les canaux demi-circulaires ; sa paroi externe est formée par la lame osseuse convexe que l'on sent derrière le pavillon de l'oreille (fig. 41) et dont l'étendue superficielle et l'épaisseur sont très variables¹ ; en arrière les cavités pneumatiques touchent aux cellules diploïques, qui appartiennent également à la partie mastoïdienne du temporal ; rarement les espaces pneumatiques s'étendent au delà des limites du temporal, jusque dans l'occipital (occipital pneumatic, HYRTL). A la base de l'apophyse mastoïde, se terminant par un angle obtus, on trouve la cavité plus ou moins prononcée, destinée à l'attaché du muscle digastrique ; le toit est formé par la lame osseuse qui constitue la face supérieure de la pyramide du rocher, le toit de la caisse et une partie de la paroi supérieure du conduit auditif osseux.

La limite interne de l'apophyse mastoïde présente pour nous un intérêt particulier. Sur la lame osseuse, qui recouvre les cellules mastoïdiennes du côté de la cavité crânienne, se trouve la fosse sigmoïde, plus ou moins large et profonde, qui contient le sinus transverse. Elle commence à la protubérance croisée interne de l'occipital, traverse la face interne et aboutit au trou déchiré postérieur (lacerum posticum), puis s'élève par un coude brusque vers la paroi inférieure de la pyramide, où elle forme la cavité osseuse déjà décrite pour le renflement de la veine jugulaire. La lame osseuse, qui sépare les cellules mastoïdiennes du sinus veineux, est parfois assez forte, mais parfois aussi elle est très mince et même çà et là déhiscente², de sorte que la paroi veineuse et le revêtement des cellules de l'apophyse mastoïde viennent en contact immédiat.

Les rapports qui viennent d'être indiqués, entre l'apophyse mastoïde et le sinus transverse, ont d'autant plus d'importance, que, dans les affections purulentes de l'apophyse mastoïde, qui amènent la carie de l'os, la destruction atteint parfois la fosse sigmoïde et produit une phlébite consécutive, et généralement une issue fatale, par suite de thrombose, de pyémie et d'embolie des organes vitaux.

Depuis que, dans ces derniers temps, les indications pour les opérations de l'apophyse mastoïde ont été augmentées par v. TRÖLTSCH, FORGET, MEYER, SCHWARTZE, EISEL, JACOBY, ROOSA et BUCH, on a nécessairement porté une plus grande attention sur ses relations anatomiques. Les travaux d'ALBERT BUCK,

¹ Des déhiscences de l'écorce osseuse externe de l'apophyse mastoïde n'ont été jusqu'ici que rarement observées ; elles ont d'autant plus d'importance, qu'en comprimant l'air fortement dans l'oreille moyenne, la peau peut être soulevée en forme d'ampoule aux endroits déhiscents (SCHWARTZE, communication faite dans la section des maladies d'oreilles à Hambourg, 1876) ; parfois même il y a déchirement du tissu connectif sous-cutané et formation d'emphysèmes étendus de la peau. (SCHMIDT, dissertation inaugurale : *Ueber emphysematöse Geschwülste am Schädel*. Würzburg, 1871 et WERNER, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, vol. III.)

² Dans ma collection se trouve une préparation qui a été décrite par Arthur Hartmann, et sur laquelle on voit une déhiscence de 6 à 7 m^2/m à la face externe du crâne, derrière le conduit auditif externe ; cette déhiscence conduit directement dans la fosse sigmoïde.

BEZOLD, et ARTHUR HARTMANN ont fourni des résultats importants sur ce sujet. HARTMANN, en particulier, a cherché, par l'examen de 100 organes auditifs, à déterminer les rapports de l'antre mastoïdien avec la partie de l'écorce osseuse externe où doit se faire l'ouverture, ainsi que la situation de cette partie par rapport à la fosse sigmoïde et la cavité moyenne du crâne; il a trouvé que sur cent préparations, par suite de la position variable de la fosse sigmoïde, qui est parfois fortement projetée en avant, et de l'abaissement plus grand de la cavité moyenne du crâne, l'opération de l'apophyse mastoïde, aurait atteint deux fois le sinus transverse et huit fois la cavité moyenne. On devra donc toujours, dans l'ouverture opératoire de l'antre mastoïdien, avoir ces rapports présents à l'esprit.

PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL DE TRANSMISSION DU SON

A. — PAVILLON

Le pavillon a, pour la fonction de l'organe auditif de l'homme, une importance moindre que ne l'admettaient les anciens auteurs. On a supposé que chacune des cavités de la face antérieure du pavillon, ainsi que la grandeur de l'angle d'attache sur la face latérale de la tête, jouaient un rôle important dans la réflexion du son. D'autre part, on a regardé le pavillon comme un appareil accessoire, dont la fonction n'avait pas à entrer en compte dans la transmission du son à la membrane tympanique. On s'appuyait ici sur ce fait, que les individus qui ont perdu le pavillon par congélation ou lésion mécanique, n'éprouvent pas d'altération notable de l'ouïe.

Mais il est hors de doute que le pavillon prend une part importante à la transmission du son à la membrane du tympan, bien que cette part ne soit pas aussi grande chez l'homme que chez certains animaux. Parmi les cavités que présente la face antérieure, c'est surtout la conque, ce grand enfoncement du pavillon décrit précédemment, qui recueille une partie des ondes sonores arrivant à l'oreille et les réfléchit dans le conduit auditif. SCHNEIDER a déjà montré, qu'en remplissant cette cavité avec de la cire, il y a diminution de l'audition. Dans les recherches que j'ai faites, pour déterminer l'influence du pavillon sur la réflexion du son, j'ai opéré sur des individus durs d'oreilles, parce que, chez eux, la distance d'audition pour une source sonore constante est bien plus nettement limitée que chez les personnes ayant de bonnes oreilles. Si donc, ayant placé la tête du malade dans une position fixe, on détermine la distance de l'ouïe pour une sonnerie (métronome), et que l'on place celle-ci un peu en dedans des limites de l'audition, le son s'éteint aussitôt pour le patient, quand on recouvre la conque avec un morceau de papier fort. Dans cette expérience, il faut laisser libre l'ouverture externe de l'oreille. Si l'on recouvre les autres cavités du pavillon, il n'en résulte aucune modification pour la distance de l'ouïe.

Que la grandeur du pavillon et de son angle d'attache ait de l'influence sur la réflexion du son dans le conduit auditif, c'est ce qui résulte de ce fait, que les personnes ayant de bonnes oreilles, aussi bien que celles qui ont l'oreille dure, entendent mieux et plus distinctement, en appuyant sur la face postérieure du pavillon, de façon à le ramener en avant, ou en agrandissant sa surface à l'aide du creux de la main. La perte du pavillon n'entraîne pas, il est vrai, la dureté de l'ouïe, mais le son n'est plus perçu d'une façon aussi pleine et aussi nette qu'auparavant.

D'après mes recherches personnelles, je suis conduit à attribuer au tragus une grande importance pour la réflexion des ondes sonores qui atteignent le pavillon. Il forme, devant l'ouverture externe de l'oreille et un peu au-dessus d'elle, une saillie valvulaire, dirigée en arrière, d'où résulte, en face de la conque et de l'ouverture externe de l'oreille, un espace important. Les ondes sonores réfléchies par le pavillon (par la conque), arrivent dans cet espace, puis sont renvoyées dans l'orifice externe de l'oreille.

On peut se convaincre de l'importance de cette cavité formée par le tragus, en

modifiant de la manière suivante l'expérience indiquée ci-dessus : on remplit la cavité de coton imbibé de graisse, le son du métronome est aussitôt affaibli ou complètement supprimé. Au contraire, le son est renforcé, si on augmente la surface du tragus, en plaçant derrière une petite lame résistante.

Il est donc hors de doute que le pavillon, par réflexion des ondes sonores dans le conduit auditif externe, contribue d'une façon notable à rendre plus intenses les sensations auditives¹.

Les muscles qui s'insèrent au cartilage de l'oreille n'ont, chez l'homme, qu'une influence d'ordre infime sur la position du pavillon pendant l'audition. Par contre, j'ai observé assez souvent, sur des personnes atteintes de maladie d'oreilles, pendant l'épreuve de l'audition, des mouvements réflexes, indépendants de la volonté du malade; ces mouvements affectaient tantôt certaines parties du pavillon, tantôt le pavillon tout entier.

B. — PROPAGATION DU SON DANS LE CONDUIT AUDITIF EXTERNE

Les ondes sonores, qui pénètrent dans la colonne d'air du conduit auditif externe, subissent une réflexion multiple, par suite des diverses courbures du méat. Il en est ainsi pour les ondes réfléchies par le pavillon et pour celles qui tombent perpendiculairement sur les parois du conduit. Mais d'autres arrivent aussi directement sur la membrane tympanique.

Nous devons noter comme particulièrement importantes, pour la réflexion du son, deux places du conduit auditif externe. La première est l'excavation allongée de la paroi postérieure du conduit cartilagineux, partant de l'ouverture externe de l'oreille et allant sur la paroi postéro-supérieure jusqu'au milieu du méat. Elle est placée en face de l'excavation formée par le tragus, recueille les ondes sonores renvoyées par celle-ci, et les réfléchit à son tour vers la paroi antéro-inférieure du conduit osseux.

Là nous trouvons la concavité déjà décrite (pag. 10), qui se trouve dans la portion interne de la paroi antéro-inférieure du conduit osseux, et en-dessous de la membrane du tympan. Elle présente une courbure à peu près parabolique, et les ondes sonores, réunies en ce point, atteignent d'autant plus fortement la membrane, que celle-ci est située en face de l'excavation.

Mais on sait que le son perd de son intensité, en se réfléchissant plusieurs fois, de sorte qu'une partie des ondes est éteinte par les parois du conduit auditif. Il est donc probable que le son qui pénètre dans l'oreille, n'arrive sur la membrane tympanique qu'avec un léger affaiblissement.

La largeur du conduit auditif n'a que peu d'influence sur l'intensité de la perception; on peut s'en convaincre en enfonçant, après avoir mesuré exactement la distance de l'audition pour le tic-tac, d'une montre, une boule de cire jusqu'au milieu du conduit, de manière à en réduire la lumière à une petite fente. La distance de l'audition est peu altérée, et la force du tic-tac à peine modifiée d'une façon appréciable. Il n'est pas rare de trouver aussi, chez des personnes entendant normalement, un bouchon cérumineux occupant le milieu du conduit auditif, sans la moindre altération de la fonction. Il suffit qu'il y ait un espace à peine visible, entre le bouchon et le conduit, pour permettre le passage des ondes sonores vers la membrane du tympan.

¹ KUPPER *Arch. f. Ohr.*, vol. VIII, et MACH *ibid.*, vol. IX, refusent complètement au pavillon la faculté de recueillir les sons et de les réfléchir dans le conduit auditif.

C. — TRANSMISSION DU SON PAR LA MEMBRANE TYMPANIQUE ET LES OSSELETS DE L'OUÏE

UTILISATION DES RÉSULTATS POUR LA PATHOLOGIE DE L'ORGANE AUDITIF

Les ondes sonores qui se propagent dans le conduit auditif, mettent en vibration la membrane du tympan, tendue à son extrémité. Cette petite membrane est douée de capacités si extraordinaires, pour la réception et la transmission du son, que c'est à peine si nous en observons de semblables sur des membranes artificielles.

Si nous tendons une membrane artificielle sur un anneau, elle rend sous le choc un son qui varie avec le degré de tension, et qu'on nomme le son propre de la membrane¹. Une pareille membrane vibrera le plus fortement, si un son produit dans son voisinage correspond à sa note propre; les vibrations sont encore vives pour des notes voisines de celle de la membrane, mais elles diminuent de plus en plus, à mesure que la note s'éloigne de cette dernière.

Au contraire, notre membrane tympanique possède la propriété de transmettre des sons de durées vibratoires les plus diverses, non seulement successivement, mais simultanément, et au même degré pour notre perception. Elle ne doit cependant pas être regardée comme une membrane élastique; c'est plutôt, grâce à l'arrangement anatomique de ses fibres, une membrane résistante, de faible élasticité; propriété importante, car les vibrations secondaires, qui troubleraient la netteté de la perception, sont ainsi écartées. Antérieurement, on a cherché la cause de cette qualité remarquable dans les différences d'épaisseur des diverses parties de la membrane, lui permettant d'être mise en vibrations simultanément par des sons divers. On regardait, en outre, la différence de tension des portions antérieure et postérieure, due à la traction du manche du marteau, comme une cause de cette faculté vibratoire éminente; on pensait que le segment antérieur servait à transmettre surtout les sons élevés, tandis que la portion postérieure de la membrane donnait passage de préférence aux notes basses.

Mais la théorie d'HELMHOLTZ a pris, vis-à-vis de ces explications, une importance considérable pour la solution de cette question. HELMHOLTZ² a démontré mathématiquement et expérimentalement, que la résonance des membranes courbes est incomparablement plus grande que celle des membranes planes. Il transmettait les sons, produits par une corde tendue, à l'aide d'une tige de bois, à une membrane courbe tendue sur un cylindre de verre; il a trouvé que la résonance de celle-ci s'étendait à une grande partie de la gamme, et que, pour les notes basses et élevées, obtenues en allongeant ou raccourcissant la corde, la membrane courbe était toujours

¹ Les membranes ne possèdent pas une note propre bien définie, comme celle des cordes tendues.

² « Le mécanisme des osselets de l'ouïe et de la membrane tympanique, » PFLÜGERS *Archiv.*, Vol. I.

mise en vibrations intenses. MACH et KESSEL¹ ont observé, au moyen de la méthode stroboscopique, les mouvements de la membrane tympanique en vibration. Ils ont trouvé que, pendant la phase de condensation de l'onde sonore, une ride annulaire va de l'ombilic à la périphérie de la membrane, et revient, dans la phase de dilatation, de la périphérie à l'ombilic. Ils ont observé en outre que, sur le vivant, les excursions du segment postérieur sont beaucoup plus grandes que celles des autres parties de la membrane.

On sait que la membrane du tympan, bombée en dedans en forme d'entonnoir, est en même temps, de l'ombilic à la périphérie, bombée en sens inverse vers le conduit auditif (page 20). Les fibres radiées, tendues de la périphérie au manche du marteau, présentent ainsi un système de cordes raides, pour lesquelles le manche du marteau joue le rôle d'un chevalet mobile. Par leur courbure arquée en dehors, les fibres radiées offrent, d'après HELMHOLTZ, une prise favorable aux ondes sonores incidentes. Ce savant a montré, en outre, que, pour une excursion relativement étendue de la membrane tympanique, il n'y a qu'un léger déplacement de la pointe du manche du marteau, et qu'inversement, de légers déplacements du manche du marteau provoquent une excursion relativement grande de la membrane du tympan.

Mes expériences à ce sujet² ont été faites à l'aide d'un appareil où la membrane tympanique (6^{cm}) et le marteau (5^{cm} 1/2) étaient imités sur une échelle agrandie. La caisse métallique (10^{cm} de diamètre, 16^{cm} de long.), représentant le tympan, était munie, à son extrémité postérieure perforée, d'un tube d'auscultation, qui permettait à l'expérimentateur de percevoir les modifications subies par les sons transmis à la membrane. Il se trouva que des sons de diapasons à notes hautes et basses, qui n'étaient entendus que faiblement, quand la membrane était plane, étaient aussitôt perçus plus fortement, quand elle s'incurvait par traction du marteau. Le renforcement du son était le même, que la membrane fût concave ou convexe du côté d'où venait le son.

Par suite de l'obliquité de la membrane sur l'axe du conduit auditif, elle offre, d'après FICK, une prise moins favorable aux ondes incidentes, que si elle était perpendiculaire à l'axe du conduit. Mais comme les ondes sonores ont des surfaces sphériques, et que, d'autre part, la membrane est elle-même incurvée, l'inclinaison de celle-ci n'a pas grande importance pour la réception du son.

Les osselets de l'ouïe forment un système de leviers sensible, qui transmet les vibrations de la membrane tympanique au labyrinthe. On trouve encore exprimée dans quelques ouvrages l'opinion que le son qui tombe sur la membrane du tympan, n'est transmis au labyrinthe que dans une légère mesure par la chaîne des osselets, et qu'il passe surtout par l'air de la caisse, pour aller à la fenêtre

¹ « Beiträge zur Topographie und Mechanik des Mittelohres. » *Wiener acad. Sitzungsberichte*, avril 1874.

² « Zur physiologischen Acustik und deren Anwendung auf die Pathologie des Gehörorgans. » *Arch. f. Ohr.*, Vol. VI.

ronde. D'autre part, les physiologistes admettant que la transmission du son a lieu surtout par la chaîne des osselets ne sont pas d'accord sur le point de savoir, s'il y a seulement déplacement relatif des molécules des osselets, les unes par rapport aux autres, ou si les diverses portions de la chaîne : marteau, enclume et étrier vibrent, comme masses totales, sous une amplitude notable.

J'ai le premier donné la preuve expérimentale que les osselets de l'ouïe sont mis en vibrations d'amplitude notable, comme masses totales, par les ondes sonores qui atteignent la membrane tympanique.

Après avoir enlevé le toit de la caisse et la paroi interne du labyrinthe, des fils de verre fins, de 10 à 12 cent. de long, à la pointe desquels étaient collées des barbules de plume, furent fixés successivement au marteau, à l'enclume et à la base de l'étrier, avec du mastie, et les sons de tuyaux d'orgue de diverses hauteurs envoyés à la membrane du tympan par le conduit auditif externe.

Les vibrations des osselets sont fortement amplifiées à la pointe des fils de verre, et deviennent nettement visibles à l'œil nu. Mais elles sont surtout mises en évidence, si l'on fait enregistrer les vibrations par les osselets eux-mêmes. On se sert pour cela d'un tambour mobile autour de son axe et se déplaçant, en outre, parallèlement à cet axe; le tambour, en laiton, recouvert de papier, est noirci à la flamme d'une lampe à essence. On met en contact la barbule fixée au fil de verre avec la face noircie du cylindre, et il en résulte, sur cette surface, des lignes ondulées régulières.

Les expériences ont été faites avec des sons simples et des sons combinés. Avec les sons simples, les lignes d'onde sont régulières (fig. 42, 1); avec les sons combinés, au contraire, par suite de l'interférence des ondes, il y a sur le dessin des lignes droites à retours réguliers, entre les lignes ondulées (fig. 42, 2). Le dessin d'interférence le plus régulier se produisait, quand on faisait parler à la fois deux tuyaux d'orgue, dont l'une des notes était l'octave de l'autre; dans chacune des sinuosités plus prononcées de l'onde de la note basse, on voit la sinuosité plus petite, correspondant à l'octave supérieure (fig. 42, 3).

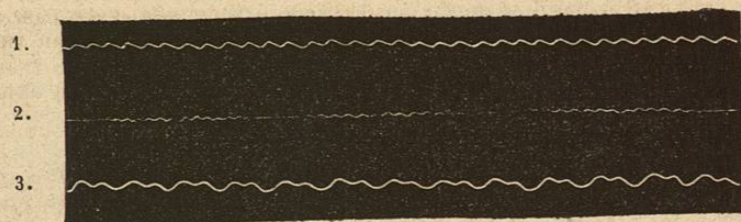


FIG. 42. — Courbes de vibration des osselets, enregistrées automatiquement.

Les relations entre les vibrations des divers osselets dépendent surtout du mécanisme de leurs articulations. Dès 1862, j'ai trouvé par l'expérience (*Wiener Med. Wochenschr.*, nos 13 et 14) « que l'on voit, à chaque compression de l'air dans la caisse, une forte excursion de la membrane tympanique et du manche du marteau vers le conduit auditif, et un déplacement notable des surfaces de l'articulation du marteau et de l'enclume, tandis que les excursions de la longue apophyse de l'enclume sont très faibles. » Par là semble indiqué clairement le mécanisme de l'articulation du marteau et de l'enclume, décrit récemment par HELMHOLTZ. Il compare, comme il a été dit, l'articulation du marteau et de l'enclume au méca-

nisme du système d'arrêt de l'intérieur d'une clef de montre. Dans l'excursion en dedans, la dent d'arrêt du marteau emboîte exactement celle du corps de l'enclume, et celle-ci est obligée de suivre le mouvement du marteau. Au contraire, dans le mouvement en dehors, la dent d'arrêt du marteau abandonne celle du corps de l'enclume, qui ne suit que légèrement le marteau en dehors.

Les rapports entre les excursions des divers osselets se reconnaissent par la méthode que j'ai donnée, en fixant des fils de verre d'égale longueur au marteau, à l'enclume et à l'étrier, et en faisant mouvoir la membrane tympanique, par la compression et la raréfaction de l'air dans le conduit auditif externe. On trouve ainsi, que le fil de verre du marteau exécute des excursions beaucoup plus grandes que celui de l'enclume, et que les excursions du fil fixé à l'étrier sont les plus petites. Par cette méthode, j'ai démontré¹, que les axes des osselets ne sont pas fixes, mais mobiles, et j'ai indiqué en même temps que, dans la transmission des ondes sonores de la membrane du tympan au labyrinthe, les vibrations du marteau sont plus étendues que celles de l'enclume, et ces dernières, à leur tour, plus grandes que celles de l'étrier.

Ces indications ont été confirmées par Schmiedekam². Plus tard, le Dr BUCK, de New-York, s'est servi d'une autre méthode, pour mettre en évidence les vibrations des osselets de l'ouïe. Cette méthode est déduite de celle de LISSAJOUS pour l'étude des vibrations des corps par la voie optique³. BUCK fixa sur les osselets des corpuscules amylicés, et examina les vibrations, à l'aide d'un microscope muni d'un micromètre. Le corpuscule amylicé, fixé sous le microscope, apparaît, à l'état de repos, sous forme d'un point blanchâtre, mais, quand la membrane tympanique et les osselets sont en vibration, il décrit une ligne, dont la longueur pour les différents osselets peut être mesurée à l'aide du micromètre. Par ce moyen, qui a l'avantage de ne pas surcharger les osselets pendant l'expérience, BUCK a prouvé que les vibrations du marteau sont le double de celles de l'enclume, et le quadruple de celles de l'étrier. Les plus grandes valeurs des excursions de l'étrier sont, d'après HELMHOLTZ, de $1/18$ à $1/14$ de m/m . Mais ces valeurs correspondent aux mouvements étendus des osselets, obtenus par la compression et la raréfaction alternatives de l'air dans le conduit auditif externe ou dans la caisse. Pour les vibrations sonores, au contraire, les excursions de l'étrier sont excessivement faibles, et RIEMANN remarque avec raison que, pour les sons les plus faibles, encore nettement

¹ *Wochenblatt der Gesellschaft der Aerzte*, n° 8, 1868.

² *Études expérimentales sur la physiologie de l'organe auditif*. Dissertation inaugurale, Kiel, 1868.

³ MACH et KEPPEL l. c. se sont servis de la même méthode pour déterminer les axes de vibration des osselets. Ils ont trouvé que l'étrier n'a pas un mouvement de piston dans la fenêtre ovale, mais qu'il effectue un mouvement de rotation autour d'un axe situé près du bord inférieur de l'étrier, de sorte que le bord supérieur pénètre plus profondément vers le vestibule que le bord inférieur.