

perceptibles, elles doivent être si petites que, même avec les microscopes les plus forts, les vibrations de l'étrier ne peuvent être reconnues.

Le fonctionnement de l'appareil de transmission du son a été comparé par HELMHOLTZ à celui d'un levier de bras inégaux, exécutant d'un côté de grandes excursions, de l'autre des excursions plus petites. Bien que, d'après ce qui a été dit, dans la transmission des ondes par les osselets, les vibrations diminuent d'amplitude, leur intensité, si l'on comprend par là la force vive, n'est pas diminuée pour cela.

Par suite de la configuration de l'articulation du marteau et de l'enclume, l'organe auditif est protégé contre de violents ébranlements, venant à s'exercer sur la membrane du tympan. De forts ébranlements subis par la membrane, à la suite de compression brusque de la colonne d'air du conduit auditif, repoussent bien rapidement, en dedans, la membrane avec toute la chaîne des osselets; mais le choc violent, auquel serait exposé le labyrinthe, est atténué par la courbure, arquée en dehors, des fibres radiées; l'arc, tourné en dehors entre ses deux extrémités (anneau tympanique et manche du marteau), peut être raccourci jusqu'à sa corde, par la force qui agit sur sa convexité, avant que le marteau soit poussé avec violence vers l'enclume.

De même le labyrinthe, en cas de pénétration violente d'un courant d'air dans la caisse, est protégé contre des variations trop fortes de pression, parce que la membrane tympanique peut, comme nous l'avons dit, éprouver un fort déplacement en dehors, sans que l'enclume et l'étrier participent à ce mouvement, sauf pour une petite part.

Les résistances au milieu desquelles vibrent les osselets sont dues, en partie, aux ligaments articulaires, en partie, aux ligaments fibreux et aux replis de la muqueuse, qui vont des parois de la caisse aux osselets. Tout en renvoyant, à ce sujet, aux descriptions anatomiques qui précèdent, nous devons ajouter ici, que ces résistances sont de la plus grande importance pour la réception et la propagation uniformes des ondes sonores de durées vibratoires diverses (RIEMANN, HELMHOLTZ). Elles donnent aussi, à la chaîne des osselets, un degré suffisant de stabilité pour qu'il y ait une proportion convenable entre la tension de la membrane du tympan et celle des osselets de l'ouïe.

Les rapports defectueux de tension, résultant de *processus pathologiques*, entre la membrane tympanique et les osselets font naturellement obstacle à la transmission du son. Une plus forte tension de la membrane telle qu'elle résulte souvent de la raréfaction de l'air dans la caisse à la suite de l'obstruction de la trompe, entraîne avec elle une plus forte tension des osselets; il en résulte un accroissement anormal de la résistance, et un obstacle à la transmission du son vers le labyrinthe. Il se présente, en outre, des cas, où la membrane du tympan est amincie et atrophiee, soit par une surcharge prolongée d'un seul côté, soit par une formation cicatricielle étendue, et, par là, elle perd son degré normal de tension. Ici aussi, le rapport defectueux de tension, entre la membrane et les osselets, amènera une altération de la fonction. Il en est de même de ces

processus pathologiques de l'oreille moyenne, où la tension de la membrane n'est pas altérée, mais où des résistances à la transmission du son, proviennent de produits pathologiques, formés vers les articulations des osselets ou aux points de contact de ces derniers avec les parois de la caisse.

Je me suis servi du principe de LISSAJOUS, utilisé par BUCK, pour une série d'expériences, dont les résultats ont de l'importance au point de vue de l'explication des troubles fonctionnels, qui proviennent d'obstacles pathologiques à la transmission du son dans l'oreille moyenne. Un point des osselets, sous le microscope, se voit, pendant les vibrations, sous forme d'une ligne; et l'on peut conclure de la longueur de cette ligne à l'intensité des vibrations. Les résultats de ces expériences publiés en 1871 dans les *Arch. f. Ohr.*, vol. VI, sont les suivants:

1° Les notes d'un harmonium étaient conduites par un tube à la membrane tympanique d'une préparation anatomique de l'oreille; il en résulta: que, pour une même intensité des notes agissant sur la membrane, l'intensité des vibrations des osselets est moindre pour les notes basses, que pour les notes élevées qui dépassent le registre moyen; pour des notes très élevées, l'intensité des vibrations diminue de nouveau.

2° Si l'on prononce des mots dans le conduit auditif, par un tube acoustique, les osselets présentent autant d'ébranlements que le mot a de syllabes. La plus grande excursion de l'ébranlement correspond à la voyelle de la syllabe.

3° Si on surcharge certaines parties de la membrane du tympan par une boulette de cire ou une petite baguette, l'intensité des vibrations des osselets ne diminue qu'à un faible degré; mais si l'on place cette charge sur le marteau ou sur un autre osselet, si, par conséquent, on crée un obstacle analogue à celui qui résulte de l'exsudat et des adhésions dans les maladies de l'oreille moyenne, l'excursion vibratoire est *fortement* diminuée.

4° Si, pendant que les osselets sont ainsi chargés, on fait agir, sur la membrane tympanique, des notes basses et des notes élevées, on observe une vibration relativement plus forte pour les notes élevées que pour les notes basses. De même, les ébranlements provoqués par la prononciation des mots dans le tube, sont notablement moindres que pour les notes musicales.

*Ces résultats concordent avec les altérations de l'ouïe observées sur les malades. Des modifications de la membrane tympanique, telles que cicatrices, dépôts calcaires, perforations, altèrent moins la faculté auditive que des produits pathologiques (adhésions, ankyloses), qui gênent les vibrations des osselets. On trouve aussi qu'en pareil cas les notes élevées sont généralement mieux entendues que les notes basses, et que la perception du langage est plus altérée que l'audition des notes musicales.*

5° Si l'on détruit artificiellement la membrane, les vibrations du marteau deviennent plus faibles; mais en mettant la plaque de caoutchouc d'une membrane artificielle en contact avec le manche du marteau, les vibrations redeviennent plus fortes.

6° Les sons aigus de l'oreille, observés par HELMHOLTZ dans les cas de forts ébranlements ne sont pas dus, à mon avis, au choc des dents d'arrêt de l'articulation du marteau et de l'enclume, mais, comme l'ont montré mes expériences, au froissement des membranes et ligaments des osselets, car ces sons peuvent être produits dans l'organe auditif, sur le cadavre, par l'action d'une note d'un tuyau d'orgue, bien que l'articulation du marteau et de l'enclume ait été ankylosée artificiellement.

D. — PHYSIOLOGIE DE LA TROMPE D'EUSTACHE

On sait qu'en faisant une violente expiration, la bouche et le nez fermés, on peut comprimer l'air dans la caisse, et repousser un peu en dehors la membrane tympanique. C'est ce qu'on appelle l'expérience de VALSALVA.

Par la compression de l'air dans la caisse, qui résulte de cette expérience, il se produit dans l'oreille une sensation de plénitude et de tintement et un léger degré de dureté de l'ouïe, particulièrement pour les sons bas.

On perçoit une sensation analogue, si, la bouche et les narines fermées, on fait un mouvement de déglutition. Dans ce dernier cas pourtant, l'air n'est pas comprimé dans la caisse (TOYNBEE), mais, comme je l'ai montré le premier, il est raréfié, une partie de l'air de la cavité pharyngienne étant avalée et la diminution de pression se transmettant, par la trompe, de l'espace pharyngien à la cavité tympanique.

Si, après avoir effectué le mouvement de déglutition, on laisse les narines libres, la sensation de tension persiste dans l'oreille ; elle ne disparaît que si l'on répète l'acte de déglutition les narines ouvertes.

L'explication est simple. Pendant l'acte de déglutition, le canal de la trompe est élargi par l'action de ses muscles, et la raréfaction de l'air qui se produit dans la cavité pharyngienne, s'étend à la caisse. Puis, immédiatement après l'acte de déglutition, les parois de la trompe se rejoignent, et l'air renfermé dans le tympan reste raréfié, pendant que la pression atmosphérique se rétablit dans le pharynx.

Par suite de la différence de pression de l'air dans la caisse et dans la cavité pharyngienne, la paroi membraneuse de la trompe est plus fortement pressée par l'air extérieur contre la paroi cartilagineuse, et la fermeture de la trompe est plus complète que dans les circonstances habituelles. Mais si l'on fait un nouveau mouvement de déglutition, le canal s'ouvre de nouveau, et la pression de l'air s'égalise entre le tympan et le pharynx.

Je suis arrivé à ces résultats par une série d'expériences, faites en 1860 au laboratoire de C. LUDWIG. Je me servais d'un petit tube de verre, de 2 à 3 mm de diamètre, introduit dans un bouchon de caoutchouc et renfermant une goutte d'un liquide coloré (manomètre auriculaire, fig. 43) ; le bouchon était fixé hermétiquement dans le conduit auditif externe. Dans l'expérience de VALSALVA, on observe l'ascension de la goutte de liquide dans le tube manométrique. — Si l'on fait, la bouche et les narines fermées, un mouvement de déglutition, il y a au début une légère ascension (oscillation positive), puis une descente marquée (oscillation négative) de la goutte de liquide dans le manomètre, parce que l'air de la caisse est raréfié et la membrane tympanique poussée en dedans. Puis la gouttelette liquide

reste à l'endroit où elle est descendue, et ne revient à sa position antérieure, que si la trompe fermée est ouverte de nouveau par un second acte de déglutition pratiqué les narines ouvertes. Quelquefois, et cela sur un seul et même individu, même pendant la respiration tranquille, on observe, dans le manomètre auriculaire, des oscillations du liquide correspondant aux mouvements de la respiration ; les oscillations sont d'autant plus grandes, que l'on fait passer l'air plus rapidement par le nez, et que l'air rencontre une plus grande résistance, par exemple par la fermeture de l'une des narines.



Fig. 43. — Manomètre auriculaire.

La preuve de l'élargissement de la trompe d'Eustache, pendant l'acte de déglutition, peut aussi être déduite d'une autre expérience simple, exécutée par moi, pour la première fois, en 1869. Si l'on tient devant les narines un diapason en vibration, on entend dans les deux oreilles un son également faible ; mais, au moment de la déglutition, le son du diapason est notablement renforcé dans les deux oreilles, les ondes sonores pénétrant librement, par les trompes ouvertes, dans les deux tympans.

On a fait remarquer déjà, dans la partie anatomique, que les surfaces muqueuses se touchent partout dans la portion moyenne de la trompe. Or cette portion de la trompe cartilagineuse, comme je l'ai constaté sur un certain nombre de préparations, est tantôt plus grande, tantôt très courte, ce qui explique que, même à l'état normal, il y ait de si grandes différences individuelles dans la résistance opposée au passage de l'air, du pharynx dans la caisse, par la trompe d'Eustache. D'après MACH et KESSEL, la fermeture de la trompe, à l'état normal, est une condition importante, pour la production de vibrations étendues de la membrane tympanique.

La question souvent discutée, de savoir si l'on peut entendre par les trompes d'Eustache, et en particulier comprendre le langage, lorsque le passage du son par le conduit auditif externe et la membrane du tympan est intercepté (VOLTOLINI, dans le soixante-cinquième volume des *Archives de Virchow*, regarde une pareille possibilité comme une fable), est résolue dans le sens positif par la simple expérience suivante. Sur une personne entendant normalement, dont les conduits auditifs sont fermés, par les doigts mouillés, suffisamment pour que le langage ne puisse plus être compris à 1 mètre de distance, l'embout d'un tube acoustique d'égale longueur est placé dans l'une des narines, et le nez est pincé par-dessus par une seconde personne. L'individu soumis à l'expérience, et qui ne peut plus comprendre la parole, l'entend nettement dès qu'on parle dans le tube acoustique. Que, dans cette expérience, certaines personnes saisissent le chuchotement, d'autres seulement la voix haute, cela tient à ce que les parois de la trompe sont tantôt plus, tantôt moins fortement en contact l'une avec l'autre. Mais on ne doit pas conclure de ce fait que la trompe soit ouverte, car on peut aussi percevoir les paroles prononcées dans un tube de caoutchouc, dont les parois adhèrent légèrement sur une partie de la longueur.

De ces recherches anatomiques et des expériences indiquées résultent les données suivantes :

1° Le canal de la trompe n'est pas constamment béant ; sa perméabilité varie individuellement ; le passage de l'air, du pharynx à la caisse, a lieu quelquefois même pendant la respiration ordinaire ; tandis que, dans d'autres cas, il faut un acte de déglutition ou un fort mouvement d'expiration, les narines ouvertes ou fermées, pour rendre le tube perméable au courant d'air <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Confirmé par MACH et KESSEL : « Die Function der Trommelhöhle und der Tuba Eustachii. » (*Wien. acad. Berichte*, 1872).

2° Le canal de la trompe se dilate surtout pendant l'acte de déglutition, par l'action de ses muscles et particulièrement de l'abducteur de la trompe (v. TRÖLTSCH)<sup>1</sup>, comme cela résulte des expériences de TOYNEE<sup>2</sup>, et des miennes rapportées ci-dessus.

3° La pression s'égalise plus facilement par le passage de l'air de la caisse au pharynx que du pharynx à la caisse.

Ces indications que j'ai données, dans leurs lignes principales, dès 1861 (l. c.), sont maintenant admises d'une manière générale.

#### E. — APPLICATION A LA PATHOLOGIE DE L'ORGANE AUDITIF

Des données physiologiques précédentes, résultent pour la pathologie de l'oreille les considérations qui suivent :

1° La perméabilité de la trompe d'Eustache est d'une grande importance pour la fonction de l'organe auditif. Si le passage est supprimé par le gonflement du revêtement muqueux, ou l'accumulation d'exsudat, on voit bientôt se produire les suites de l'interruption de communication entre l'atmosphère et la caisse. La raréfaction de l'air, qui résulte de son emprisonnement dans la caisse, détermine dans celle-ci l'engorgement des vaisseaux et l'exsudation ; et, comme la pression extérieure l'emporte, la membrane tympanique et les osselets sont fortement poussés en dedans et perdent en partie leur puissance vibratoire.

2° Par l'élargissement de la trompe pendant l'acte de déglutition, la résistance, qui s'oppose au passage de l'air du pharynx dans la caisse, est fortement diminuée. Par suite, là où il s'agit, dans des affections de l'oreille moyenne, de rétablir le passage dans la trompe et de faire agir une forte douche d'air sur le tympan, on augmentera beaucoup son action, en faisant exécuter un mouvement de déglutition pendant la douche d'air.

#### F. — DE L'INFLUENCE DES VARIATIONS DE LA PRESSION DE L'AIR DANS LA CAISSE SUR LA TENSION DU CONTENU LABYRINTHIQUE

Quand on comprime l'air dans la caisse, pendant l'expérience de VALSALVA, et aussi quand la pression de l'air diminue dans le tympan, il en résulte, comme nous l'avons vu plus haut, une sensation de plénitude ou de tension dans l'oreille, des tintements d'oreille et un léger degré de dureté de l'ouïe. Ces anomalies de la fonction auditive, produites par les variations de la pression de l'air dans la caisse, ont été attribuées, depuis J. MULLER, à une modification de tension de la membrane tympanique ; et comme, dans le cas de compression, aussi bien que dans le cas de dilatation de l'air dans la caisse, il y avait dureté de l'ouïe surtout pour les sons bas, pendant que les notes élevées étaient encore nettement perçues, on a cherché à expliquer cela par un excès de tension de la membrane du tympan ; car, d'après

<sup>1</sup> Dans des expériences de vivisection pratiquées sur des chiens, j'ai pu, en excitant le trijumeau dans la cavité crânienne, observer un élargissement de l'orifice de la trompe sur la paroi du pharynx. La dissection montra que l'élargissement était dû au tenseur du voile du palais. « Ueber eine Beziehung des Trigemini zur Eust. Ohrtrompete. » (*Würzb. nat. Zeitschr.* 1861).

<sup>2</sup> *Diseases of the ear*, 1860.

les lois de la physique, on sait que les membranes fortement tendues sont mises en vibrations surtout par des notes élevées.

Mais cette explication, si plausible en apparence, ne tenait pas compte d'une loi physique élémentaire : la pression des substances liquides ou gazeuses dans une enveloppe ne s'exerce pas seulement d'un côté, mais également dans toutes les directions sur les parois de l'enveloppe. On ne tenait aucun compte de la pression simultanée sur la membrane élastique de la fenêtre ronde, et sur la base de l'étrier et la membrane qui l'entoure ; on négligeait ainsi la pression exercée sur tout le contenu du labyrinthe. Pour démontrer que, comme je le supposais, l'augmentation ou la diminution de pression de l'air dans la caisse entraîne une modification correspondante dans le contenu labyrinthique, je procédai, chez le prof. LUDWIG, à une série d'expériences manométriques, sur des organes auditifs frais pris sur l'homme. Dans ces expériences (fig. 44), la compression et la raréfaction de l'air dans la caisse étaient produites par un appareil à air comprimé, relié à la trompe (c). Dans le canal semi-circulaire supérieur ouvert était introduit un petit tube manométrique (h), rempli en partie d'une solution de carmin, et fixé hermétiquement à l'aide d'un peu de mastic. Si maintenant on comprimait l'air dans la caisse, en pressant le ballon, on observait un bombement en dehors de la membrane tympanique

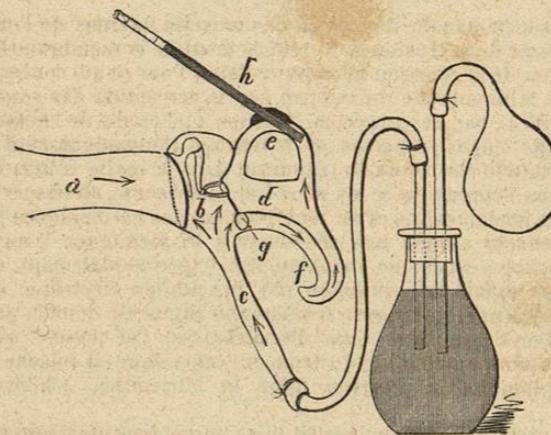


FIG. 44.

a, conduit auditif externe. — b, cavité tympanique. — c, trompe d'Eustache. — d, vestibule du labyrinthe. — e, canal semi-circulaire supérieur avec le petit tube manométrique introduit à l'intérieur du canal. — f, le limaçon avec les rampes vestibulaire et tympanique. — g, fenêtre ronde.

et une ascension du liquide dans le tube manométrique du labyrinthe (h) (oscillation positive de  $1/2$  à  $3$  mm) ; en diminuant la pression de l'air dans la caisse, on observe un abaissement notable du liquide dans le petit tube manométrique. Si l'on fait la section de l'articulation de l'enclume et de l'étrier, les oscillations augmentent de  $1/2$  à  $1$  mm  $1/2$ , par suite de la suppression de la résistance qu'opposait auparavant l'articulation de l'étrier et de l'enclume, à une plus grande pénétration de la base de l'étrier vers le vestibule, résistance due au mouvement simultané en dehors de la membrane du tympan, du marteau et de l'enclume.

Il résulte de ces expériences que :

1° Par la compression de l'air dans la caisse, il y a non seulement modification de la tension de la membrane tympanique, mais aussi accroissement notable de la pression labyrinthique, par l'action simultanée de l'air comprimé sur la membrane

de la fenêtre ronde et sur la base mobile de l'étrier. Les terminaisons du nerf acoustique, baignées par le liquide de l'ouïe, éprouvent, par suite de l'accroissement de pression, une irritation mécanique, qui se traduit sous forme de sensations subjectives. Le degré léger de dureté de l'ouïe s'explique comme la disparition de la sensation lumineuse, qui se produit quand on exerce avec le doigt une pression modérée sur le globe de l'œil. La circonstance, qu'ici la dureté de l'ouïe se produit surtout pour les sons bas, tandis que les notes élevées sont encore relativement bien entendues, doit être attribuée à la modification de tension de la membrane tympanique; pourtant il faut noter aussi, que les tissus du labyrinthe (lame spirale membraneuse, utricule et saccule membraneux) sont également plus fortement tendus et moins aptes, par conséquent, à reproduire les vibrations de notes basses.

2° Des expériences ci-dessus, résulte l'explication des bruits subjectifs et des altérations fonctionnelles si fréquentes dans les maladies de l'oreille, où les deux fenêtres du labyrinthe subissent une pression anormale, par l'accumulation d'exsudat séreux ou muqueux ou par la production de néoplasies connectives dans la caisse; ou bien quand la membrane du tympan et les osselets sont poussés en dedans, et que la base de l'étrier, poussée plus avant vers le vestibule, augmente d'une façon anormale la pression intra-labyrinthique.

#### G. — FONCTION DES MUSCLES INTERNES DE L'OREILLE

Notre connaissance actuelle de l'action des muscles internes de l'oreille se rapporte au mécanisme de la tension et du relâchement de la membrane tympanique et à la régularisation de la pression intra-auriculaire. Pour ce qui concerne l'influence de la tension de la membrane du tympan sur la perception des sons, j'ai montré (*Arch. f. Ohr.*, vol. I), par des expériences faites sur l'oreille de l'homme, ainsi que sur des oreilles de chiens préparées, où le tenseur tympanique était mis en contraction par l'irritation électrique du trijumeau dans la cavité crânienne: que, particulièrement dans l'épreuve avec les sons bas (diapasons), on observe un affaiblissement de la note fondamentale et un renforcement des harmoniques plus élevées.

L'action du tenseur s'étend non seulement à la membrane tympanique, mais aussi au labyrinthe; c'est ce que j'ai démontré expérimentalement, en constatant un mouvement du liquide labyrinthique par l'excitation électrique du trijumeau dans la cavité crânienne. Le tenseur tympanique augmente donc la pression intra-labyrinthique. Dans une autre série d'expériences, j'ai prouvé que le muscle stapédius agit comme antagoniste du tenseur tympanique; il relâche la membrane du tympan et diminue la pression dans le labyrinthe. (*Wiener Medicinal-Halle*, 1867.)

Sur la base des recherches faites jusqu'ici, nous ne pouvons provisoirement que nous prononcer sur ceci, qu'une des fonctions principales des muscles internes de l'oreille consiste à rétablir la position et la tension de la chaîne des osselets et du contenu labyrinthique modifiées par les variations de pression de l'air, par conséquent à régulariser le degré de tension de l'appareil auditif.

J'ai le premier, en partant d'observations faites sur moi-même et sur des personnes atteintes de maladies d'oreille, exprimé l'opinion (*Arch. f. Ohr.*, vol. IV.) que la dureté d'ouïe, qui survient pendant le bâillement, est due à un mouvement simultané du tenseur tympanique. Cette opinion a été confirmée par HELMHOLTZ (l. c.).

Pour ce qui concerne les contractions volontaires du tenseur tympanique, LUSCHKA et moi avons en même temps exprimé l'avis que les bruits du craquement dans l'oreille, que quelques personnes peuvent produire à volonté, résultent de la contraction de l'abducteur de la trompe. Les observations de contractions volontaires du tenseur tympanique ont été faites seulement dans ces derniers temps. (SCHWARTZE, *Arch. f. Ohr.*, vol. II et LUCAS, *ibid.*, vol. III). Dans un cas, que j'ai décrit (*Arch. f. Ohr.*, Vol. IV), furent observées, dans les deux oreilles, des contractions du tenseur tympanique indépendantes de la volonté, aussi bien que des contractions provoquées volontairement.

## MALADIES DE L'APPAREIL DE TRANSMISSION DU SON

### I

#### MALADIES DE L'OREILLE MOYENNE

##### PARTIE GÉNÉRALE

### I

#### COUP D'ŒIL SUR LES MODIFICATIONS ANATOMO-PATHOLOGIQUES DE L'OREILLE MOYENNE

Les recherches anatomo-pathologiques, relatives à l'organe auditif, ont mis au jour, dans ces vingt dernières années, un résultat important. Tandis que, auparavant, une affection de l'appareil auditif nerveux était regardée comme la cause la plus fréquente de la dureté de l'ouïe, c'est un fait établi maintenant que, dans le plus grand nombre des cas de maladies d'oreilles qui se présentent à l'observation, la base anatomo-pathologique primitive de l'altération fonctionnelle a son siège dans l'oreille moyenne, et que les affections primitives du nerf auditif sont rares en somme. Parmi les maladies de l'organe auditif, ce sont, par conséquent, les affections de l'oreille moyenne qui présentent surtout de l'intérêt pour le praticien; et, partant de ce point de vue, — contrairement à l'ordre anatomique adopté jusqu'ici — nous commencerons notre étude des maladies de l'oreille par l'exposition de ces affections.

Les maladies de l'oreille moyenne ont leur point de départ et leur siège dans son revêtement membraneux; de là partent ces modifications pathologiques qui, non seulement entravent fréquemment la fonction auditive, mais souvent aussi, en se propageant aux organes voisins d'importance vitale, mettent en danger la vie de l'individu. La connaissance de ces modifications est, par suite, d'une très grande importance, puisqu'elle forme la base du diagnostic et du traitement des affections de l'oreille moyenne.

Les modifications anatomo-pathologiques de l'oreille moyenne sont