

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

surface considérable qui était nécessaire pour l'expansion des fibres nerveuses.

L'union de la plaque avec les parois solides du labyrinthe rend le limaçon propre à l'audition des ondes sonores des parties solides de la tête et des parois du labyrinthe. Cet usage lui a déjà été assigné par E.-H. Weber. Le labyrinthe membraneux se trouve libre dans l'eau du labyrinthe, et évidemment l'audition des ébranlements communiqués à cette eau elle-même est mieux sentie si les ébranlements arrivent à celle-ci par les os de la tête, comme chez les poissons, et les dents, comme chez l'homme qui placerait une montre entre ses mâchoires, ou par la fenêtre. Sans doute, le labyrinthe membraneux est exposé à la résonance des parois solides du labyrinthe; car les ondes sonores communiquées à l'eau sont toujours entendues avec plus de force dans le voisinage des parois. Cependant il ne reçoit jamais immédiatement ces ondes que de l'eau. Au contraire, la lame spirale du limaçon, faisant corps avec les parois solides du labyrinthe, reçoit immédiatement de ces derniers les ébranlements qui leur sont communiqués. Il y a là un avantage considérable, car les secousses transmises aux parties solides ont, toutes choses égales d'ailleurs, une force absolue plus grande que celle de l'eau.

Le limaçon a encore un usage. Sa lame spirale reçoit du vestibule et de la fenêtre ronde, tout aussi bien que le labyrinthe membraneux, les ondes impulsives de l'eau du labyrinthe. Elle est même mieux disposée pour cela, chez l'homme et les mammifères, que le labyrinthe membraneux, puisque la qualité de corps solide et limité la rend susceptible de résonance. Mueller rapporte une expérience qui prouve ce fait.

Enfin, on entrevoit pourquoi les fibres du nerf auditif sont étalées les unes à côté des autres sur la lame spirale. Plus le nerf s'étendrait en couches épaisses sur les parties solides du limaçon, moins il recevrait les ébranlements de ces derniers, puisqu'il n'est pas homogène avec elles; mais plus les couches qu'il y forme sont minces, plus les ébranlements des parties solides se communiquent avec facilité à ses fibres qui sont en contact avec elles. L'intensité de la communication croît, en outre, avec la surface du corps que les ondes sonores touchent. Si, après s'être bouché les oreilles, on tient un conducteur dans l'eau où l'on excite un son, ce son augmente d'intensité à mesure qu'on enfonce le conducteur.

SECTION II.

De la transmission auditive à l'encéphale.

Quand l'impression auditive a eu lieu sur les ramifications des branches nerveuses qui se distribuent au limaçon, le nerf auditif les transmet au centre nerveux.

Nous ne reproduisons pas ici toutes les expériences qui prouvent que le nerf auditif, et spécialement la branche limacienne, sont destinés à présider à cette transmission (voy. t. I, p. 496).

La rapidité de cette transmission peut être appréciée par les expériences suivantes faites par M. Sagot.

Rien de plus facile que de prendre en face du pendule une mesure de musique qui soit en rapport avec ses oscillations et de chercher sur cette limite la mesure de promptitude de l'exécution. Prenons, par exemple, sur une oscillation du pendule ou sur une seconde un mouvement à deux temps, c'est un *allegro*; chaque temps vaut une demi-seconde. La croche est d'une exécution facile, la double croche est un jeu rapide, la triple croche semble l'extrême vitesse à laquelle l'exécution puisse atteindre dans un trait simple, comme un mouvement de gamme, un trille, une cadence; c'est la limite de l'audition distincte d'une succession de notes. La durée de chaque note n'est alors que de $1/16^e$ de seconde, vitesse qui n'est pas très éloignée du nombre de vibrations par seconde de la note la plus grave employée en musique, 32. Les physiiciens n'admettent pas que l'on puisse entendre distinctement plus de dix notes par seconde: pour la cadence au moins. Je crois que ce n'est pas tout à fait assez. Il est certain qu'en exécutant une cadence avec une vitesse très supérieure à seize notes par seconde, on arriverait à confondre les deux notes en un seul son discordant ou harmonique, suivant que les deux notes formeraient une seconde, une tierce, etc. Mais les mouvements du corps ne se prêtent pas à l'exécution sur les instruments de cadences pareilles; je ne sais si, au moyen d'appareils mécaniques, des essais ont été tentés à ce sujet; il faudrait aller certainement bien au delà de seize notes par seconde, pour que les deux notes fussent confondues en une seule. Quand le disque, partagé en segments colorés alternativement de deux couleurs, tourne devant l'œil, ce qui représente à la vue ce que la cadence est à l'ouïe, 32 couleurs peuvent sans confusion passer devant, peut-être même 47; mais les deux couleurs ne sont bien combinées en une seule teinte que s'il en passe 128.