

traire jusqu'ici essentiellement intacte, celle relative au mode d'affaiblissement des sons suivant la distance du corps sonore, sur laquelle la science n'a point encore réellement dépassé les résultats de l'expérience commune. On a coutume de supposer ce décroissement en raison inverse du carré de la distance, ce qui constituerait sans doute une loi fort importante, si nous pouvions compter sur sa réalité. Mais, outre qu'aucune suite d'expériences précises n'a jamais été instituée pour la vérifier, les considérations mathématiques sur lesquelles on l'appuie uniquement sont, il faut l'avouer, extrêmement précaires, si ce n'est frivoles, puisqu'elles exigent d'abord une assimilation fort gratuite entre l'intensité du son et l'énergie du choc d'un fluide contre un obstacle, et que l'on y fait ensuite varier ce choc proportionnellement au carré de la vitesse, conformément à l'ancienne hypothèse sur la résistance des fluides, si souvent démentie par l'observation. Si l'on accordait ces deux prémisses très hasardées, la loi ordinaire en résulterait en effet nécessairement ; car il est certain, d'après la théorie mathématique du mouvement vibratoire, que la vitesse de vibration des molécules situées sur un même rayon sonore varie, à très peu près, en raison inverse de leur distance au centre d'ébranlement. Mais ne se-

rait-il pas bien préférable d'avouer nettement notre ignorance actuelle à cet égard, au lieu de tendre à dissimuler une vraie lacune scientifique, en s'efforçant vainement de la remplir par des considérations aussi peu péremptoires ? Cette marche est, à mon gré, tellement arbitraire que je ne serais pas éloigné de l'attribuer, en grande partie, à l'influence inaperçue de la prédisposition trop commune à retrouver dans tous les phénomènes la formule mathématique de la gravitation, en vertu du préjugé métaphysique sur la loi absolue des irradiations quelconques.

Du reste, ne serait-il pas étrange, en général, qu'on pût avoir aujourd'hui aucune notion exacte sur les lois de l'intensité du son, lorsque l'acoustique est encore à cet égard dans une telle enfance, que les idées ne sont pas même fixées jusqu'ici sur la manière dont cette qualité comporterait une estimation précise, ni peut-être seulement sur le sens rigoureux du mot ? Nous ne possédons jusqu'ici aucun instrument susceptible de remplir, envers la théorie du son, l'office capital si bien exercé, pour l'étude de la pesanteur, par le pendule et le baromètre, et par les divers thermomètres ou électromètres, quant à la mesure des phénomènes correspondans. On n'a pas même aperçu nettement le principe d'après lequel de tels *sono-*

*mètres* pourraient être conçus. Tant que la science restera à cet égard dans un état aussi imparfait, convient-il de hasarder aucune loi numérique sur les variations que peut éprouver l'intensité des sons ?

Considérons enfin la dernière partie essentielle de l'acoustique actuelle, celle relative à la théorie des tons, qui, malgré ses imperfections, est, à tous égards, la plus satisfaisante par les nombreux et intéressans phénomènes dont elle a dévoilé l'explication exacte et complète.

Les lois qui déterminent la nature musicale des différens sons, c'est-à-dire, leur degré précis d'aiguité ou de gravité, marqué par le nombre de vibrations exécutées en un temps donné, ne sont jusqu'ici bien connues, d'après une heureuse combinaison de l'expérience avec la théorie mathématique, que pour le cas élémentaire d'une série de vibrations, linéaire, et même rectiligne, produite, soit dans une verge métallique, fixée par un bout et libre par l'autre, soit, enfin, dans une colonne d'air remplissant un tuyau cylindrique très étroit. Ce cas fondamental est, à la vérité, le plus important pour l'analyse des instrumens inorganiques les plus usités, mais non quant à l'étude du mécanisme de l'audition et de la phonation.

A l'égard des cordes tendues, la théorie mathématique, dont les principales conséquences ont été pleinement vérifiées par des expériences nombreuses et précises, fixe le ton propre à chaque ligne sonore, d'après sa masse, sa longueur et sa tension. Toutes les lois qui s'y rapportent peuvent être résumées en cette seule règle générale : le nombre des vibrations exécutées dans un temps donné est en raison directe de la racine carrée de la tension de la corde, et en raison inverse du produit de sa longueur par son épaisseur.

Dans les tiges métalliques droites et homogènes, ce nombre est proportionnel au rapport de leur épaisseur au carré de leur longueur. Cette différence profonde entre les lois de ces deux sortes de vibrations est la suite nécessaire de la flexibilité du corps sonore dans le premier cas, et de sa rigidité dans le second. Elle était déjà nettement indiquée par l'observation, surtout quant à l'influence si opposée de l'épaisseur.

Ces lois sont relatives aux vibrations ordinaires, qui s'opèrent transversalement. Mais M. Chladni a considéré en outre, soit pour les cordes, soit pour les verges, un nouveau genre de vibrations dans le sens longitudinal. Elles sont en général beaucoup plus aiguës que les précédentes, et la marche en est d'ailleurs essentiellement distincte,

car l'épaisseur ne paraît exercer sur elles aucune influence, et la différence indiquée ci-dessus entre les cordes et les tiges disparaît entièrement, le nombre des vibrations variant alors toujours réciproquement à la longueur; identité à laquelle on devait naturellement s'attendre, puisque, dans cette manière de vibrer, l'inextensibilité de la corde équivaut à la rigidité de la tige. Enfin, les verges métalliques comportent encore un troisième genre de vibrations, découvert et étudié expérimentalement par M. Chladni, celles qui résultent de la torsion, et qui s'effectuent dans un sens plus ou moins oblique. Toutefois, il importe de noter que, d'après les travaux postérieurs de M. Savart, ces trois ordres de vibrations ne sont pas, au fond, essentiellement distincts, puisqu'ils peuvent être transformés les uns dans les autres, en faisant seulement varier par degrés la direction suivant laquelle les sons se propagent, et qui est toujours parallèle à celle de l'ébranlement primitif successivement produit de la même manière en divers sens.

Quant aux sons rendus par une mince colonne d'air, le nombre des vibrations est encore, d'après la théorie et l'observation, inversement proportionnel à la longueur de chaque colonne, si l'état mécanique de l'air reste inaltérable; mais il

varie en outre, comme la racine carrée du rapport entre l'élasticité de l'air et sa densité. De là résulte, entre autres conséquences remarquables, que les changemens de température, qui font nécessairement varier ce rapport dans le même sens, doivent avoir ici une action absolument inverse de celle qu'ils produisent sur les cordes ou sur les tiges. C'est ainsi que l'acoustique a nettement expliqué l'impossibilité, remarquée de tout temps par les musiciens, de maintenir, sous l'influence des notables variations thermométriques, l'harmonie d'abord établie entre les instrumens à corde et les instrumens à vent.

Dans tout ce qui précède, la ligne sonore est envisagée comme vibrant en totalité. Mais si, ce qui arrive le plus souvent, elle présente, à l'un de ses points, un léger obstacle, naturel ou artificiel, aux vibrations, le son éprouve alors une modification fondamentale extrêmement remarquable dont la loi générale, qui n'aurait, sans doute, pu être indiquée par la théorie mathématique, a été découverte depuis long-temps par le créateur de l'acoustique expérimentale, l'illustre physicien Sauveur. Elle consiste en ce que le son rendu par la corde coïncide toujours avec celui que produirait une corde analogue, mais plus courte, et d'une longueur égale à celle de la plus

grande commune mesure entre les deux parties de la ligne totale. L'explication donnée par Sauveur de ce phénomène capital se réduit, comme on sait, à concevoir que l'obstacle détermine alors la division nécessaire de la corde en parties égales à cette commune mesure, qui vibrent à la fois mais indépendamment, et que séparent des nœuds de vibration immobiles. Quoiqu'on n'ait pu réellement se rendre compte jusqu'ici de la manière dont cette division est ainsi établie d'après la seule influence de l'obstacle primitif, une telle conception n'en est pas moins l'exacte représentation du phénomène, puisque Sauveur a constaté, par une ingénieuse expérience, devenue maintenant vulgaire, l'immobilité effective de ces points remarquables, comparativement à tous les autres points de la ligne sonore.

Cette découverte de Sauveur est d'autant plus importante, qu'elle indique immédiatement l'explication la plus satisfaisante d'une autre loi fondamentale dévoilée par le même physicien, celle de la série des sons harmoniques plus ou moins distincts qui accompagnent constamment le son principal de chaque ligne sonore, et dont l'acuité croît comme la suite naturelle des nombres entiers, ainsi qu'on le constate aisément, soit par l'audition directe, quand une oreille délicate est suf-

fisamment exercée, soit surtout en disposant, à côté de la corde primitive, d'autres cordes semblables et plus courtes, qui en soient les diverses parties aliquotes, et que le seul ébranlement de la première suffit alors pour faire vibrer. Un tel phénomène général peut être, sinon réellement expliqué, du moins exactement représenté, en le rapprochant de celui qui précède. Car il suffit d'imaginer que la corde se divise alors spontanément, de diverses manières, en ses parties aliquotes, qui vibreraient isolément, ainsi que la ligne totale, à des intervalles très rapprochés, quoiqu'il soit, sans doute, difficile de concevoir, non-seulement le mode de production de ces divisions, mais encore même la simple conciliation effective de tous ces divers mouvemens vibratoires, qui sont presque simultanés.

Telles sont les principales lois des tons simples. Nous ne possédons encore que des notions très imparfaites relativement à la théorie de la composition des sons, qui aurait cependant une grande importance. On la regarde habituellement comme ébauchée par la belle expérience du célèbre musicien Tartini, relative aux sons résultans, et dans laquelle la production exactement simultanée de deux sons quelconques, suffisamment intenses, et surtout bien caractérisés, fait entendre un son uni-

que plus grave que chacun des deux autres, suivant une règle invariable et très simple. Toutefois, quelque intérêt que doive évidemment inspirer un phénomène général aussi remarquable, il ne me semble point appartenir strictement à la véritable acoustique, mais à la théorie physiologique de l'audition, qui doit désormais en être soigneusement séparée, comme je l'ai établi au commencement de cette leçon. Car, un tel phénomène me paraît être, par sa nature, essentiellement nerveux ; c'est, à mon avis, une sorte d'hallucination normale du sens de l'ouïe, analogue aux illusions d'optique : l'explication ordinaire, fondée sur la coïncidence de certaines parties régulières des deux séries d'ondulations, ne fait que reculer la difficulté, sans la résoudre effectivement. Du reste, ce phénomène a pris, ce me semble, un nouvel intérêt scientifique depuis que l'attention a été fixée, comme je l'indiquerai dans la leçon suivante, sur l'important phénomène des *interférences* lumineuses, qui offre réellement avec lui une analogie profonde, quoique jusqu'à présent inaperçue.

Quant aux vibrations, non plus d'une simple fibre sonore, mais d'une surface également étendue en tous sens, et dont nous avons déjà remarqué que la théorie mathématique est encore

dans l'enfance, la belle suite d'observations de M. Chladni a fait connaître, à cet égard, de très curieux phénomènes, surtout relativement aux formes régulières des lignes nodales. Ces recherches ont reçu, dans ces derniers temps, un important complément par les expériences de M. Savart, d'où ce judicieux physicien a déduit, d'abord, la remarque générale relative à la dissemblance constante des figures nodales qui correspondent aux deux surfaces d'une même lame, et ensuite la connaissance plus exacte de l'influence qu'exerce la direction de l'ébranlement sur la forme de ces lignes, qui cesse d'être ainsi nettement caractéristique du mode de vibration propre à chaque corps. En même temps, les travaux de M. Savart ont donné à cette étude une extension fort essentielle, par ses intéressantes observations sur le mouvement vibratoire des membranes tendues, qui doivent fournir des renseignemens indispensables pour l'intelligence du mécanisme fondamental de l'audition, en ce qui concerne l'influence sonore du degré de tension, de l'état hygrométrique, etc.

L'étude du cas le plus général et le plus compliqué des mouvemens vibratoires, celui d'une masse qui vibre suivant les trois dimensions, a été encore à peine ébauchée par les physiciens, sauf pour quelques solides creux et réguliers.

C'est cependant celui dont l'analyse exacte aurait le plus d'importance, puisque, sans lui, il est évidemment impossible de compléter l'explication d'aucun instrument réel, même de ceux où le son principal est produit par de simples lignes, dont les vibrations effectives doivent toujours être plus ou moins modifiées par les masses qui leur sont constamment liées. On peut dire, en général (et cette remarque me semble propre à résumer utilement l'esprit de l'ensemble des considérations indiquées dans cette leçon), que l'état de l'acoustique ne permet pas d'atteindre encore à l'entière explication des propriétés fondamentales d'aucun instrument musical, malgré les ingénieux travaux de Daniel Bernouilli sur la théorie des instrumens à vent. Cette condition, qui d'abord paraît si simple, se rapporte réellement, au contraire, à la plus grande perfection de la science, même en excluant ces effets extraordinaires, radicalement inaccessibles à toute analyse scientifique, que le jeu d'un habile artiste peut obtenir d'un instrument quelconque, et en se bornant uniquement, comme on doit le faire, aux influences susceptibles d'être nettement définies et fixement caractérisées.

Telles sont les considérations principales, que la nature de cet ouvrage m'interdisait de développer

d'avantage, relativement à l'examen philosophique de l'acoustique, envisagée dans son ensemble et dans ses parties. Quelque imparfait que soit, sans doute, ce rapide aperçu, il permettra, j'espère, d'apprécier exactement le vrai caractère général propre à cette belle partie de la physique, la haute importance des lois qu'elle nous a dévoilées jusqu'ici, les connexions fondamentales de ses diverses parties essentielles, ainsi que le degré de développement auquel chacune d'elles est maintenant parvenue, et les lacunes plus ou moins profondes qu'elle laisse encore à remplir pour correspondre convenablement à sa destination essentielle.