

note α qui correspondrait à $\frac{10}{9}n$ vibrations et qui serait à un intervalle d'un ton mineur de *ut*.

Calculons l'intervalle de *ré* à α ; on l'obtiendra, comme toujours, en prenant le rapport de ces nombres de vibrations; ce rapport sera $\frac{9}{8}n : \frac{10}{9}n = \frac{81}{80}$. Cette valeur est très voisine de l'unité et un peu inférieure au comma qui serait $\frac{81,0544}{80}$ en le calculant comme la 9^e partie

du ton. D'après ce que nous avons dit, l'oreille accepte aisément comme identiques deux intervalles différant seulement d'un comma; c'est pourquoi au point de vue musical il est inutile d'établir une distinction entre le ton majeur et le ton mineur.

D'autre part si l'on calcule la valeur du demi-ton considéré comme moitié du ton on trouve pour valeur de l'intervalle $\frac{127}{120}$. La valeur qui résulte des données expérimentales précédentes est $\frac{16}{15} = \frac{128}{120}$. Ces deux rapports diffèrent très peu, de moins de 1 comma, puisque leur quotient est $\frac{128}{127} < \frac{81}{80}$: c'est donc avec une précision suffisante au point de vue musical que l'intervalle *mi-fa* ou *si-ut* a été désigné sous le nom de demi-ton.

735. — Quoique la question ne présente qu'un intérêt limité au point de vue qui nous occupe, nous devons dire que les valeurs des intervalles de la gamme que nous avons indiquées précédemment ne sont pas absolument adoptées par tout le monde, et qu'on a donné d'autres nombres qui caractérisent ce qu'on appelle la gamme dite *pythagoricienne*. Si l'on désigne par n le nombre de vibrations de l'*ut*, on aurait :

ut_1	$ré_1$	mi_1	fa_1	sol_1	la_1	si_1	ut_2
n	$\frac{9}{8}n$	$\frac{81}{64}n$	$\frac{4}{3}n$	$\frac{3}{2}n$	$\frac{27}{16}n$	$\frac{243}{128}n$	$2n$

Parmi ces notes les unes ont la même valeur que précédemment; les autres, *mi*, *la*, *si*, ne diffèrent d'ailleurs de la note de la gamme précédente dite de Zarlin que de 1 comma; au point de vue pratique la distinction a peu d'importance.

Ajoutons que, dans cette gamme, tous les tons sont égaux à $\frac{9}{8}$; les demi-tons sont $\frac{256}{243}$ un peu plus petits qu'il ne conviendrait, mais la différence est aussi moindre qu'un comma.

MM. Cornu et Mercadier pensent que les deux gammes doivent être acceptées, la seconde servant spécialement à la mélodie, la gamme de

Zarlin devant être utilisée pour la production des accords, pour l'harmonie. Nous indiquerons plus tard sommairement les raisons qui tendent à justifier cette opinion.

736. **Étude optique des intervalles.** — Un élégant procédé pour déterminer par une méthode optique les intervalles de deux sons donnés par des verges vibrantes, par des diapasons, a été indiquée par M. Lissajous.

Soient deux diapasons D et D' (fig. 371) placés parallèlement et dont les branches en regard sont armées de deux miroirs plans *b* et *c*. Envoyons

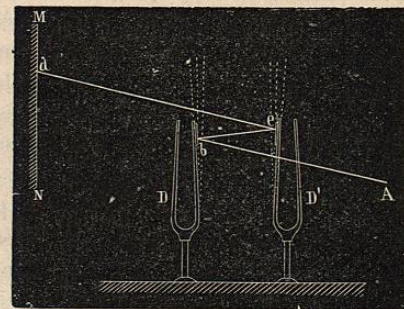


Fig. 371.

sur *b* un rayon lumineux *Ab* tel que, après réflexion, il tombe sur *c* où il se réfléchit de nouveau et vient en *a* donner un point lumineux sur un écran *MN*. Si l'on fait vibrer l'un des diapasons, la vibration se faisant transversalement, sensiblement dans le plan d'incidence, le faisceau réfléchi restera dans ce plan, et le point *a* décrira sur l'écran une petite droite lumineuse. Il en sera de même, d'ailleurs, si les deux diapasons vibrent en même temps, pour la même raison, les vibrations se faisant dans des plans parallèles; seulement la ligne lumineuse n'aura pas la même longueur.

Mais les résultats seront complètement différents si les deux diapasons D et D' sont placés perpendiculairement (fig. 372). Si un seul diapason vibre, le résultat sera le même que précédemment et on verra une petite ligne; mais les deux lignes ainsi obtenues successivement seront perpendiculaires l'une à l'autre, parce que les plans de vibrations sont à angle droit. Si les deux diapasons vibrent en même temps, le point lumineux décrira une courbe dont la

forme, qui peut être prévue par le calcul, dépend de l'intervalle des sons que donnent les diapasons. Si donc on connaît la hauteur de l'un des sons, on pourra, d'après la forme de la courbe, déduire la hauteur de l'autre son.

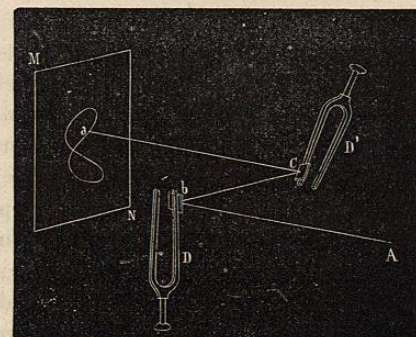


Fig. 372.

forme, qui peut être prévue par le calcul, dépend de l'intervalle des sons que donnent les diapasons. Si donc on connaît la hauteur de l'un des sons, on pourra, d'après la forme de la courbe, déduire la hauteur de l'autre son.

Ajoutons que si l'intervalle est juste, la courbe obtenue est stable, invariable; elle subit au contraire des déformations continues si le rapport du nombre des vibrations n'est pas exactement celui qui correspond à l'intervalle; cette propriété fait de ce procédé une méthode de comparaison très sensible.

737. Battements. Sons résultants. — La comparaison de deux sons peut encore se faire à l'aide de l'oreille, autrement que par l'évaluation directe de l'intervalle, par l'étude des battements et des sons résultants dont nous allons dire quelques mots.

Lorsque deux sons sont très voisins d'être à l'unisson, qu'ils ne diffèrent que par un petit nombre de vibrations, la production simultanée de ces sons, outre l'impression désagréable de dissonance, fait entendre des renforcements périodiques très accentués qui sont appelés des *battements*. Le nombre des battements par seconde est égal à la différence entre les nombres de vibrations des deux sons considérés. Si ces battements ne sont pas trop précipités, on peut les compter et comparer ainsi les nombres de vibrations des deux sons.

Si le nombre des battements par seconde augmente, on continue d'abord à les percevoir séparément sans pouvoir les compter, puis ils donnent naissance à une sorte de roulement très caractéristique. Si ces battements deviennent encore plus nombreux, on cesse de les percevoir; mais alors un autre phénomène prend naissance, celui des sons résultants.

Lorsque deux sons sont produits simultanément on peut, en même temps qu'on les entend, avoir la notion d'un troisième son plus faible, mais qu'on peut distinguer avec un peu d'attention. Ce son est bien dû à l'action *simultanée* des deux autres sons, car il disparaît si on supprime l'un de ceux-ci.

Les sons ainsi produits ont été découverts et étudiés d'abord par Sorge (1740) et Tartini: on les désigne quelquefois sous le nom de *sons de Tartini*, mais plus souvent sous celui de *sons résultants*.

La hauteur d'un son résultant est déterminée par ce que le nombre de vibrations correspondant est égal à la différence des nombres de vibrations des deux sons qui ont concouru à le produire.

Ainsi le nombre de vibrations d'un son résultant et le nombre des battements sont donnés par la même règle; aussi a-t-on pu penser que la production des deux phénomènes était du même ordre et que le son résultant qui prend naissance n'est autre que le résultat de la fusion par l'oreille des battements, lorsque ceux-ci dépassent le nombre de 32 par seconde, nombre qui correspond à la limite inférieure des sons perceptibles.

Mais il ne semble pas qu'il en soit ainsi et les deux phénomènes paraissent avoir réellement des origines différentes: sans insister nous dirons que, d'après Helmholtz, on peut avoir l'impression nette de battements alors que le nombre de ceux-ci dépasse 32 par seconde.

La considération des sons résultants a une importance réelle au point de vue musical; on comprend, en effet, que dans la formation des accords, il soit nécessaire que le son résultant de deux notes forme avec celles-ci des intervalles agréables; sans développer cette question, nous dirons que cette considération milite en faveur de l'adoption de la gamme de Zarlín toutes les fois qu'il s'agit de la production d'accords.

738. Sensibilité de l'oreille. — Nous avons dit que, au point de vue pratique, musical, l'oreille admet comme justes des intervalles qui diffèrent de leur véritable valeur d'un comma; cela ne signifie pas que l'oreille ne perçoit pas cette différence, mais seulement que nous pouvons la tolérer sans en être gênés.

En réalité, l'oreille est assez sensible pour percevoir des différences bien plus petites qu'un comma, à la condition non seulement qu'il s'agisse d'un observateur musicien et s'étant exercé à l'analyse de ses impressions, mais encore que celui-ci *écoute* attentivement pour juger. Dans ces conditions, un observateur peut reconnaître que deux sons diffèrent entre eux, alors que la différence des nombres de vibrations correspondants n'est, en moyenne, que la millième partie du nombre de vibrations. Ainsi si n et n' sont les nombres de vibrations de deux sons, une oreille exercée pourra distinguer, différencier ces sons, si l'on a $\frac{n-n'}{n} = \frac{1}{1000}$ et à plus forte raison si le rapport est plus grand que $\frac{1}{1000}$. Ceci revient à dire que le rapport $\frac{n}{n'}$ est alors égal à $\frac{1000}{999}$ beaucoup plus voisin de l'unité que le comma $\frac{81}{80}$.

La sensibilité vraie de l'oreille au point de vue de la hauteur est donc beaucoup plus grande que ne semblerait l'indiquer la tolérance dont nous faisons preuve au point de vue musical.

739. Hauteur absolue des sons. — Dans les indications précédentes, nous nous sommes occupé exclusivement des intervalles, c'est-à-dire des hauteurs relatives des sons les uns par rapport aux autres; mais, comme nous l'avons indiqué, les sons musicaux ont une hauteur absolue que peuvent apprécier directement, par la simple audition, les personnes qui ont l'oreille musicale et qui ont pris l'habitude d'analyser les sensations qu'elles éprouvent.

Il est évident, d'après ce que nous avons dit, que pour connaître la hauteur absolue de toutes les notes, il suffit de connaître celle de l'une d'entre elles. Par suite des conditions de l'accord des instruments à cordes, la note qui sert à définir la hauteur absolue des sons est la la_3 : cette note est celle que donne, à vide, la 2^e corde du violon et la 1^{re} de l'alto, elle est à l'octave aiguë de celle que donne la 1^{re} corde du violoncelle.

Bien que la hauteur absolue de cette note ait toujours été à peu près déterminée, elle n'était pas la même autrefois pour les différents orchestres. A la suite de recherches exécutées par une commission spéciale, d'après les travaux de Lissajous, la hauteur du la_3 fut fixée en France et conventionnellement adoptée : elle est complètement déterminée par la condition que ce son doit correspondre à 870 vibrations simples par seconde. Cette valeur permet de calculer les nombres de vibrations qui correspondent aux autres sons de la gamme, en se basant sur les rapports caractérisant les intervalles que nous avons donnés plus haut.

On trouve les nombres suivants :

ut_3	$ré_3$	mi_3	fa_3	sol_3	la_3	si_3
522	587,25	652,5	696	783	870	978,75.

On déduit facilement de là les nombres de vibrations qui correspondent aux diverses octaves de l' ut , savoir :

ut_{-1}	ut_0	ut_1	ut_2	ut_3	ut_4	ut_5	ut_6	ut_7
32,625	65,25	130,5	261	522	1044	2088	4176	8352

Les notes comprises entre les limites indiquées dans ce tableau constituent à peu près l'échelle des notes effectivement employées en musique.

Dans les recherches acoustiques, pour plus de commodité on emploie généralement une échelle peu différente de la précédente et qui est définie par les valeurs suivantes :

ut_{-1}	ut_0	ut_1	ut_2	ut_3	ut_4	ut_5	ut_6	ut_7
32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192.

Dans cette échelle qui est un peu plus grave que la précédente, le la_3 correspond à 853,33 vibrations simples par seconde.

Le la normal de 870 vibrations est déterminé pratiquement par un diapason étalon, verge en acier de la forme d'un U très allongé, monté sur un pied formé d'une tige cylindrique fixée au milieu de la partie courbe : les dimensions de ce diapason ont été choisies de manière à donner le la normal à la température de 15°.

740. **Harmoniques.** — On aurait pu prendre pour l'échelle des sons musicaux toute autre échelle que celle qui a été adoptée quoique celle-ci paraisse admettre une explication rationnelle, qu'il s'agisse de la gamme de Zarlín ou de celle de Pythagore. Parmi toutes les échelles qu'on aurait pu choisir pour définir une série de sons à partir d'une note déterminée, la plus simple, au point de vue numérique, est évidemment celle dans laquelle les nombres de vibrations correspondant aux différents

sons adoptés sont les multiples successifs du nombre de vibrations du son fondamental, de telle sorte que si n est ce nombre de vibrations, les nombres de vibrations des autres sons eussent été respectivement $2n, 3n, 4n$, etc.

Cherchons à quels intervalles ces sons se trouvent les uns des autres : pour cela supposons que le son qui correspond à n vibrations soit ut_1 ; nous aurons aisément les sons correspondants aux autres valeurs en nous reportant aux rapports qui caractérisent la gamme :

n	$2n$	$3n$	$4n$	$5n$	$6n$	$7n$	$8n$	$9n$	$10n$	$11n$	$12n...$
ut_1	ut_2	sol_2	ut_3	mi_3	sol_3	\times	ut_4	$ré_4$	mi_4	\times	$sol_4...$

On voit que certains de ces sons, $ut_2, sol_2, ut_3, sol_3, ut_4, ré_4, sol_4$, appartiennent à la gamme de Zarlín aussi bien qu'à celle de Pythagore; que le mi_3 et le mi_4 , défini par rapport à l' ut précédent par le rapport $\frac{5}{4}$, appartiennent à la gamme de Zarlín; et que, enfin, pour nous en tenir à ces 12 premiers termes de la série, il y a des sons, $7n$ et $11n$, qui n'appartiennent à aucune gamme.

On voit de plus que les six premiers sons se trouvent être précisément ceux qui caractérisent un accord particulier, d'un caractère de consonance absolue, qu'on appelle l'accord parfait : ut, mi, sol, ut .

Les différents sons à partir de $2n$ sont appelés les *harmoniques* du son fondamental; nous dirons plus loin qu'ils ne diffèrent pas des sons déjà définis sous le même nom (725).

741. **Timbre.** — Nous avons déterminé directement la relation de cause à effet qui existe entre deux des qualités du son et les éléments du mouvement vibratoire, savoir la hauteur et la durée des vibrations, l'intensité et l'amplitude. La troisième qualité, le timbre doit donc être en rapport avec la forme de la vibration, avec la loi du mouvement vibratoire. Quoique cette conséquence ait été signalée par Monge, la démonstration n'en avait pas été donnée jusqu'aux recherches capitales d'Helmholtz à ce sujet : nous ne traiterons actuellement qu'une partie de la question, le fait même de la variation de forme de la vibration correspondant à un changement de timbre et, dans le chapitre suivant, nous analyserons plus complètement le phénomène.

En enregistrant, d'une manière quelconque, les vibrations correspondant à des sons de timbres différents, sons fournis par exemple par des instruments différents, on reconnaît que les tracés n'ont pas la même forme. Le phonautographe (695) peut en particulier être utilisé à ce point de vue en mettant en action devant l'appareil des instruments divers donnant naissance à des sons de même hauteur.

Mais l'étude peut être faite également en produisant des sons différents à l'aide de la voix. Outre que, sous cette forme, la question a pour nous

un intérêt plus direct, l'expérience est particulièrement probante, parce que des sons de divers timbres sont alors produits par le même instrument et qu'on ne peut invoquer une différence d'origine comme lorsqu'il s'agit d'instruments différents.

L'expérience peut se faire à l'aide du phonautographe, mais elle est plus facile et plus nette en employant les flammes manométriques. Il suffit d'adapter devant la membrane d'une capsule manométrique l'extrémité d'un tube dont l'autre extrémité porte un cornet : la flamme est placée soit dans le voisinage d'un miroir tournant (fig. 373), soit devant un phénakistoscope qui donnent l'un et l'autre une image, virtuelle ou réelle suivant l'appareil, qui est une bande lumineuse dont le bord le plus éclairé est continu.

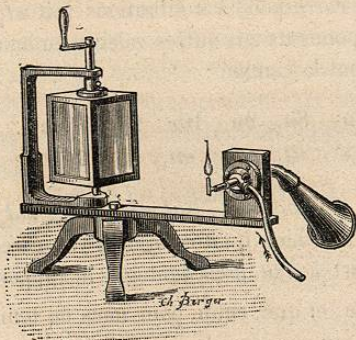


Fig. 373.

Si, devant le cornet, on vient à produire un son, à parler ou à chanter, ce bord présente immédiatement des dentelures plus ou moins profondes suivant l'intensité du son émis; d'autre part, pour une même vitesse de rotation, les dents sont d'autant plus resserrées et, par suite, d'autant plus nombreuses que le son est plus aigu : ces résultats sont conformes à ce que nous avons dit antérieurement.

Mais, de plus, si l'observateur, émettant toujours les sons à la même hauteur, prononce successivement des voyelles différentes, on s'aperçoit immédiatement que les dentelures changent de forme : tantôt la dent est simple, plus ou moins aiguë ou arrondie, tantôt elle présente des dentelures secondaires qui découpent de façons diverses le bord de la dent principale. Toujours, d'ailleurs, la même forme de dentelure correspond à la même voyelle pour un expérimentateur déterminé, de telle sorte que chaque forme est, pour lui, absolument caractéristique d'une voyelle; ces deux éléments sont donc liés directement l'un à l'autre : en particulier, par conséquent, le timbre des voyelles est lié à la forme de la vibration.

La question, résolue au point de vue de la relation directe, n'est cependant pas encore complètement élucidée par ces expériences, et il y a lieu de rechercher pourquoi les diverses vibrations suivent des lois différentes. C'est ce que nous verrons dans le chapitre suivant.

742. Phonographe. — On a une preuve directe que les qualités qui permettent de caractériser un son donné, de le différencier des autres, sont bien liées directement aux conditions du mouvement vibratoire, par l'emploi du *phonographe*, appareil inventé par Edison et qui a pour but

d'enregistrer les vibrations correspondantes à des sons déterminés et de reproduire ces sons mêmes.

L'appareil sous sa forme actuelle comprend un cylindre léger recouvert à sa surface d'une couche de cire blanche ou d'une substance analogue, et relié à un moteur qui lui donne un mouvement hélicoïdal, comme dans l'appareil de Duhamel (694); ce mouvement doit être aussi uniforme que possible.

A côté du cylindre est placé un cadre circulaire rigide sur lequel est tendue une membrane élastique; au centre de cette membrane est fixé un petit style à pointe tranchante qui appuie sur le cylindre de manière à entamer la couche de cire. Dans ces conditions, si on met le moteur en mouvement la pointe tracera sur le cylindre un sillon hélicoïdal de profondeur constante, puisque la pointe est immobile. Sur le cadre, du côté opposé au cylindre, est appliquée l'extrémité d'un cornet devant l'embouchure duquel on pourra parler, chanter, ou mettre en action un instrument de musique. Lorsque, par l'une de ces actions, l'air sera mis en vibration, il en sera de même de la membrane et de la pointe qu'elle porte. Celle-ci pénétrera donc plus ou moins dans la couche de cire, et si le cylindre tourne, elle tracera un sillon qui n'aura pas la même profondeur en tous ses points, présentant des ondulations, des parties relativement profondes et d'autres de moindre profondeur : elle enregistrera, pour ainsi dire, la courbe du mouvement en profondeur, au lieu de la tracer superficiellement, en largeur comme cela se produit dans les appareils que nous avons décrits (694). Si donc on découpait la couche de cire par une surface normale passant au milieu du sillon, on verrait une courbe dont les éléments, amplitude, durée de la période, forme, sont ceux du mouvement vibratoire de la pointe, ceux, par conséquent, du mouvement vibratoire que possédait l'air qui l'a communiqué à l'appareil.

L'opération de l'enregistrement étant terminée on soulève le cadre avec la pointe de manière qu'elle ne touche plus le cylindre; on ramène celui-ci à sa position primitive, puis le cadre et la pointe sont également replacés comme ils l'étaient au début.

Si alors le cylindre est de nouveau mis en mouvement, la pointe repassera par le même sillon et, forcée de suivre le fond de celui-ci, reprendra passivement le même mouvement qu'elle a eu précédemment, avec toutes les particularités qui s'étaient manifestées et qui avaient été inscrites. Il en sera de même de la membrane à laquelle cette pointe est fixée et de l'air placé dans le voisinage, qui vibrera de la même façon qu'il avait vibré dans la première partie de l'opération, à l'amplitude des oscillations près, parce que dans ces diverses transformations il y a toujours une certaine perte d'énergie. Un observateur dont l'oreille reçoit ce mouvement vibratoire doit donc éprouver, à l'intensité

près, les mêmes sensations sonores que s'il avait été impressionné directement par le corps sonore dont les vibrations ont été enregistrées.

En plaçant l'oreille à quelque distance de la membrane, on entend en effet assez nettement les sons qui résultent de sa mise en vibration. Mais la sensation est bien plus nette si, sur le cadre, on adapte l'extrémité d'un tube dont l'autre extrémité aboutit dans le canal auditif; on entend mieux encore si ce tube est bifurqué de manière qu'on puisse faire parvenir le mouvement vibratoire à la fois aux deux oreilles.

Dans ces conditions, on entend très distinctement et on reconnaît la hauteur des sons, on apprécie les variations relatives d'intensité; on juge enfin facilement la nature de l'instrument qui a été employé, on reconnaît les paroles prononcées ou chantées, c'est-à-dire qu'on distingue bien le son avec ses diverses qualités, hauteur, intensité, timbre.

Les sensations auditives sont donc bien la conséquence du mouvement vibratoire et dépendent pour leurs caractères des éléments de celui-ci, puisqu'il suffit de reproduire artificiellement le mouvement vibratoire correspondant à un son quelconque pour faire naître la même sensation avec ses divers caractères.

Le phonographe est évidemment susceptible d'applications variées trop faciles à concevoir pour qu'il soit nécessaire d'insister. Malheureusement les appareils satisfaisant à toutes les conditions d'une bonne construction sont encore fort peu répandus.

CHAPITRE IV

ÉTUDE ACOUSTIQUE DU MOUVEMENT VIBRATOIRE

743. Propagation du mouvement vibratoire. — Nous avons étudié jusqu'à présent les sensations auditives et leurs variations dans leurs rapports avec la cause immédiate, directe, cause qui est le mouvement vibratoire communiqué à l'oreille. Mais, sauf des cas exceptionnels, ce mouvement ne prend pas naissance au contact de cet organe; il a son origine en un point plus ou moins distant, et il a, par suite, un espace plus ou moins grand à parcourir avant de pouvoir donner naissance à la sensation. Nous avons montré comment à l'aide des phénomènes mécaniques qui peuvent prendre naissance on a pu étudier quelques-unes des questions qui se rattachent à cette propagation; mais en général cette étude a été faite directement à l'aide des sensations mêmes. Nous allons indiquer quelques-unes des observations et des expériences qui ont été faites de cette façon, observations et expériences qui sur certains points

confirmeront les résultats déjà obtenus et qui, sur d'autres, fourniront des indications complémentaires.

Pour qu'un son soit perçu en un point par un observateur, plusieurs conditions sont nécessaires: il faut qu'il y ait quelque part un corps vibrant, il faut que, entre ce corps vibrant et l'oreille, il y ait une suite ininterrompue de milieux élastiques, il faut que l'observateur possède une oreille saine et un système nerveux normal. Nous admettons que cette dernière condition soit remplie, sans insister, le côté physique de la question se terminant à l'instant où le mouvement vibratoire est communiqué à l'oreille.

Nous avons à peine besoin de revenir sur la nécessité d'un corps mis en vibration pour qu'il y ait production de la sensation sonore; quand nous entendons un son, nous pouvons toujours arriver à déterminer le corps qui est la cause de la sensation, et l'application d'une des méthodes indiquées au début de ce livre permet de reconnaître que ce corps est animé d'un mouvement vibratoire. On désigne, d'une manière générale, sous le nom de *corps sonores* des corps vibrant dans des conditions telles qu'ils peuvent communiquer à l'oreille des mouvements faisant naître la sensation auditive.

744. — Le mouvement vibratoire se propage à travers les gaz, comme le montrent toutes les observations dans lesquelles nous sommes séparés d'un corps sonore par une certaine distance et par suite par une masse d'air plus ou moins considérable. Le mouvement vibratoire se propage dans les liquides, car, en plongeant la tête dans l'eau, nous continuons d'entendre si un corps sonore est placé à quelque distance de la surface du liquide ou si l'on vient à frapper sur une cloche immergée dans le liquide. Enfin le mouvement vibratoire peut se transmettre à travers les solides, car si nous sommes séparés d'un corps sonore par une vitre, une paroi de planches ou de métal, ou même un mur, si son épaisseur n'est pas trop grande, nous continuons à entendre: la plupart de ces faits sont d'observation journalière.

Mais la transmission du mouvement vibratoire d'un corps sonore jusqu'à l'oreille est impossible si entre l'un et l'autre il y a interruption dans la série des milieux élastiques; c'est ainsi que la propagation ne peut avoir lieu à travers le vide. On démontre qu'il en est ainsi, en suspendant à l'aide d'un fil une clochette au centre d'un ballon muni d'une garniture à robinet (fig. 374). Si on agite le ballon, ce qui met en mouvement le battant de la clochette et provoque les vibrations de celles-ci, on entend le son caractéristique malgré l'existence de la paroi, et même si le robinet est fermé. Mais si l'on fait le vide dans le ballon, on n'entend plus rien malgré qu'on agite le ballon comme

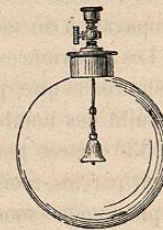


Fig. 374.