

rique. Le même effet se continuera d'ailleurs, le rayon de chaque surface d'onde s'accroissant de  $\lambda$  pendant chacune des oscillations complètes de A.

On comprend, comme précédemment, que tous les points situés sur ces surfaces d'onde distantes les unes des autres de  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$ ... ou autrement de  $2\frac{\lambda}{2}$ ,  $4\frac{\lambda}{2}$ ,  $6\frac{\lambda}{2}$ ... seront constamment dans la même phase de leur vibration. Au contraire, les points d'une surface sphérique située à moitié distance entre deux des surfaces d'onde précédentes sera constamment dans une phase opposée; leurs distances à une des surfaces d'onde précédente sera évidemment  $\frac{\lambda}{2}$ ,  $3\frac{\lambda}{2}$ ,  $5\frac{\lambda}{2}$ ...

Entre deux surfaces d'onde consécutives, distantes de  $\lambda$ , on trouve évidemment des points à toutes les phases de leur vibration : c'est cet ensemble qui constitue l'onde aérienne.

Si on appelle  $u$  la vitesse de propagation du mouvement vibratoire,  $\theta$  la durée d'une vibration,  $n$  le nombre de vibrations par seconde, on a, comme nous l'avons vu pour l'éther (661), les relations :

$$\lambda = u\theta \quad n\lambda = u.$$

On connaît déjà  $u$  : si l'on peut déterminer par l'expérience une des quantités  $\lambda$ ,  $\theta$  ou  $n$ , ces équations permettront de calculer les deux autres.

**704. Direction des vibrations.** — Les diverses expériences que nous avons signalées permettent de reconnaître l'existence d'un mouvement vibratoire, dans l'air, par exemple; elles ne renseignent pas absolument sur la direction des vibrations, elles n'indiquent pas si celles-ci sont longitudinales ou transversales (676).

Cependant, en plaçant les membranes qui servent à l'enregistrement dans une direction perpendiculaire à celle de la propagation, on observe que les effets sont beaucoup plus marqués que si on les place dans une direction parallèle à celle de la propagation, ce qui tend à prouver que les vibrations ont lieu dans la direction de la propagation, c'est-à-dire qu'elles sont longitudinales.

On est conduit au même résultat par cette considération que, dans aucun cas, il n'a été possible d'observer un phénomène analogue à ceux que présente la lumière polarisée et qui nous ont conduit à conclure que les vibrations de l'éther sont transversales. Cette preuve, toute négative, ne suffirait pas seule, évidemment; elle vient cependant à l'appui des observations précédentes. D'ailleurs d'autres faits dont nous signalerons quelques-uns viennent également corroborer cette conclusion que nous admettrons, par conséquent.

Il ne conviendrait pas, d'ailleurs, d'étendre ce résultat absolument à tous les cas et de rejeter la possibilité de vibrations transversales dans certains cas. C'est ainsi que dans des tiges ou dans des cordes métalliques tendues, dans des plaques rigides on peut observer des vibrations tantôt

longitudinales, tantôt transversales. Les expériences que nous avons indiquées pour les corps présentant ces formes mettent en évidence l'existence de vibrations transversales; mais on peut également reconnaître qu'il se produit des vibrations longitudinales dans certaines conditions.

Si, par exemple, on fixe horizontalement dans un étau une tige métallique (fig. 359) sur l'extrémité libre de laquelle on appuie un petit pendule à boule métallique comme dans une expérience précédente, et qu'on frotte cette tige longitudinalement à l'aide d'un morceau de drap saupoudré de colophane, on verra la petite boule être projetée à plusieurs reprises jusqu'à une certaine distance : cette action ne peut s'expliquer que par des déplacements longitudinaux de l'extrémité libre; des déplacements transversaux ne pourraient projeter la boule dans une direction perpendiculaire à leur direction propre.

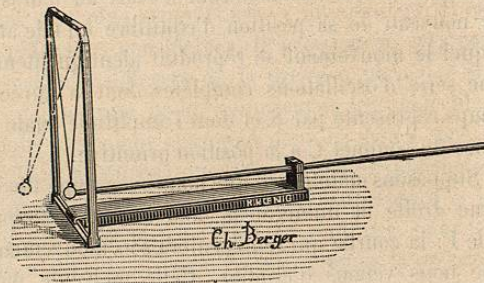


Fig. 359.

**705. Étude de la propagation du mouvement vibratoire.** — L'existence de vibrations longitudinales, que nous étudierons spécialement dans l'air, conduit à des conséquences importantes que nous devons indiquer au moins sommairement.

Cherchons à représenter graphiquement le déplacement d'une molécule A (fig. 360) d'une masse élastique, d'air, par exemple. Convenons

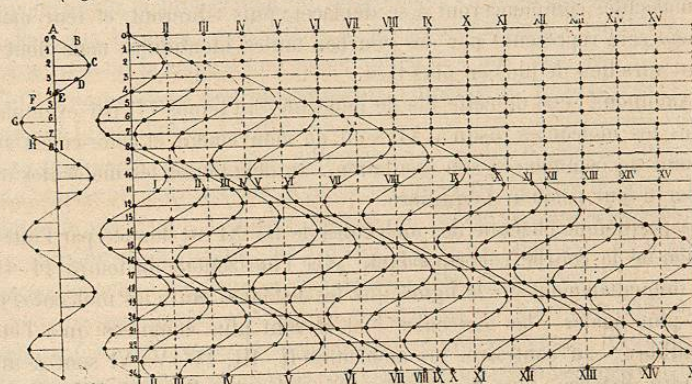


Fig. 360.

de porter sur une ligne verticale des longueurs représentant les temps, et sur chaque horizontale, passant par un point représentant un instant



donné, la position occupée par la molécule A à cet instant. L'ensemble des points ainsi obtenus pour tous les instants donne une courbe ACGI qui fait connaître toutes les particularités du mouvement de A.

Nous voyons ainsi que la molécule commence à s'écarter de sa position d'équilibre vers la droite, que l'écart augmente jusqu'à l'instant 2 où il est maximum : que A se rapproche de sa position d'équilibre qu'elle atteint au temps 4; que cette molécule s'écarte vers la gauche et arrive au maximum d'écart au temps 6, qu'elle se rapproche de nouveau de sa position d'équilibre qu'elle atteint au temps 8, après lequel le mouvement se reproduit identiquement, la molécule exécutant une série d'oscillations complètes dont la durée est pour chacune d'un temps représenté par 8 et dont l'amplitude totale est le double de la distance du sommet C à la position primitive.

Supposons maintenant que nous ayons une file de molécules situées en ligne droite et numérotées de I à XV. Mettons en vibration la molécule I : la courbe qui représentera son mouvement sera identique à celle que nous venons d'étudier. Cette molécule mettra en mouvement la molécule II qui se comportera de la même façon, les déplacements étant les mêmes que ceux de I; seulement, ce mouvement ne commencera pas en même temps que celui de I, mais avec un petit retard; nous supposons qu'il commence au temps 1, la courbe aura alors la disposition indiquée sur la figure en II, II. A cet instant 1, la molécule I se sera rapprochée de II, mais les distances de toutes les autres molécules auront conservé leurs distances entre elles : disons même que c'est précisément ce rapprochement qui détermine la mise en mouvement de la molécule II.

Le même effet se manifestera de proche en proche et successivement les molécules commenceront à se déplacer, puis vibreront, et leur mouvement sera représenté par des courbes toutes identiques, mais dont le début aura lieu de plus en plus tard.

Examinons l'état de cette file de molécules au temps 11, par exemple : toutes les molécules jusqu'à XII sont en mouvement et celle-ci est sur le point de commencer son oscillation : au delà toutes les molécules ont conservé leur position d'équilibre.

La position de chacune des molécules de I à XI est donnée par l'intersection de la courbe correspondante avec l'horizontale du temps 11. On voit immédiatement sur la figure que les distances entre les molécules ne sont plus égales : les molécules I et II sont plus éloignées qu'à l'état d'équilibre; au contraire, les molécules II, III, IV, V, VI sont à une moindre distance, puis de nouveau les molécules VI, VII, VIII, IX, X sont à une plus grande distance qu'à l'état d'équilibre, et enfin les molécules X, XI, XII sont plus rapprochées.

On remarque aisément qu'il en est ainsi à chaque instant sur chaque

ligne horizontale, qu'il y a alternativement 4 espaces intermoléculaires moindres qu'à l'état d'équilibre, et 4 espaces plus grands. De plus, le maximum de rapprochement, en IV et en XII, au temps 11 correspond à l'instant où la molécule repasse à sa position d'équilibre; il en est de même pour le maximum d'éloignement en VIII; seulement, c'est l'instant où elle y revient dans le sens opposé à celui de IV et XII.

706. — On sait que les pressions des gaz sont liées aux volumes (56) et par conséquent aux distances intermoléculaires, la pression étant plus grande quand les molécules sont plus rapprochées et inversement. Il en résulte que sur la file de molécules considérées, la pression ne sera pas uniforme, et que, en général, elle différera de la pression normale. Si, au temps 11, nous considérons une onde, comprenant les molécules situées entre deux molécules repassant ensemble dans le même sens à la même position, comme II et X, on voit que pour 4 espaces intermoléculaires la distance est moindre, que la pression est supérieure à la pression d'équilibre, qu'il y a condensation; que, au contraire, pour les 4 autres espaces intermoléculaires, la distance est plus grande, la pression est moindre que la pression d'équilibre, il y a dilatation. On peut donc dire que l'onde comprise entre les molécules II et X se divise en deux demi-ondes, l'une de II à VI, demi-onde condensante, l'autre de VI à X, demi-onde dilatante.

En examinant ce qui se passe aux instants successifs, on reconnaît que les positions où l'on observe ces deux demi-ondes varient, qu'elles sont d'autant plus éloignées de la molécule A qu'on considère un instant moins rapproché de l'origine du phénomène; c'est ce que l'on exprime en disant que ces demi-ondes se propagent.

Dans un certain nombre de cas, il est important de se représenter le phénomène de la propagation du mouvement vibratoire comme correspondant aux variations successives de pression, en chaque point, qui est alternativement le siège d'une condensation et d'une dilatation.

707. **Composition des mouvements vibratoires. Interférences.** — Étudions le résultat de l'arrivée en un point de deux mouvements vibratoires provenant de sources différentes; le point considéré subissant simultanément deux actions prendra un mouvement résultant qui sera déterminé parce que, à chaque instant, la vitesse de ce mouvement sera la résultante géométrique des vitesses des deux vibrations qu'il aurait prises si chacune des sources de vibration avait agi isolément.

Nous ne nous arrêterons pas au cas général de vibrations différentes parvenant en un point, et nous considérerons seulement celui où les vibrations sont égales et où elles parviennent au point considéré dans la même direction ou à peu près. Nous retrouvons alors des conditions analogues à celles déjà signalées pour les ondes liquides et pour les radiations : les résultats seront aussi analogues.



Si les deux mouvements vibratoires arrivent dans la même phase, les vitesses s'ajoutent et la vibration résultante correspond à une vitesse qui est la somme des vitesses composantes; si les deux mouvements vibratoires arrivent dans des phases opposées, les vitesses étant de sens contraire, se retranchent et, puisqu'elles sont égales, donnent une résultante nulle : le point considéré reste au repos.

Le fait peut être vérifié expérimentalement en amenant en un point deux séries d'ondes vibratoires émanées d'une même source, mais entre lesquelles on a établi une certaine différence de marche en leur faisant parcourir des trajets différents. Voici comment on peut réaliser l'expérience.

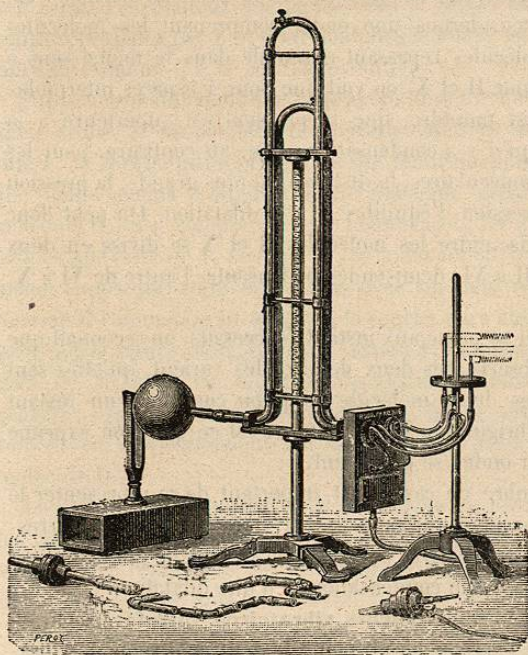


Fig. 361.

En face d'une lame vibrante, d'un diapason (fig. 361), on place l'ouverture d'un tube qui se bifurque et dont les deux parties se réunissent après un certain parcours, ne présentant pas de courbures brusques; une capsule manométrique est placée à cette extrémité et permet de reconnaître l'état de repos ou de vibration de l'air qui s'y trouve et qui subit l'action de deux séries d'ondes arrivant chacune par l'un des côtés du tube bifurqué. L'une des branches de celui-ci est

à coulisse, ce qui permet d'allonger plus ou moins le parcours correspondant.

Lorsque le chemin parcouru est le même dans les deux branches, il n'y a pas de différence de marche, les mouvements vibratoires arrivent dans la même phase, s'ajoutent et la flamme manométrique indique l'existence d'un mouvement vibratoire, du même que celui qui eût été observé si, le tube n'ayant pas été bifurqué, le mouvement vibratoire du diapason eût été communiqué entièrement à la capsule, puisqu'on a réuni ce qui avait été séparé au départ.

Mais il n'en est plus ainsi si l'on vient à tirer la coulisse, ce qui allonge le parcours correspondant.

Il s'établit une différence de marche et les mouvements vibratoires n'arrivent plus dans la même phase; par un allongement convenable, ils peuvent se trouver dans des phases absolument opposées et se détruire complètement, il y a *interférence*, et la flamme manométrique vue dans le miroir tournant donne un ruban lumineux sans dentelure.

La différence de marche qui peut être évaluée sur l'appareil d'après le déplacement de la coulisse doit être dans ce cas égal à la demi-longueur d'ondulation qui correspond au mouvement vibratoire considéré; c'est une manière de mesurer cette quantité.

En faisant varier d'une manière continue la différence de marche entre les deux cas extrêmes que nous venons d'indiquer, on voit les dentelures de la bande lumineuse varier de hauteur également d'une manière continue, ces dentelures étant d'autant moins profondes que la différence de marche s'approche plus de  $\frac{\lambda}{2}$ .

En général, comme le montre la figure, on emploie trois capsules manométriques : deux d'entre elles reçoivent directement les vibrations arrivant par chaque branche et les flammes correspondantes sont toujours dentelées; la capsule intermédiaire reçoit les deux mouvements et donne une flamme présentant les différences que nous venons d'indiquer.

708. — Nous avons dit qu'une onde se propageant dans l'air et rencontrant un obstacle se réfléchit; dès lors, s'il y a, non pas une onde, mais une succession d'ondes, il y aura de même une série d'ondes réfléchies et, après la réflexion, il y aura donc en chaque point, et tant que durera le mouvement vibratoire, deux mouvements vibratoires qui se composeront d'après les règles ordinaires.

En certains points, à un moment donné, il y aura addition des vitesses, en d'autres, il y aura interférence, destruction de tout mouvement vibratoire. Une étude détaillée de la question montre que les points où il y a interférence conservent constamment une position fixe dans l'espace; ils sont régulièrement espacés sur la ligne abaissée perpendiculairement de la source de vibration sur l'obstacle sur lequel se fait la réflexion, et la distance qui les sépare est égale à  $\frac{\lambda}{2}$ ; ces points sont appelés *nœuds fixes* de vibration.

Entre deux nœuds consécutifs, l'effet simultané des ondes directes et des ondes réfléchies communique à chaque point un mouvement vibratoire de même période que le mouvement primitif, mais dont l'amplitude varie d'un point à l'autre, croissant depuis le nœud jusqu'au milieu de la distance qui sépare ce nœud du suivant. C'est donc en ce milieu qu'il y a l'amplitude maxima; c'est un *ventre de vibration*. La distance qui sépare un nœud du ventre le plus voisin est égale à  $\frac{\lambda}{4}$ .



On reconnaît également que, de part et d'autre d'un nœud, les points sont animés de mouvements vibratoires dont les vitesses sont constamment de sens contraire : aussi, se produit-il en ce point des alternatives de dilatation et de compression. Aux ventres, au contraire, les molécules voisines se déplacent dans le même sens, la pression reste constante.

Il importe de remarquer que, par suite de la superposition du système d'ondes réfléchies au système d'ondes directes, les ondes condensantes et dilatantes, qui existent et se propagent dans le cas d'un seul système, cessent d'être perceptibles : par leur action simultanée, un nouvel état a pris naissance dans lequel les variations maxima de pression restent localisées en certains points, y passant d'ailleurs de la condensation à la dilatation et inversement; pour tous les autres points, il y a des variations de pression de plus en plus faibles, jusqu'aux ventres où la pression reste constante.

709. — L'existence des nœuds et des ventres fixes de vibration a été vérifiée directement par Seebeck à l'aide du tambour que nous avons décrit et qu'il promenait entre une source de vibrations et un mur contre lequel se réfléchissait le mouvement vibratoire.

Mais c'est surtout dans les colonnes gazeuses, dans des tuyaux, que la question a été étudiée : on peut mettre en évidence l'existence des ventres dans un tuyau placé verticalement en y introduisant une membrane tendue sur un cadre et saupoudrée de sable fin : le tuyau présente une paroi en verre qui permet de voir le sable, agité sur la membrane à l'endroit des ventres. On peut surtout opérer à l'aide de capsules manométriques; mais, dans ce cas, il importe de remarquer que les effets sont dus aux variations de pression et que, dès lors, c'est aux nœuds que les flammes seront agitées tandis qu'elles resteront immobiles aux ventres. L'expérience montre que, dans des conditions convenables, les nœuds et les ventres occupent bien les positions prévues par la théorie.

710. **Vibration dans les tuyaux.** — Il importe de remarquer que, dans un tuyau, à moins que le mouvement vibratoire n'ait une très courte durée, le phénomène est complexe, car la réflexion ne se produit pas seulement à une extrémité, mais aux deux. Aussi, pour arriver à un résultat net, il est nécessaire que les ondes réfléchies successivement (et nous avons dit que l'on a vérifié qu'il pouvait y avoir pour une onde dix réflexions et davantage) ne détruisent pas à chaque passage les effets produits par l'onde directe et la première onde réfléchie; il faut qu'il y ait entre la longueur du tuyau et la longueur d'ondulation, certaines relations simples que nous allons indiquer.

Dans un tuyau, à une extrémité ouverte à l'air libre, il doit y avoir nécessairement un ventre, car la pression y doit rester constamment égale à celle de l'atmosphère extérieure; à une extrémité fermée, il doit y avoir un nœud, car les molécules en contact avec la paroi qui fait

obstacle ne peuvent se déplacer. Il faut donc que la longueur d'ondulation soit telle, dans chaque cas, qu'elle permette la réalisation de ces conditions.

Dans un tuyau dont on veut mettre l'air en vibration, il y a nécessairement une extrémité ouverte, c'est celle à laquelle est placée la source de vibrations; il faut donc qu'il y ait un ventre à cette extrémité. Mais l'autre extrémité peut être ouverte ou fermée, ce qui correspond aux

tuyaux dits *ouverts* ou *fermés*. Examinons successivement ces différents cas, et cherchons dans chacun d'eux quelle doit être la relation qui existe entre la longueur du tuyau et la longueur d'ondulation du mouvement vibratoire qui établira un état stable.

Considérons d'abord un tuyau ouvert (fig. 362) qui doit présenter un ventre à chaque extrémité. Cette condition nécessaire implique l'existence d'un nœud au moins, compris à égale distance de ces ventres (I); si  $l$  est la longueur du tuyau,

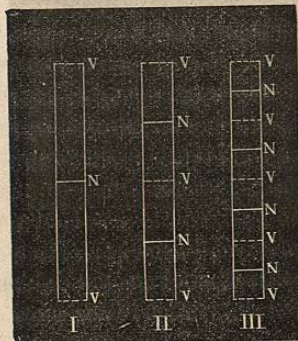


Fig. 362.

la distance d'un ventre au nœud voisin sera donc  $\frac{l}{2}$ ; mais cette distance doit être égale à  $\frac{\lambda}{4}$ ; il faut donc que l'on ait  $\frac{l}{2} = \frac{\lambda}{4}$ , relation que nous écrirons  $\lambda = \frac{4l}{2}$ .

Mais il peut y avoir des ventres intermédiaires, il peut y en avoir 1, ce qui entraînera l'existence de 2 nœuds intermédiaires (II); il peut y en avoir 2, ce qui entraînera 3 nœuds intermédiaires; il peut y en avoir 3 avec 4 nœuds intermédiaires (III), etc.

Dans ces cas, les distances d'un ventre au nœud le plus voisin seront respectivement  $\frac{l}{4}$ ,  $\frac{l}{6}$ ,  $\frac{l}{8}$ , etc., ce qui correspond à des longueurs d'ondulations données respectivement par les relations :

$$\frac{l}{4} = \frac{\lambda}{4}, \quad \frac{l}{6} = \frac{\lambda}{4}, \quad \frac{l}{8} = \frac{\lambda}{4}, \quad \text{etc.},$$

ou

$$\lambda = \frac{4l}{4}, \quad \lambda = \frac{4l}{6}, \quad \lambda = \frac{4l}{8}, \quad \text{etc.}$$

Toutes les fois que, devant un tuyau ouvert de longueur  $l$ , on produira un mouvement vibratoire dont la longueur d'ondulation aura une des valeurs,  $\frac{4l}{2}$ ,  $\frac{4l}{4}$ ,  $\frac{4l}{6}$ , etc., on pourra obtenir un mouvement vibratoire régulier, la masse gazeuse entrera en vibration.



711. — Si le tuyau est fermé, il y a nécessairement un nœud à l'extrémité fermée, un ventre à l'extrémité ouverte (fig. 363); il peut ne pas y en avoir d'autres (I): la distance du nœud au ventre étant alors  $l$ , pour que cette condition soit réalisée, il faut que le mouvement vibratoire ait une longueur d'ondulation  $\lambda$  telle qu'on ait  $l = \frac{\lambda}{4}$ , ou  $\lambda = 4l$ .

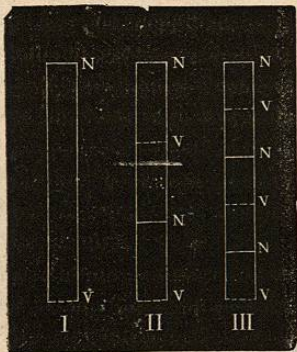


Fig. 363.

Mais il peut y avoir des nœuds et des ventres intermédiaires; par exemple un nœud et un ventre (II), 2 nœuds et 2 ventres (III), etc., les distances d'un nœud au ventre voisin seront alors respectivement  $\frac{l}{3}$ ,  $\frac{l}{5}$ , etc., et pour que ces conditions soient réalisées, il faut que les mouvements vibratoires aient des longueurs d'ondulation  $\lambda$  déterminées respectivement par les relations :

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{l}{3}, \frac{\lambda}{4} = \frac{l}{5}, \text{ etc.},$$

que nous écrirons encore :

$$\lambda = \frac{4l}{3}, \lambda = \frac{4l}{5}, \text{ etc.}$$

Ainsi, pour qu'un mouvement vibratoire puisse amener l'air d'un tuyau de longueur  $l$  à l'état permanent de vibration, il faut que sa longueur d'ondulation  $\lambda$  soit égale à  $\frac{4l}{1}$ ,  $\frac{4l}{3}$ ,  $\frac{4l}{5}$ , etc., s'il s'agit d'un tuyau fermé, ou à  $\frac{4l}{2}$ ,  $\frac{4l}{4}$ ,  $\frac{4l}{6}$ , etc., s'il s'agit d'un tuyau ouvert.

L'expérience a vérifié ces conclusions.

712. **Vibration des cordes, des verges, des plaques.** — Des considérations toutes semblables se présentent dans le cas des vibrations transversales des solides, des cordes, par exemple.

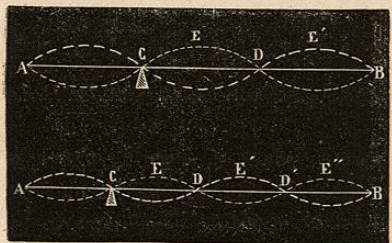


Fig. 364.

Si on prend une corde AB (fig. 364) tendue à ses extrémités et qu'on communique des vibrations transversales à l'aide d'un archet, par exemple, ces vibrations se réfléchiront aux extrémités et il y aura, de même, superposition des ondes directes et des ondes réfléchies. De même aussi il y aura des points où l'interférence se produira toujours,

et où il n'y aura pas déplacement : ce seront les nœuds fixes, entre lesquels les points seront tous affectés de mouvements vibratoires de même période, mais dont l'amplitude sera la plus grande au milieu de l'intervalle qui sépare 2 nœuds consécutifs, en des points appelés *ventres*; entre un ventre et un nœud, l'amplitude du mouvement vibratoire des divers points est d'autant plus petite que le point est plus rapproché du nœud. Enfin la distance d'un nœud au ventre voisin est égale au quart de la longueur d'ondulation,  $\frac{\lambda}{4}$ .

Dans une corde dont les extrémités sont fixes, il y a nécessairement un nœud à chaque extrémité, mais cette condition est compatible avec divers modes de vibration : le cas est évidemment analogue à celui des tuyaux ouverts.

Soit une corde de longueur  $l$  : il peut n'y avoir qu'un ventre intermédiaire, ou bien il peut y en avoir 2 avec un nœud, ou 3 ventres avec 2 nœuds, ou 4 ventres avec 3 nœuds, etc. La distance d'un nœud au ventre voisin prend alors respectivement les valeurs  $\frac{l}{2}$ ,  $\frac{l}{4}$ ,  $\frac{l}{6}$ ,  $\frac{l}{8}$ , etc.

Dans chaque cas, cette valeur doit être égale au quart de la longueur d'ondulation; les valeurs de cette donnée qui sont compatibles avec les modes de vibrations indiquées sont donc respectivement :

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{l}{2}, \frac{\lambda}{4} = \frac{l}{4}, \frac{\lambda}{4} = \frac{l}{6}, \frac{\lambda}{4} = \frac{l}{8}, \text{ etc.},$$

ou

$$\lambda = \frac{4l}{2}, \lambda = \frac{4l}{4}, \lambda = \frac{4l}{6}, \lambda = \frac{4l}{8}, \text{ etc.}$$

On reconnaît aisément sur une corde l'existence et la position des ventres et des nœuds, en y posant à cheval de petits chevrons de papier; lorsque la corde vibre, les chevrons qui correspondent à des ventres sont projetés violemment, ceux qui correspondent à des nœuds restent en place.

En agissant sur une corde avec un archet, comme nous l'avons dit, on ne lui communique pas un mouvement vibratoire déterminé; mais le mouvement transmis à la corde, reçu par celle-ci, est toujours tel qu'il produit un état vibratoire stable compatible avec les dimensions de la corde. On peut donc obtenir suivant les cas des états variés : en général, c'est le cas le plus simple qui se produit, celui d'un ventre intermédiaire unique; quelquefois on peut cependant obtenir une autre disposition. On y arrive aisément, d'ailleurs, par l'artifice suivant : on touche légèrement avec le doigt ou avec un corps quelconque, un point qui correspond à une partie aliquote de la corde, en C (fig. 364) par exemple, au tiers de AB, et l'on fait agir l'archet entre A et C; on voit alors la corde tout



entière entrer en vibration et un nœud prendre spontanément naissance en D, à l'autre tiers. On peut faire l'expérience pour d'autres points de division, elle réussit aisément, tant que les subdivisions correspondantes ne sont pas trop petites.

Un nœud, tel que D, restant immobile entre deux parties qui oscillent, ne peut évidemment subsister que si ces deux parties oscillent à chaque instant en sens contraire. C'est ce que la théorie indique, c'est ce que l'on voit nettement en examinant une corde vibrante à l'aide du disque stroboscopique.

713. — En réalité, les cordes ne vibrent pas toujours de la manière simple que nous venons d'indiquer, et souvent deux ou plusieurs des modes vibratoires qu'elle peut affecter subsistent : les déplacements s'ajoutent alors ou se retranchent en chaque point, donnant à la corde des formes variables d'instant en instant, mais dont on peut prévoir la disposition par une construction géométrique facile à comprendre. La fig. 365 montre ainsi la forme que prend une corde pour laquelle, à la

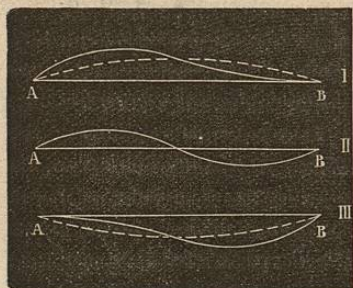


Fig. 365.

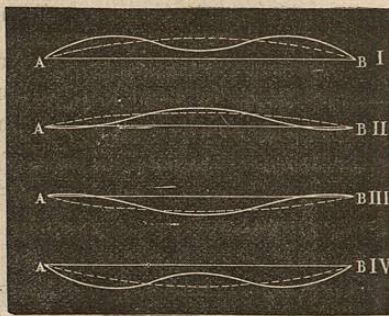


Fig. 366.

vibration de totalité (représentée en ligne ponctuée), s'est ajoutée la vibration par moitié; de même la fig. 366 montre le résultat de la superposition de la vibration par tiers à la vibration de totalité. Ces formes sont faciles à discerner avec le disque stroboscopique; on s'en rend même aisément compte en regardant une corde éclairée vibrer devant un fond obscur.

714. — Des effets du même genre peuvent également se manifester pour des verges qui peuvent aussi vibrer soit en totalité, soit en se divisant en concamérations : la partie fixe correspond à un nœud, l'extrémité libre à un ventre; mais l'existence de l'encastrement modifie les conditions de la vibration, et les diverses concamérations ne sont pas égales.

Pour les verges, comme pour les cordes, il peut y avoir superposition de plusieurs modes vibratoires; mais, pour quelques formes, comme celle du diapason, verge courbée en U très allongé et fixée à un pied par le milieu de la courbure, il n'y a guère qu'un seul mode vibratoire sensible.

Les plaques et membranes vibrant transversalement donnent lieu à des phénomènes analogues à ceux que nous venons d'indiquer : des vibrations s'y propagent, s'y réfléchissent et la superposition des ondes directes et des ondes réfléchies donne lieu en certains points à des interférences. L'ensemble des points où il y a interférence constitue les *lignes nodales* qui, dans les corps homogènes et de forme géométrique, ont des dispositions simples.

On met aisément en évidence ces lignes nodales en projetant du sable fin sur une plaque fixée horizontalement. Lorsque celle-ci vibre, on voit le sable s'agiter en certains points et se réunir en quelques régions où il reste immobile, dessinant ainsi l'ensemble des lignes nodales.

On sait peu de chose sur les relations qui peuvent exister entre la disposition des lignes nodales et les conditions du mouvement vibratoire communiqué à la plaque.

715. — Pour une raison analogue à celle que nous avons indiquée pour les cordes, on conçoit que deux parties vibrantes, deux concamérations immédiatement contiguës doivent avoir à chaque instant des déplacements opposés, puisque la ligne intermédiaire reste au repos. On peut mettre ce fait nettement en évidence à l'aide de l'expérience suivante due à Wheatstone. On prend un tuyau qui, à la partie inférieure, se bifurque en deux branches présentant des ouvertures situées en dessous (fig. 367), et qui à la partie supérieure s'élargit et porte une membrane tendue sur laquelle on a projeté du sable fin. Lorsqu'on place les orifices inférieurs au-dessus de deux concamérations séparées par une concamération intermédiaire, on voit que le sable est vivement agité; c'est que, en effet, ces concamérations vibrent de la même façon et dans le même sens, que leurs effets s'ajoutent. Mais si on place les orifices inférieurs au-dessus de deux concamérations immédiatement voisines, le sable reste immobile : les deux concamérations vibrent cependant, mais, puisque les vibrations s'annulent réciproquement, c'est que, à chaque instant, les mouvements vibratoires ont lieu en sens contraire.

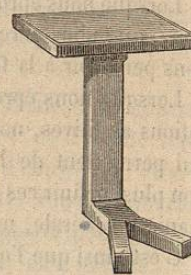


Fig. 367.