manière plus ou moins complète, avec la main fermée, l'ouverture du pavillon. Mais les sons ainsi obtenus sont toujours plus ou moins sourds, et il est même difficile de leur donner toujours une justesse satisfaisante.

L'*ophicléide* présente, dans sa longueur, un certain nombre de trous qu'on peut ouvrir à volonté au moyen de *clefs*, de manière à multiplier beaucoup les sons que peut rendre l'instrument. — On trouve une disposition semblable dans les *saxophones*, dont on fait un si grand usage dans la musique militaire (*).

Dans le *trombone*, une partie mobile à coulisse permet d'allonger ou de raccourcir brusquement le tuyau sonore, et de produire ainsi des sons plus ou moins élevés. — Dans le *cornet à pistons*, l'exécutant modifie la longueur du tuyau au moyen de pistons, qui interceptent ou font entrer dans la partie vibrante diverses portions supplémentaires.

(*) Cette dénomination est empruntée au nom du fabricant, M. Sax, qui en a, le premier, montré toutes les ressources.

CHAPITRE IV

VIBRATIONS DES CORPS SOLIDES

I. — VIBRATIONS DES CORDES.

668. **Lois des vibrations transversales.** — Lorsqu'une corde est tendue entre deux points fixes, on peut lui faire produire des sons en la faisant vibrer soit transversalement, soit longitudinalement. — Nous étudierons d'abord les vibrations *transversales*, qui sont les plus importantes au point de vue des applications.

On produit les vibrations transversales en pinçant la corde, c'est-à-dire en l'écartant de sa position d'équilibre, pour l'abandonner ensuite à elle-même, ou bien en la frottant avec un archet perpendiculairement à sa longueur. — Dans l'un ou l'autre cas, chacun de ses points exécute une série de vibrations perpendiculairement à la direction primitive de la corde.

Les nombres des vibrations, pour des cordes différentes, varient :

1° *En raison inverse des longueurs;*

2° *En raison inverse des diamètres;*

3° *Proportionnellement aux racines carrées des poids tenseurs;*

4° *En raison inverse des racines carrées des poids spécifiques.*

Ces quatre lois sont comprises dans la formule suivante, qui est due à Lagrange : Si l'on désigne par n le nombre de vibrations en une seconde, on a, pour une corde quelconque,

$$n = \frac{1}{2rl}\sqrt{\frac{gP}{\pi d}};$$

r est le rayon et l la longueur de la corde; d est son poids spécifique, et P est le poids tenseur; g est l'accélération due à la pesanteur, exprimée au moyen de la même unité que les autres quantités linéaires r et

l; enfin π est le rapport de la circonférence au diamètre, égal à 3,1416 (*).

669. **Vérifications expérimentales des lois précédentes à l'aide du sonomètre.** — Le *sonomètre* (*fig.* 563) se compose d'une caisse en bois de sapin, qui porte deux chevalets fixes, *ac*, *bd*, séparés l'un de l'autre par une distance d'un mètre. Sur ces chevalets, s'appuie une première corde métallique *dc*, tendue entre les chevilles *q* et *r* : la clef A permet de régler à volonté la tension de cette corde et, par suite, le son qu'elle rend. A la cheville *p* est assujettie une

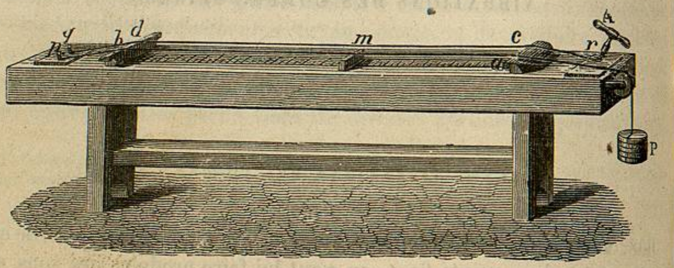

Fig. 563. — Sonomètre.

seconde corde métallique *ba*, qui, s'appuyant sur les chevalets, vient passer sur une poulie et soutient en P un poids. — Un petit chevalet mobile *m*, qu'on placera au-dessous de cette dernière corde, permettra de limiter à volonté la longueur de la partie vibrante : on mesurera cette longueur au moyen d'une règle fixée sur la caisse et divisée en millimètres.

1° Pour vérifier la *loi des longueurs*, commençons par tendre la corde

(*) Cette formule permet de trouver, non seulement le rapport entre les nombres de vibrations que deux cordes exécutent dans le même temps, mais encore le nombre *absolu* des vibrations d'une corde quelconque, dans l'unité de temps. Pour l'appliquer à cette détermination, on exprime les longueurs r, l et g au moyen d'une même unité linéaire, arbitrairement choisie, et l'on prend pour unité de poids, dans l'évaluation de P, le poids du cube d'eau dont le côté est égal à l'unité de longueur. — Si l'on se propose de trouver, par exemple, le nombre de vibrations d'une corde de fer, ayant 1 mètre de longueur, deux dixièmes de millimètre de rayon, et tendue par un poids de 10 kilogrammes, on exprimera l, r et g en décimètres, P en kilogrammes, et l'on aura :

$$n = \frac{1}{2 \times 0,002 \times 10} \sqrt{\frac{98,088 \times 10}{3,1416 \times 7,8}} = 158,15.$$

Ce nombre de vibrations correspond à un son compris entre ut_2 et ut_3; et si l'on divise 158,15 par le nombre de vibrations de ut_2, savoir 130,5, on trouve 1,212, résultat très peu différent de $1,200 = \frac{3}{4} : \frac{25}{24}$, qui mesure l'intervalle de *ut* à *mi*. La note donnée par la corde se confond donc à peu près avec le $mi\flat_2$.

antérieure *ba* au moyen d'un poids déterminé P, et réglons ensuite la tension de la corde postérieure *dc*, à l'aide de la clef A, de manière que les sons produits par les deux cordes soient *à l'unisson*. — Plaçons alors le chevalet mobile *m* au milieu de la corde antérieure et comparons le son qu'elle produit à celui qu'elle rendait précédemment, c'est-à-dire à celui que rend toujours la corde postérieure. On constate que ce son est l'*octave aiguë* du premier. En d'autres termes, en réduisant la longueur de la corde à *moitié*, on obtient un nombre de vibrations *double* (652). — En limitant de même sur la corde antérieure, au moyen du chevalet mobile, une longueur égale aux $\frac{2}{3}$ de sa longueur totale, et comparant le nouveau son qu'elle produit à celui que continue à rendre la corde postérieure, on trouve que le nouveau son est à la *quinte* du premier; dès lors, d'après ce que nous avons vu (652), le nombre des vibrations, pour cette nouvelle longueur, est égal aux $\frac{3}{2}$ du nombre de vibrations primitif. — *En général*, quand on fait varier la longueur d'une corde, *le nombre des vibrations varie en raison inverse de la longueur de la partie vibrante.*

2° Pour vérifier la *loi des diamètres*, on choisit, par exemple, quatre cordes de même matière, dont les diamètres soient entre eux comme les nombres 4, 3, 2, 1. On place la première en *ba*, avec un certain poids tenseur P, et on met la corde fixe *dc* à l'unisson avec elle, au moyen de la clef A. On remplace alors successivement la première corde par les trois autres, en employant toujours le même poids tenseur P, et l'on compare les sons qu'elles rendent avec celui de la corde fixe. — On trouve que les quatre sons peuvent être représentés par les notes

$$ut_1 \quad fa_1 \quad ut_2 \quad ut_3,$$

dont les nombres de vibrations sont entre eux comme $1, \frac{4}{3}, 2, 4$, ou comme

$$\frac{1}{4} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{1}{2} \quad 1.$$

Ces nombres de vibrations sont donc *en raison inverse des diamètres.*

3° La *loi des tensions* se vérifie d'une manière analogue. La corde *ba* étant chargée d'un certain poids, on met *dc* à l'unisson avec elle. Puis on charge la corde *ba* de poids égaux à 4, 9, 16 fois le poids primitif. Si le premier son obtenu est ut_1, on trouve, pour les suivants,

Poids tenseurs.	1	4	9	16
Sons rendus par la corde. . .	ut_1	ut_2	sol_2	ut_3
Nombres de vibrations. . . .	1	2	3	4

ce qui démontre que les nombres de vibrations sont *proportionnels aux racines carrées des poids tenseurs.*

4° Enfin, pour la *loi des poids spécifiques*, on peut faire usage de deux cordes de même diamètre, l'une de platine et l'autre de fer, et constater que, sous l'action de poids égaux, des longueurs égales de ces deux cordes produisent des sons dont l'intervalle est *en raison inverse des racines carrées des poids spécifiques*, c'est-à-dire sensiblement égal à $\sqrt{\frac{7,8}{23}}$.

670. **Harmoniques des cordes.** — On peut, en opérant comme nous allons l'indiquer, faire produire à une même corde, sans en changer la tension ni la longueur, une série de sons différents, qu'on nomme ses *harmoniques*. Le plus grave, celui que nous avons seul considéré jusqu'ici, est le *son fondamental*.

1° Soit AB (*fig.* 566) l'une des cordes du sonomètre ; pour obtenir le

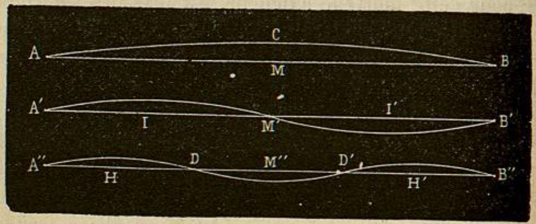

Fig. 566.

son fondamental, on attaque cette corde en un point situé à peu de distance de son milieu M. Le gonflement apparent de la corde montre que tous ses points vibrent perpendiculairement à sa longueur et que l'amplitude des vibrations est plus grande au milieu que partout ailleurs. Le point M prend le nom de *ventre de vibration*, et l'on appelle *nœuds* les extrémités A et B, qui seules ne vibrent pas.

2° Plaçons maintenant le chevalet mobile *m* du sonomètre sous le milieu de la corde, et appuyons la corde très légèrement avec le doigt sur l'arête du chevalet ; représentons la corde au repos par la droite A'B', et soit M' son milieu. Si l'on attaque avec l'archet l'une des moitiés, A'M' par exemple, on obtient un son qui est l'*octave aiguë* du son fondamental, et qui, par conséquent, correspond à un nombre *double* de vibrations dans le même temps. — Pour expliquer la production de ce deuxième son, il faut observer que le milieu M' de la corde, maintenu par la pression du doigt, ne peut prendre aucun mouvement vibratoire, et devient, par conséquent, un *nœud ;* mais la seconde moitié M'B' entre en vibration, en même temps que A'M', car, si l'on place de petits chevrons de papier sur différents points de M'B', ces chevrons sont renversés, dès qu'on attaque, avec l'archet, un point de A'M'. La corde s'est donc divisée en deux parties, qui vibrent séparément comme le feraient deux cordes de

longueur moitié moindre : le son produit doit donc bien être l'octave aiguë du son fondamental (*).

3° On peut également faire produire à une corde un son correspondant à un nombre de vibrations *triple* de celui du son fondamental. Soit A''B'' la position d'équilibre de la corde, D et D' les points qui la divisent en trois parties égales : plaçons le chevalet sous le point D, appuyons légèrement la corde sur l'arête de ce chevalet, et attaquons avec l'archet l'un des points de A''D. Si le son fondamental était ut_1, le son produit sera maintenant sol_2, qui correspond à un nombre triple de vibrations. — En plaçant des chevrons de papier sur différents points de DB'', on constate encore que tous ces chevrons se renversent, à l'exception de celui qui est placé en D'. Le point D' est donc un *nœud*, aussi bien que le point D, et la corde s'est subdivisée en trois parties égales, vibrant chacune séparément.

On arrive aux mêmes conclusions en employant une longue corde blanche, tendue au-dessus d'une planche noire ; lorsqu'on l'ébranle de manière à lui faire produire un de ses harmoniques, l'œil voit la corde se partager en espèces de fuseaux, renflés chacun en leur milieu, et séparés par des étranglements qui correspondent aux nœuds.

En généralisant ces résultats, on est conduit à cette loi : *Les nombres de vibrations des harmoniques d'une même corde, vibrant transversalement, varient comme les nombres entiers successifs.*

*671. **Vibrations longitudinales.** — Pour faire vibrer longitudinalement une corde, on la frotte, dans le sens de sa longueur, avec un morceau de drap imprégné de colophane.

La formule suivante, qui est due à Lagrange, donne le nombre de vibrations *n'* du son fondamenlal ; on a

$$n' = \frac{1}{2rl}\sqrt{\frac{gk}{\pi d}},$$

r, *l* et *d* étant le rayon, la longueur et le poids spécifique de la corde, et *k* étant son *coefficient d'élasticité*, c'est-à-dire le poids tenseur qu'il faudrait appliquer à une corde de même nature, et dont la section serait 1 millimètre carré, pour produire un allongement égal à la longueur primitive elle-même (en supposant qu'il soit physiquement possible de réaliser un pareil allongement) (**).

(*) L'expérience suivante, due à Duhamel, montre d'ailleurs que les deux moitiés de la corde vibrent en sens contraire, c'est-à-dire que, tandis que A'M' s'infléchit d'un côté de sa position d'équilibre, M'B' s'infléchit de l'autre côté, comme le représente la figure. La corde étant légèrement appuyée par son milieu sur un chevalet, si on l'attaque en même temps des deux côtés de ce point, avec deux archets mis en mouvement *dans le même sens*, on n'obtient aucun son, tandis qu'on obtient l'octave du son fondamental quand on fait mouvoir les deux archets *en sens contraire*.

(**) En comparant cette formule à celle qui a été donnée plus haut (668), on voit

En comparant cette formule avec celle des vibrations transversales (668), on a :

$$\frac{n'}{n}=\frac{\sqrt{k}}{\sqrt{P}}.$$

Comme k est très grand par rapport à P, on voit que le son fondamental des vibrations longitudinales doit être beaucoup plus aigu que celui des vibrations transversales. — C'est ce que l'expérience confirme.

Les nombres de vibrations correspondants aux harmoniques successifs d'une même corde peuvent être représentés, comme pour les vibrations transversales, par *la série des nombres entiers successifs.*

672. **Notions générales sur les instruments à cordes.** — Les instruments à cordes qu'on emploie en musique sont tous fondés sur les lois des vibrations transversales. — Les uns, comme le piano et la harpe, sont des instruments *à sons fixes*, et exigent au moins autant de cordes qu'ils doivent produire de notes différentes. — Les autres, comme le violon, le violoncelle, sont des instruments *à sons variables*, et comprennent un nombre de cordes bien moins considérable.

Dans le *piano*, les vibrations sont produites par le choc de marteaux articulés, qui sont mis en mouvement par la pression exercée sur les touches du clavier. A mesure que l'on abandonne les touches, elles laissent retomber, sur les cordes correspondantes, de petits *étouffoirs* qui éteignent les vibrations. — Au moyen de la *pédale*, on peut éloigner à volonté tous les étouffoirs : les vibrations des cordes ébranlées se prolongent alors beaucoup plus longtemps.

La *harpe* établit le passage entre les instruments à sons fixes et les instruments à sons variables. Les cordes, qu'on fait vibrer en les pinçant avec les doigts, correspondent aux notes naturelles de la gamme : à l'aide des pédales, on peut modifier légèrement les longueurs des parties vibrantes, de manière à obtenir les dièzes et les bémols.

Dans le *violon*, le *violoncelle*, la *contrebasse*, chaque corde peut produire un grand nombre de sons, suivant la longueur que l'exécutant laisse à la partie vibrante, en appuyant avec les doigts de la main gauche sur tel ou tel point de la corde ; la main droite fait mouvoir l'archet. — Dans ces trois instruments, les vibrations se communiquent à la face supérieure de la caisse ; de celle-ci, à la face inférieure, soit par les côtés, soit à l'aide d'une pièce intermédiaire qu'on appelle l'*âme;* enfin, des deux faces, à l'air intérieur. Toutes ces vibrations simultanées produisent un renforcement du son : le mérite de l'instrument dépend surtout de l'égalité avec laquelle le renforcement s'opère pour les sons de diverses hauteurs ; il est subordonné à la qualité des bois et à la disposition relative des parties.

que les lois des vibrations longitudinales sont les mêmes que celles des vibrations transversales, à l'exception de celle qui se rapporte aux *tensions* de la corde ; en effet, tandis que n dépend de la grandeur du poids tenseur, n' en est indépendant.

II. — VIBRATIONS DES VERGES, DES PLAQUES, ETC.

673. **Vibrations transversales des verges.** — Les verges ou tiges rigides se distinguent des cordes, en ce qu'elles ont par elles-mêmes une forme déterminée, et peuvent être mises en vibration sans qu'il soit nécessaire de les tendre.

Pour ce qui concerne les vibrations *transversales*, nous nous contenterons d'énoncer les lois suivantes :

Pour des verges prismatiques *semblablement assujetties* (*), les nombres de vibrations transversales qui correspondent au son fondamental sont :

1° *Inversement proportionnels aux carrés des longueurs;*

2° *Directement proportionnels aux épaisseurs;*

3° *Indépendants de la largeur*, pourvu que celle-ci soit très petite par rapport à la longueur.

On entend ici, par *épaisseur*, celle des deux dimensions transversales qui est parallèle au plan dans lequel s'effectuent les vibrations ; et par *largeur*, la dimension perpendiculaire à ce plan.

Pour vérifier les lois énoncées, dans le cas particulier où la verge est encastrée à l'une de ses extrémités et libre à l'autre, on prend une verge telle que AB (*fig.* 530), dont on fixe un point C entre les mâchoires d'un étau : on la fait vibrer, soit en l'infléchissant suivant C*a* et l'abandonnant ensuite à elle-même, soit en la frottant avec un archet perpendiculairement à sa longueur. — On peut constater, par exemple, qu'en réduisant la longueur à moitié, on élève le son de deux octaves, etc.

Pour faire rendre à une verge un de ses harmoniques, on détermine la formation de nœuds en certains points, en les serrant entre les doigts. — Si la verge est placée horizontalement, on peut constater la formation des nœuds en couvrant sa face supérieure de sable fin, qui s'accumule sur les lignes de repos.

674. **Applications des vibrations transversales des verges.** — Le *diapason* est une verge d'acier, courbée en forme de fourche, que l'on peut mettre en vibration, soit à l'aide d'un archet, soit en frappant l'une des branches contre un corps dur, soit enfin en introduisant de

(*) Les divers modes d'*assujettissement* consistent, soit à encastrer la verge à l'une de ses extrémités, en la laissant libre à l'autre ; soit à l'encastrer à ses deux extrémités ; soit à l'appuyer par une de ses extrémités contre un plan fixe, etc. — Lorsqu'on assujettit successivement une même verge de diverses manières, le son fondamental varie avec le mode d'assujettissement.

force un petit cylindre de bois ou de métal entre les deux branches (*fig.* 529), et le faisant sortir vivement par l'extrémité libre de la fourche. — On emploie le diapason pour accorder les instruments : le diapason *normal* donne, comme on l'a vu (658), la note la_3 qui correspond à 435 vibrations par seconde.

Dans les *boîtes à musique*, de petites lames d'acier, de longueurs déterminées, sont fixées comme les dents d'un peigne sur un support commun. Un cylindre, dont la surface est garnie de pointes, et qui est mis en mouvement autour de son axe par un mécanisme d'horlogerie, est placé de façon que, pendant la rotation, les pointes viennent rencontrer tour à tour les extrémités de telles ou telles lames : c'est le mode de distribution des pointes, sur la surface du cylindre, qui règle l'ordre de succession et le rythme des notes du morceau.

675. **Vibrations longitudinales des verges.** — On produit des vibrations *longitudinales*, en frottant une verge, ou tige rigide, dans le sens de la longueur, avec les doigts imprégnés de colophane (*fig.* 567),

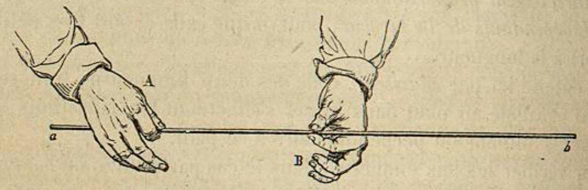

Fig. 567.

ou avec un morceau de drap mouillé (*fig.* 568). — Si la verge est fixée en son milieu K et que l'extrémité A s'appuie contre une bille d'ivoire C suspendue à un fil FC, on constate que la bille est vivement projetée dans le sens de l'axe. — Les sons obtenus sont remarquables par leur douceur et leur pureté.

Nous examinerons successivement les trois cas suivants :

1° *Une extrémité de la verge est fixée, et l'autre est libre.* — Les lois sont les mêmes que celles des *tuyaux fermés* (664, 1°). Pour une même verge, les nombres de vibrations des harmoniques successifs varient *comme les nombres impairs consécutifs.* Pour des verges de même nature et de longueurs différentes, le nombre de vibrations du son fondamental *est inversement proportionnel à la longueur.*

2° *Les deux extrémités sont libres.* — Pour maintenir la verge, on la fixera par son milieu (*fig.* 567 ou 568) ; le point fixe devient un nœud de vibration, tandis que les extrémités sont des ventres. — Les lois sont les mêmes que pour les *tuyaux ouverts* (664, 2°). Les nombres de vibrations du son fondamental et des divers harmoniques varient *comme les nombres entiers successifs.* — Pour des verges de même nature et de longueurs différentes, le nombre de vibrations du son fondamental *est inversement proportionnel à la longueur.*

3° *Les deux extrémités de la verge sont fixées.* — Les lois sont les

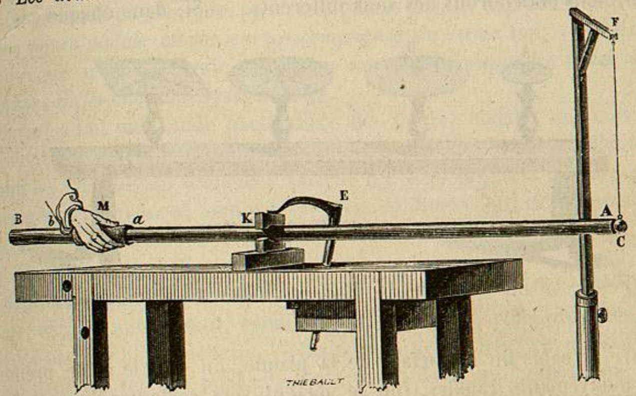

Fig. 568.

mêmes que celles des *cordes vibrant longitudinalement;* les harmoniques varient *comme les nombres entiers successifs,* 1, 2, 3... — Pour des verges de même nature et de longueurs différentes, le nombre de vibrations du son fondamental *est inversement proportionnel à la longueur.*

* 676. **Détermination de la vitesse du son dans les solides, au moyen des vibrations longitudinales des verges.** — Nous avons vu (675, 2°) qu'une verge fixée par son milieu, et vibrant longitudinalement, est assimilable à un tuyau ouvert à ses deux extrémités. Supposons qu'on fasse rendre à cette verge le son fondamental, et déterminons le nombre de vibrations n du son produit : si nous désignons par L la longueur de la verge, et par λ la longueur de l'onde qui s'y propage, on aura $\lambda = 2L$, ou, en remplaçant λ par $\frac{v}{n}$,

$$v = 2L \times n,$$

ce qui permettra de déterminer la vitesse du son v, dans le corps solide qui constitue la verge.

On pourrait encore effectuer la même détermination, en faisant rendre à la verge un harmonique d'ordre quelconque : la longueur de l'onde λ' sera alors égale au double de la distance D, de deux nœuds consécutifs, distance qui sera déterminée par le numéro d'ordre de l'harmonique lui-même, comme dans un tuyau ouvert (664).

677. **Vibrations des plaques. — Lignes nodales.** — Une plaque métallique circulaire telle que B (*fig.* 569) étant fixée sur un pied,

par son centre de figure, faisons-la vibrer en frottant avec l'archet l'un des points de son contour, et en appuyant fortement le doigt sur un autre point : selon que ces deux points occuperont telle ou telle position, nous obtiendrons des sons différents. — Si, dans chaque cas, on

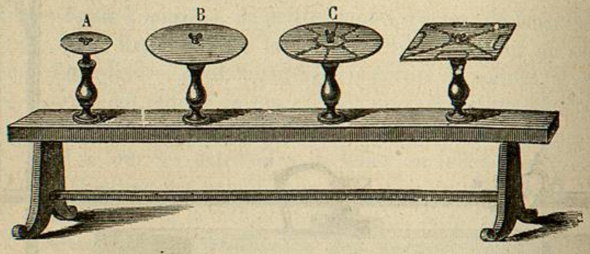

Fig. 569.

couvre de sable fin la surface de la plaque, on voit le sable prendre des mouvements rapides, qui le portent vers certaines lignes où il s'accumule. Ces *lignes nodales* partagent la plaque en un certain nombre de parties, qui vibrent séparément comme le font les diverses parties d'une corde donnant un de ses harmoniques (*).

Mais, tandis qu'une corde peut vibrer transversalement sans qu'il se

(*) Cette comparaison peut se poursuivre plus loin encore. Lorsqu'une corde se divise en deux ou plusieurs parties vibrantes, séparées par des nœuds, les vibrations sont de sens contraire dans deux segments consécutif (*Note* de la page 625); il en est de même pour les plaques. — Supposons qu'on fasse rendre à une plaque circulaire un son correspondant à 4 lignes nodales diamétrales (*fig.* 570), la plaque sera divisée par ces lignes en 8 secteurs égaux. Si deux secteurs contigus, tel que A et B, vibrent en sens inverse, c'est-à-dire si l'un d'eux s'infléchit au-dessous du plan primitif de la plaque au moment où l'autre se courbe au-dessus de ce plan, ils enverront évidemment à l'oreille, à chaque instant, des vitesses de sens contraires ; en d'autres termes, le son dû aux vibrations des secteurs A, A', A'', A''' et le son dû aux vibrations des secteurs B, B', B'', B''' se détruiront en partie. Pour le vérifier, Lissajous a eu l'idée de fixer, un peu au-dessus de la plaque, un carton formé de quatre secteurs *a*, *a'*, *a''*, *a'''*, qui correspondent aux parties A, A', A'',A''' ; il suffit, pour cela, de placer le cône creux O' sur le pivot O. Le carton arrête les vibrations déterminées dans l'air par les secteurs A, et ne laisse arriver à l'oreille que les mouvements concordants déterminés par les secteurs B : on constate que l'on entend alors un son *beaucoup plus intense*.

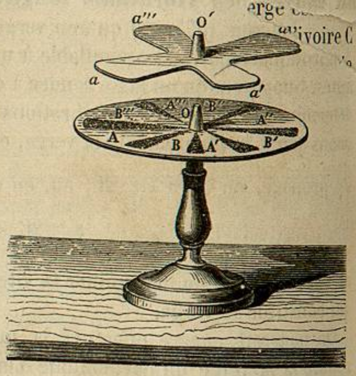

Fig. 570.

produise de nœuds entre ses extrémités, une plaque présente toujours des lignes nodales, même quand elle donne le son le plus grave qu'on puisse lui faire rendre.

L'expérience montre que, pour une même plaque, *la production d'une même figure nodale est toujours accompagnée du même son.* — Mais la réciproque n'est pas vraie : *un même son peut correspondre à des dispositions différentes des lignes nodales.*

Savart a fait une étude particulière des figures nodales qui correspondent aux divers harmoniques d'une même plaque. — Il a également établi les lois suivant lesquelles varient les sons produits par des plaques géométriquement semblables, mais de dimensions différentes. — Ces divers résultats sont surtout intéressants au point de vue de l'étude des lois de l'élasticité.

678. **Timbres et cloches.** — Les timbres, les cloches, les tamtams, etc., se subdivisent, comme les plaques, en parties vibrantes, séparées par des lignes nodales. — On peut le démontrer, en mettant de l'eau dans un verre à pied et en attaquant avec un archet l'un des points du bord du verre : on voit la surface de l'eau se partager en un certains nombre de parties, dans lesquelles le liquide éprouve une vive agitation ; entre ces parties, se trouvent des lignes de repos, où le liquide reste immobile.

679. **Vibrations des membranes.** — Les membranes flexibles, comme les peaux que l'on tend sur les tambours, les feuilles de papier collées sur des cadres de bois, rendent des sons quand on les frappe ou qu'on les ébranle d'une manière quelconque. Elles peuvent aussi entrer en mouvement sous l'influence des vibrations qui leur sont transmises, au voisinage d'un timbre vibrant ou d'un tuyau sonore. Le sable répandu à leur surface accuse la formation de lignes nodales, généralement très compliquées. — L'expérience montre qu'une même membrane peut, avec une tension déterminée, rendre une série de sons, assez nombreux et assez voisins les uns des autres pour qu'on puisse, dans la pratique, considérer la membrane comme capable de vibrer à l'unisson de tous les sons qui ne s'écartent pas trop du son fondamental. — Lorsqu'on fait varier la tension, on modifie à la fois le son fondamental et toute la série des sons que la membrane peut rendre.

Nous verrons que ces propriétés trouvent leur application dans la transmission des sons à la membrane du tympan.