

contre d'une couche d'air de densité différente de celle qu'il vient de traverser, enfin sur les vésicules mêmes des brouillards. On observe, en effet, que, si l'air est brumeux, les sons subsistent une foule de réflexions partielles, et s'éteignent rapidement. C'est la nuit, lorsque l'air est pur, calme et d'une densité uniforme, que les sons peuvent être entendus de plus loin.

\* 206. **Réfraction du son.** — On verra plus tard (464) qu'on entend par *réfraction*, un changement de direction qu'éprouvent la lumière et le calorique en passant d'un milieu dans un autre. Or, M. Sondhauss, en Allemagne, a constaté récemment que les ondes sonores se réfractent comme la chaleur et la lumière.

A cet effet, il a construit des lentilles gazeuses, en remplissant d'acide carbonique des enveloppes membraneuses de forme sphérique ou lenticulaire. Avec des enveloppes de papier ou de baudruche, la réfraction du son n'est pas sensible; mais avec une enveloppe de *collodion*, l'expérience réussit très-bien.

M. Sondhauss coupe, sur un très-grand ballon de collodion, deux segments égaux, et les fixe sur les deux faces d'un anneau de tôle ayant 31 centimètres de diamètre, de manière à former une lentille biconvexe, creuse, dont l'épaisseur, au centre, est d'environ 12 centimètres. Puis, remplissant d'acide carbonique la lentille ainsi formée, il place une montre ordinaire sur la direction de l'axe, et cherche ensuite, de l'autre côté de la lentille, le point où le bruit de la montre est entendu avec plus d'intensité. On observe ainsi que tant que l'oreille est éloignée de l'axe, le son est à peine perceptible; mais que lorsqu'elle est sur l'axe, à une distance convenable de la lentille, le son est entendu très-distinctement; les ondes sonores, à leur sortie de la lentille, viennent donc concourir vers l'axe, ce qui montre qu'elles ont changé de direction, et, par conséquent, qu'elles sont réfractées.

207. **Porte-voix, cornet acoustique.** — Le *porte-voix* et le *cornet acoustique* sont deux instruments fondés à la fois sur la réflexion du son et sur la conductibilité des tuyaux cylindriques (200).

Le *porte-voix*, ainsi que l'indique son nom, est destiné à transmettre la voix à de grandes distances. C'est un tube de fer-blanc ou de laiton (fig. 143), légèrement conique et très-évasé à l'une de ses ouvertures, qu'on nomme *pavillon*. Cet instrument, qui s'embouche par l'autre extrémité, porte la voix d'autant plus loin, que ses dimensions sont plus grandes. On explique, en général, les effets du *porte-voix* par une suite de réflexions successives des ondes sonores sur les parois du tube, réflexions en vertu desquelles les ondes tendent à se propager de plus en plus suivant une direction parallèle à l'axe de l'instrument. On a objecté à cette

théorie que les sons émis à travers le *porte-voix* ne sont pas renforcés seulement dans la direction de son axe, mais dans toutes les directions; et encore que le pavillon serait inutile pour obtenir le parallélisme des rayons sonores, tandis qu'au contraire il exerce une influence considérable sur l'intensité des sons transmis. Quelques physiiciens attribuent les effets du *porte-voix* à un renforcement produit par la colonne d'air qui est dans le tube, laquelle vibre à l'unisson, à mesure qu'on parle à son extrémité. Quant à



Fig. 140.

l'effet du pavillon, on n'en a point donné jusqu'ici d'explication satisfaisante.

Le *cornet acoustique* sert aux personnes qui ont l'*oreille dure*. C'est un tube conique, de métal, dont l'une des extrémités, terminée en pavillon, est destinée à recevoir le son, tandis que l'autre extrémité est introduite dans l'oreille. Le pavillon sert ici d'embouchure, c'est-à-dire qu'il reçoit les sons venant de la bouche de la personne qui parle. Ces sons se transmettent par une suite de réflexions dans l'intérieur du cornet, en sorte que des ondes qui eussent pris un grand développement se trouvent concentrées dans l'appareil auditif, et y produisent un effet beaucoup plus sensible que ne l'eussent fait des ondes divergentes.

## CHAPITRE II.

### MESURE DU NOMBRE DES VIBRATIONS.

208. **Sirène.** — On a imaginé plusieurs appareils pour mesurer le nombre de vibrations correspondant à un son donné, savoir : la *sirène*, la *roue dentée de Savart*, le *cylindre tournant de Duhamel*, le *phonautographe de M. Scott*. Nous décrirons ici les trois premiers; plus loin nous donnerons le *phonautographe* (248).

La *sirène* est un petit appareil qui sert à mesurer le nombre des vibrations d'un corps sonore en un temps donné. Cagniard-Latour, qui en est l'inventeur, a donné le nom de *sirène* à cet instrument, parce qu'on peut lui faire rendre des sons sous l'eau.

La sirène est toute de cuivre. La figure 141 la représente montée sur la caisse d'une soufflerie qui est décrite ci-après (fig. 144), et dont la fonction est d'envoyer un courant d'air continu dans la sirène. Les figures 142 et 143 montrent les détails intérieurs de celle-ci. La partie inférieure consiste en une caisse cylindrique O, recouverte d'un plateau fixe B. Sur ce plateau s'appuie une tige verticale T, à laquelle est fixé un disque A, qui peut tourner librement avec la tige; des trous circulaires équidistants sont pratiqués dans le plateau B, et dans le disque A se trouve un nombre

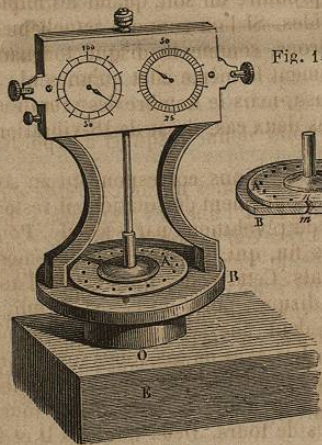


Fig. 141 (h = 17).

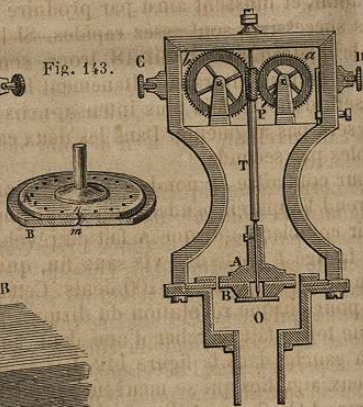


Fig. 142.

Fig. 143.



égal de trous de même grandeur et à la même distance du centre que ceux du plateau. Ces trous ne sont point perpendiculaires aux plans du plateau et du disque; mais, inclinés tous de la même quantité dans le plateau, ils le sont en sens contraire dans le disque, de manière que, lorsque les trous du plateau et ceux du disque sont en regard, ils sont disposés comme le représente la figure 143, qui donne une coupe des deux disques A et B suivant les deux trous antérieurs, au moment où ils se correspondent. Il résulte de cette disposition que lorsqu'un courant d'air rapide arrive de la soufflerie dans la caisse cylindrique et dans le trou *m*, il frappe obliquement les parois du trou *n*, et imprime au disque A un mouvement de rotation dans le sens *An*.

Pour simplifier l'explication du jeu de la sirène, supposons d'abord que le disque mobile A portant 18 trous, le plateau fixe B ne soit percé que d'un seul, et considérons le cas où celui-ci coïn-

cide avec un des trous supérieurs. Le vent de la soufflerie venant à frapper obliquement la paroi de ce dernier, le disque mobile se met à tourner, et le plein qui se trouve entre deux trous consécutifs vient fermer le trou du plateau inférieur. Mais le disque continuant à tourner, en vertu de sa vitesse acquise, deux trous se trouvent de nouveau en regard, d'où il résulte une nouvelle impulsion, et ainsi de suite. De la sorte, pendant une révolution complète du disque, l'orifice inférieur est 18 fois ouvert et 18 fois fermé. Il en résulte une suite d'écoulements et d'arrêts qui font entrer l'air en vibration, et finissent ainsi par produire un son, quand les impulsions successives sont assez rapides. Si l'on suppose actuellement que le plateau fixe B ait 18 trous, comme le disque tournant, chaque trou produira simultanément le même effet qu'un seul; le son sera donc 18 fois plus intense, mais le nombre des vibrations n'en sera pas augmenté. Dans les deux cas, il est de 18 vibrations doubles par seconde.

Pour connaître le nombre de vibrations correspondant au son que rend l'appareil pendant son mouvement de rotation, il reste à savoir combien le disque A fait de révolutions par seconde. Pour cela, la tige T porte une vis sans fin, qui transmet le mouvement à une roue *a* garnie de 100 dents. Cette roue, qui avance d'une dent pour chaque révolution du disque, porte un taquet P, qui, à chaque tour, fait marcher d'une dent une seconde roue *b* qu'on voit à gauche dans la figure 142. Les axes de ces roues font tourner deux aiguilles qui se meuvent sur des cadrans représentés dans la figure 141. Ces aiguilles indiquent, l'une le nombre des tours du disque A, l'autre les centaines de tours. Deux boutons D et C servent à engrener ou à désengrener à volonté la petite roue *a* avec la vis sans fin.

Comme le son s'élève à mesure que la vitesse du disque A s'accroît, il suffit de forcer le vent de la soufflerie pour parvenir à faire rendre à l'appareil un son déterminé. On entretient alors le même courant d'air pendant un certain temps, 20 secondes, par exemple; puis on lit sur les cadrans le nombre de tours qu'a faits le disque. En multipliant ce nombre par 18 et divisant le produit par le nombre de secondes 20, le quotient indique le nombre de vibrations doubles par seconde.

La sirène, à vitesse égale, donne le même son sous l'eau que dans l'air; il en est de même dans tous les gaz: ce qui fait voir qu'un son déterminé ne dépend que du nombre des vibrations, et non de la nature du corps sonore.

209. **Soufflerie.** — On nomme *soufflerie*, en acoustique, un soufflet à réservoir d'air destiné à faire marcher les instruments à vent,

tels que la sirène et les tuyaux d'orgue. Entre les quatre pieds d'une table de bois est un soufflet S (fig. 144), qu'on fait mouvoir à l'aide d'une pédale P. Un réservoir de peau flexible D sert à

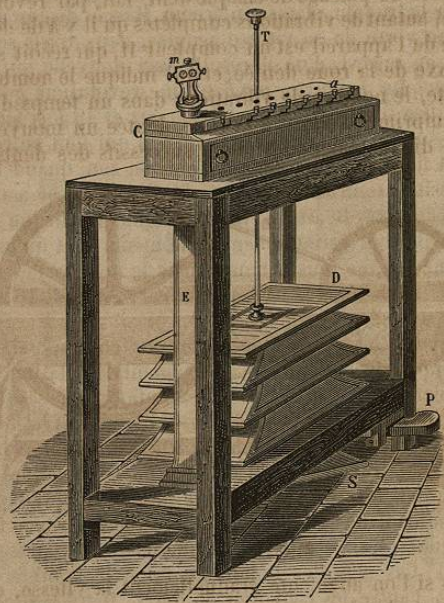


Fig. 144 (h = 1<sup>m</sup>,30).

emmagasiner l'air qui y est refoulé par le soufflet. Si l'on comprime ce réservoir par des poids placés dessus, ou au moyen d'une tige T sur laquelle on presse avec la main, l'air est chassé par un conduit E dans une caisse C fixée sur la table. Cette caisse est percée de trous fermés par de petites soupapes de cuir, qu'on ouvre à volonté en appuyant sur des touches disposées sur le devant de la caisse. C'est dans ces trous qu'on place une sirène  $\eta$ , ou des tuyaux sonores.

\*210. **Roue dentée de Savart.** — La *roue dentée de Savart*, ainsi nommée du nom de son inventeur, est un appareil destiné à faire connaître le nombre absolu de vibrations qui correspond à un son déterminé. Il est formé d'un banc de chêne solidement établi et ouvert dans toute sa longueur. Dans l'ouverture sont montées deux roues A et B (fig. 145) : la première sert à imprimer une grande

vitesse à la plus petite, et cette dernière, qui est garnie de dents, est destinée à faire vibrer une carte E fixée sur le banc. Cette carte, étant choquée au passage de chaque dent, fait, par révolution de la petite roue, autant de vibrations complètes qu'il y a de dents. Enfin, sur le côté de l'appareil est un compteur H, qui reçoit son mouvement de l'axe de la roue dentée, et qui indique le nombre de tours et, par suite, le nombre de vibrations dans un temps donné.

Si l'on imprime d'abord à la roue dentée un mouvement lent, on entend distinctement les chocs successifs des dents contre la

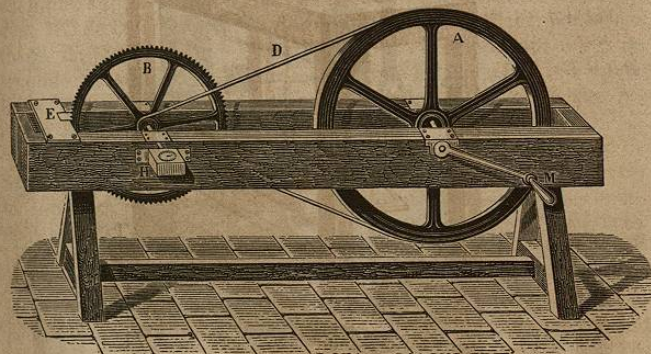


Fig. 145 (h = 1<sup>m</sup>,05).

carte; mais si l'on augmente graduellement la vitesse, on obtient un son continu de plus en plus élevé. Lorsqu'on est ainsi parvenu à reproduire le son dont on veut connaître le nombre de vibrations, on entretient la même vitesse pendant un nombre de secondes déterminé; en lisant ensuite, sur le compteur, le nombre de tours de la roue dentée B, il ne reste plus qu'à multiplier ce nombre par celui des dents, pour obtenir le nombre total des vibrations. Divisant enfin ce produit par le nombre de secondes correspondant, le quotient donne le nombre de vibrations par seconde.

\*211. **Méthode graphique de M. Duhamel.** — En faisant usage de la sirène ou de la roue de Savart, il est difficile de déterminer avec précision le nombre de vibrations correspondant à un son donné, puisqu'il faut les mettre à l'unisson de celui-ci, ce qui demande une oreille exercée. La méthode graphique de M. Duhamel, plus simple et plus précise, ne présente pas cette difficulté. Elle consiste à fixer sur le corps sonore un style léger qui en trace les vibrations sur une surface convenablement préparée.

L'appareil de M. Duhamel se compose d'un cylindre A, de bois ou de métal, fixé sur un axe vertical O (fig. 146). On fait tourner celui-ci à l'aide d'une manivelle, et, tout en tournant dans un sens ou dans l'autre, il prend un mouvement de haut en bas, ou

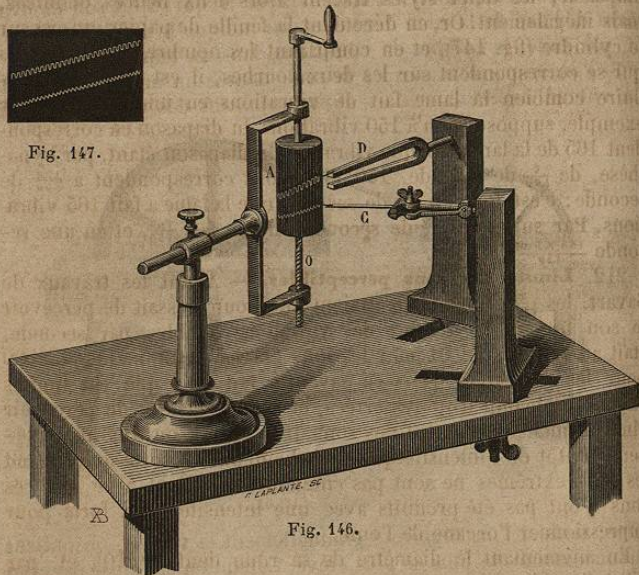


Fig. 146.

de bas en haut, au moyen d'un pas de vis tracé sur l'axe même et passant dans un écrou. Autour du cylindre est enroulée une feuille de papier sur laquelle est déposée une couche légère et non adhérente de noir de fumée. C'est sur cette couche que s'inscrivent les vibrations. Pour cela, le corps sonore étant, par exemple, une lame élastique C fortement encastrée à l'une de ses extrémités, on fixe à son autre extrémité un style léger qui rase la surface du cylindre pendant sa rotation. Si celui-ci tourne sans que la lame vibre, le style trace en blanc sur le fond noir un trait hélicoïdal régulier; mais si la lame vibre, le trait est ondulé, et autant d'ondulations, autant de vibrations de la lame. Il ne reste plus qu'à déterminer le temps pendant lequel se sont effectuées ces vibrations.

On peut y arriver de plusieurs manières : la plus simple est de comparer la courbe tracée par la lame vibrante à celle tracée par



Fig. 147.

un diapason (221) qui donne par seconde un nombre de vibrations connu, 500 par exemple. Une des branches du diapason étant, elle aussi, munie d'un style léger, on met celui-ci en contact avec le noir de fumée, puis on fait vibrer simultanément la lame et le diapason; les deux styles tracent alors deux héliques ondulées, mais inégalement. Or, en déroulant la feuille de papier qui est sur le cylindre (fig. 147), et en comparant les nombres d'oscillations qui se correspondent sur les deux courbes, il est facile d'en déduire combien la lame fait de vibrations en une seconde. Par exemple, supposons qu'à 150 vibrations du diapason en correspondent 165 de la lame, chaque vibration du diapason étant, par hypothèse, de  $\frac{1}{500}$  de seconde, 150 vibrations correspondent à  $\frac{150}{500}$  de seconde; c'est donc en  $\frac{150}{500}$  de seconde que la lame a fait 165 vibrations. Par suite, en  $\frac{1}{500}$  de seconde elle en fait  $\frac{165}{150}$ , et en une seconde  $\frac{165 \times 500}{150}$ , ou 550.

212. **Limite des sons perceptibles.** — Avant les travaux de Savart, les physiiciens admettaient que l'ouïe cessait de percevoir le son lorsque le nombre des vibrations doubles, par seconde, était au-dessous de 16 pour les sons graves, et au-dessus de 6000 pour les sons aigus. Mais ce savant a fait voir que ces limites étaient beaucoup trop resserrées, et que la faculté de percevoir plus ou moins facilement des sons très-graves ou très-aigus dépend plutôt de l'intensité que de la hauteur; en sorte que, quand les sons extrêmes ne sont pas entendus, cela tient à ce que ces sons n'ont pas été produits avec une intensité assez forte pour impressionner l'organe de l'ouïe.

En augmentant le diamètre de sa roue dentée (210), et, par suite, l'amplitude et l'intensité des vibrations, Savart a reculé la limite des sons aigus jusqu'à 24 000 vibrations doubles par seconde.

Pour les sons graves, il a substitué à sa roue dentée une barre de fer de 65 centimètres de longueur, tournant entre deux lames de bois minces, distantes de la barre de 2 millimètres seulement. A chaque passage, il se produit un son sec, dû au déplacement de l'air. Le mouvement s'accéléralant, le son devient continu, extrêmement plein et assourdissant. Savart a trouvé, à l'aide de cet appareil, que lorsqu'il se produit de 7 à 8 vibrations doubles par seconde, l'oreille perçoit encore un son bien déterminé, mais très-grave.

M. Despretz, qui a fait des recherches sur le même sujet, trouve 16 vibrations doubles pour limite des sons graves, et 36 850 pour limite des sons aigus.