

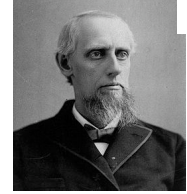
Amos Dolbear

Amos Emerson Dolbear, est né le 10 novembre 1837 à Norwich dans le **Connecticut** et mort le 23 février 1910,

Amos Dolbear est diplômé de l'université Wesleyenne de l'Ohio à **Delaware**.
C'est un physicien et inventeur américain, qui a beaucoup compté pour le téléphone
Alors qu'il y est encore étudiant, on lui attribue l'invention du télégraphe parlant.

Dolbear a étudié la conversion d'allumage électrique en ondes sonores et impulsions électriques.
Il a été enseignant à l'université du **Kentucky** et à **Lexington** de 1868 à 1874.

En 1874, il deviendra président du département de physique à l'université Tufts à Medford dans le Massachusetts.



J'ai trouvé des traces imprécises ou contradictoires comme :

- En **1865** Encore étudiant, Dolbear envisage l'idée de développer un télégraphe en remplaçant les batteries par des aimants permanents.
«Une tradition vivante» raconte que le Dr.Dolbear et un compagnon ont installés des récepteurs et un fil du sous-sol à l'étage supérieur de la Chapelle Thomson et la voix humaine a été transmise, les premiers mots étaient « Pouvez-vous m'entendre ? »
- En **1868** Amos Dolbear, alors professeur à Bethany College, a inventé le «téléphone électrostatique».

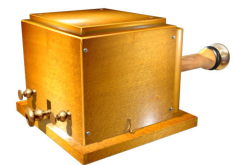
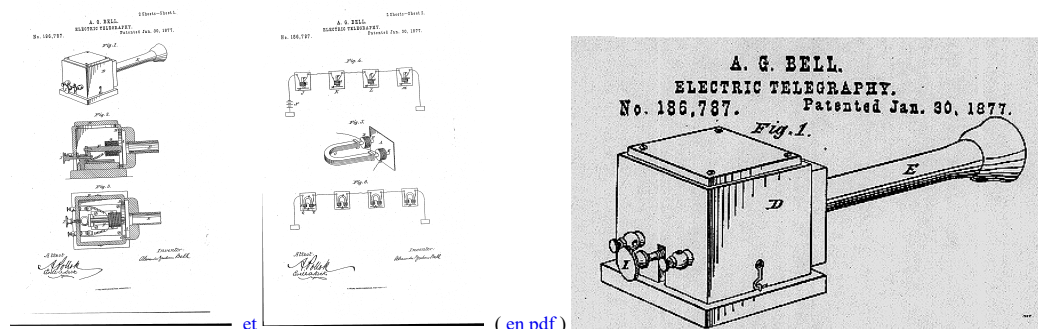
Dolbear prétend avoir inventé le premier récepteur téléphonique contenant deux fonctions du téléphone moderne (un aimant permanent et une membrane métallique faite à partir d'un ferrotipe) en 1865, soit 11 ans avant qu'Alexander Graham Bell ait fait breveter son modèle.
Dolbear ne pourra prouver sa réclamation, si bien que le brevet de Bell est maintenu. Il perd devant la Cour suprême des États-Unis (Dolbear contre American Bell Telephone Company). L'édition du 18 juin 1881 de la revue Scientific American rapporte : « si [Dolbear] avait été attentif aux formalités du bureau des brevets, il est possible que le téléphone parlant, aujourd'hui si largement crédité à M. Bell serait recueilli parmi ses propres lauriers ».

En 1874 Bell, attiré par l'idée de transmettre la voix, alors qu'il était en travaux sur le "Télégraphe Multiple", concrétise "**Le Téléphone**" en 1876.

En 1876, Dolbear brevète un téléphone électrique avec magnéto. Il fait breveter un téléphone statique en 1879 et en 1881 un téléphone électrostatique à condensateur². En 1882, Dolbear était en mesure de communiquer sur une distance de 400 mètres sans fil en terre. Son dispositif s'appuie sur la conduction électrique dans le sol, qui est différente des transmissions radio ultérieures qui utilisent le rayonnement électromagnétique. Il reçoit un brevet américain pour un télégraphe sans fil en mars de cette même année. Son installation utilise des téléphones reliés au sol par des tiges métalliques plantées en terre. La portée de transmission est d'au moins 800 mètres. Il obtient un brevet pour cet appareil, le (en) Brevet U.S. 350299 [archive], en 1886^{3,4} (il n'a pas breveté son système en Europe).

15 janvier 1876 Après avoir fait parler son premier téléphone **Brevet 174,465** , Bell dépose un deuxième brevet **US 186 787** : la box

Les avocats de Bell le pressent de rédiger des spécifications et déposent à Washington le deuxième brevet sur le téléphone incluant les différentes améliorations. Il est attribué deux semaines plus tard sous le no **US 186 787** dont voici une reproduction :



Ce téléphone volumineux est une encore une boîte disgracieuse (sauf pour les collectionneurs), de plus il n'y avait pas encore de dispositif tel qu'une sonnerie ou un avertisseur sonore pour attirer l'attention de la personne à la réception d'un appel. Il fallait taper fortement avec un crayon sur le diaphragme ou hurler devant l'embouchure. Son utilisation était désagréable: il fallait prendre la boîte et crier, puis la porter à l'oreille pour écouter.
Malgré ces problèmes, Bell et son groupe ont décidé de commercialiser entièrement l'invention.

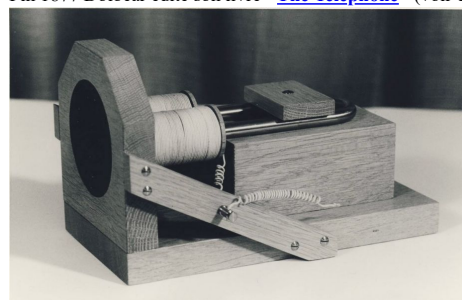
En 1877 Dolbear, apporte deux améliorations importante au téléphone de Bell

- l'utilisation d'aimants permanents dans les transmetteurs et les récepteurs, ce qui permet de s'affranchir de la batterie dans le circuit.
- le remplacement de la membrane par un disque en acier.

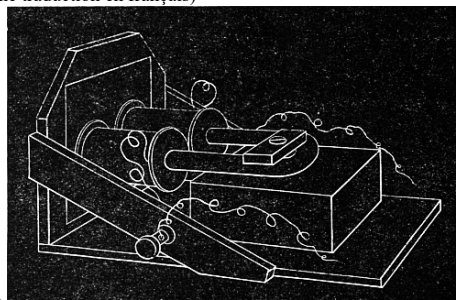
C'est en septembre 1876 que lui vient cette idée mais il tarde à la mettre en pratique.

En janvier 1876 Dolbear apprend que Bell a déposé une demande le 15 janvier 1877 de brevet le concernant, mais ne donne pas de suite sur ce point

Fin 1877 Dolbear édite son livre "**The Telephone**" (voir en fin de page une traduction en français)

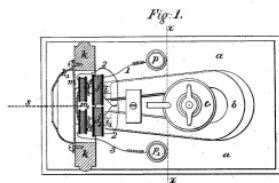


Reproduction



Dolbear Dépose un brevet le 6 Décembre 1877, TELEPHONE Patent [US 199 041](#) approuvé le 8 Janvier 1878

No. 199,041. Patented Jan. 8, 1878.



Bell avait il été au courant de cette amélioration et en a t'il tiré parti ?

Dolbear revendique l'invention du téléphone devant les tribunaux, il ne pourra prouver sa réclamation.

Au procès les avocats de Dolbear ont eut la mauvaise idée d'amener un téléphone de Reiss pour lui en donner la paternité, ce qui priverait Bell de ce privilège. **Mais l'appareil refuse de fonctionner.** C'était encore un système de type télégraphique à rupture du courant et non pas courant de modulation produit par la voix.

Dans le jugement en 1883 le juge décrète que Bell a breveté la véritable idée de transmission de la parole par l'électricité

Le brevet de Bell sera maintenu.

Pourtant l'édition du 18 juin 1881 de la revue "Scientific American" rapporte : « si [Dolbear] avait été attentif aux formalités du bureau des brevets, il est possible que le téléphone parlant, aujourd'hui si largement crédité à M. Bell serait recueilli parmi ses propres lauriers ».

Dolbear est un scientifique, il continuera longtemps à travailler sur "la transmission du son"

Voici l'essentiel de ses travaux et brevets :

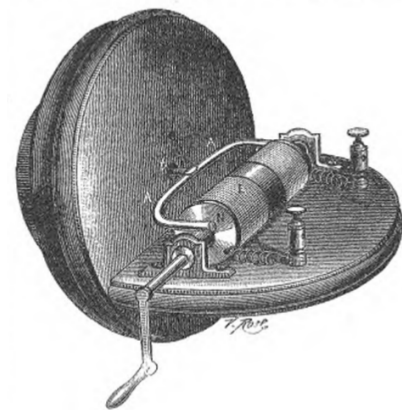
Le 30 Sept. 1979 Brevet [US 220 205](#) "combinid speaking-telephone and morse sounder"

Dans "La Lumière Electrique" on lit :

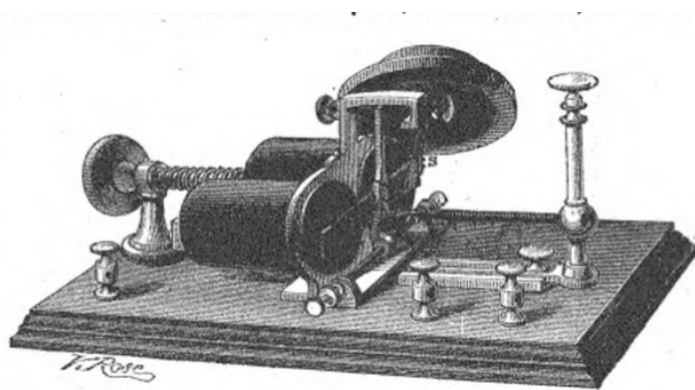
Nouveau système de téléphone de Dolbear.
Nous avons exposé dans un précédent article (voir le numéro du 15 mai de la Lumière électrique) que l'on pouvait obtenir la reproduction de la parole non-seulement par une action électro-magnétique, mais encore par l'effet de frictions effectuées sur des disques tournants par les contacts imparfaits de corps médiocrement conducteurs, par l'interposition même dans un circuit disjoint de conducteurs liquides. M. Dolbear vient de construire un nouveau modèle basé sur ce principe que, si une pièce de fer adaptée à l'extrémité d'un fil téléphonique est traînée le long d'un aimant introduit dans le circuit pendant que des courants ondulatoires sont transmis par un transmetteur téléphonique à charbon, on peut entendre par ce seul fait la parole. Pour réaliser pratiquement un téléphone de ce genre, M. Dolbear adapte à l'une des extrémités d'un barreau cylindrique aimanté très-court, pivotant sur son axe, une manivelle, et fait appuyer sur ce barreau une légère armature qui le touche à ses deux pôles. Cette armature est soutenue par une tige qui est fixée à un disque de mica ou de métal monté comme les diaphragmes des appareils ordinaires et, suivant l'armature dans ses mouvements, elle peut entrer en vibration sous l'influence des courants ondulatoires transmis, lesquels en réagissant sur le magnétisme du barreau, peuvent rendre son adhérence magnétique avec l'armature plus ou moins grande et en concordance avec leur intensité. L'appareil se comporte dès lors comme le téléphone chimique électro-motographe de M. Edison, et en tournant la manivelle il peut reproduire la parole dans les mêmes conditions.
L'appareil peut, du reste, être construit de plusieurs autres manières. On peut, par exemple, prolonger les extrémités de l'armature et les appliquer sur un cylindre tournant pour provoquer la vibration. On peut encore placer entre l'armature et les pôles d'un relais ordinaire une bande de papier, et, en entraînant lentement cette bande, on peut entendre les vibrations transmises au relais par un courant ondulatoire. Il suffit pour cela d'appliquer la bande de papier contre l'oreille.
Cette idée avait été déjà émise par M. L. Petit, de Saint-Quentin, qui, le 5 septembre, m'envoyait la description d'un appareil de ce genre.
TH. DU Moncel

1881 A l'exposition d'électricité en outre des condensateurs parlants M. Dolbear présente son **téléphone à friction** électro-magnétique fondé sur un principe analogue à celui du téléphone électro-motographe de M. Edison.

Dans cet appareil, que nous représentons fig. 4, les vibrations résultent des différences de glissement d'une armature de fer doux appuyant sur des pôles magnétiques mobiles, lesquelles différences sont en rapport avec les aimantations plus ou moins énergiques déterminées dans le noyau magnétique par les courants ondulatoires qui le traversent.



(FIG. 4.)



(FIG. 5.)

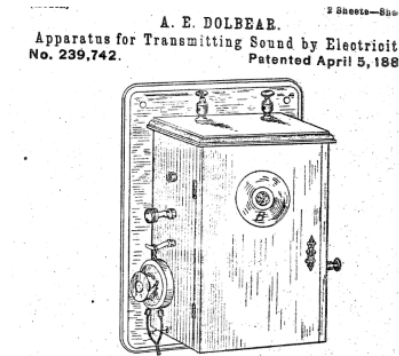
Pour réaliser pratiquement un téléphone de ce genre, M. Dolbear adapte à l'une des extrémités d'un électro-aimant droit N, à noyau mobile et pivotant sur son axe, une manivelle propre à le faire tourner, et fait appuyer sur ses extrémités polaires une pièce arquée de fer AA qui constitue une sorte d'armature. Cette armature est soutenue par un ressort b qui est fixé à un disque de mica ou de métal, monté comme les diaphragmes des appareils ordinaires, et comme elle peut être entraînée par l'électro-aimant dans son mouvement de rotation ou se poussée en sens inverse par le diaphragme qui agit comme ressort antagoniste, suivant que le courant passe ou ne passe pas dans l'électro-aimant, il peut en résulter des vibrations du diaphragme qui sont en rapport avec les interruptions du courant transmis, et qui peuvent reproduire des sons musicaux ou articulés, suivant que les courants sont interrompus ou ondulatoires; mais il faut que, comme dans le téléphone électro - motographe d'Edison, on tourne l'électroaimant en même temps qu'on écoute, ce qui, en somme, n'est pas très pratique.

L'appareil peut du reste être construit de plusieurs manières. On peut, par exemple, adapter au noyau magnétique des rondelles de fer doux et en faire un électro-aimant circulaire; alors l'armature peut être droite et s'applique simplement sur la circonférence des rondelles. On peut encore placer entre l'armature et les pôles d'un relais ordinaire, une bande de papier, et en entraînant lentement cette bande, on peut entendre les vibrations transmises au relais par un courant ondulatoire. Il suffit pour cela d'appliquer la bande de papier contre l'oreille.

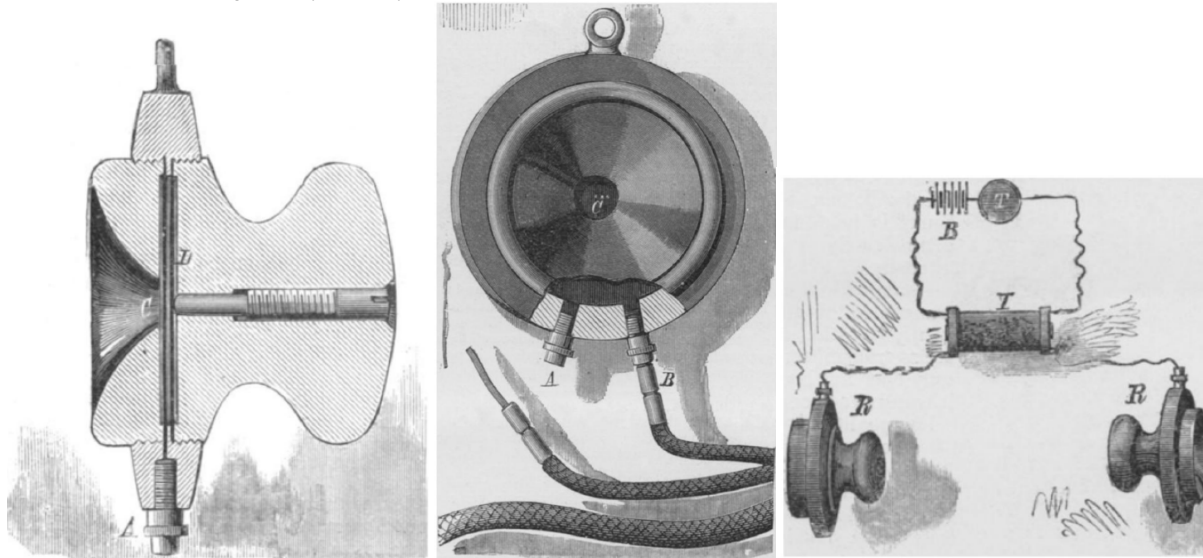
Dans un autre appareil exposé encore par M. Dolbear, on a ad joint le téléphone à un relais de manière à employer le relais comme appareil téléphonique ou récepteur téléphonique. Le diaphragme téléphonique est alors fixé sur l'un des pôles de l'électro-aimant par un petit ressort, comme on le voit fig. 5. Dans ces conditions, les vibrations moléculaires du noyau magnétique sont transmises au diaphragme, commandant le système de M. Lockwood, et en plaçant l'oreille contre l'embouchure téléphonique, on entend la parole transmise électriquement à travers l'électro-aimant du relais. Si au lieu de courants ondulatoires on transmet des courants interrompus reproduisant des dépêches Morse, le téléphone re produit des sons assez forts et à la manière des parleurs Morse; ces sons viennent d'ailleurs s'ajouter à ceux qui sont produits par le choc du levier de l'armature contre la vis de butée, ce qui n'empêche pas les fonctions du relais comme translateur de courants locaux.

M. Dolbear a publié à l'occasion de l'Exposition électrique, une brochure qui a été distribuée aux amateurs pendant toute la durée de l'Exposition et dans laquelle il émet des théories particulières où nous ne le suivrons pas, mais qui montrent qu'il s'est occupé sérieusement de la question. Il est à regretter seulement qu'il ne se soit pas mis au courant des travaux faits en Europe avant lui, car en rendant à chacun ce qui lui est dû, il aurait plus intéressé les savants à sa cause.

Revenons au Téléphone électrostatique à condensateur, brevet [US 239 742 A](#), 5 avril 1881



Brevet "Mode of Transmitting Sound by Electricity". [US 240 578](#) 26 Avr 1881



[Article paru dans la revue SCIENCE pages 310 -12 et 13](#)

En 1882, Dolbear était en mesure de communiquer sur une distance de 400 mètres sans fil en terre.

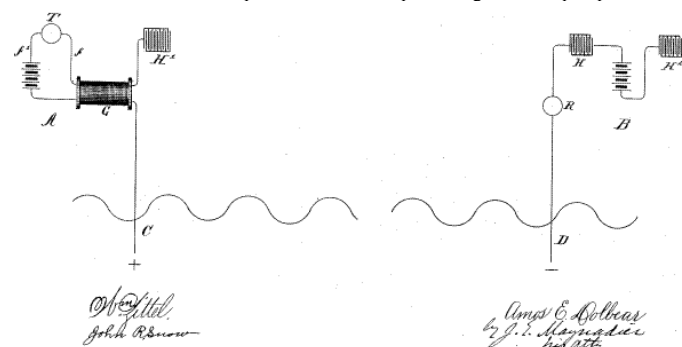
Son dispositif s'appuie sur la conduction électrique dans le sol, qui est différente des transmissions radio ultérieures qui utilisent le rayonnement électromagnétique. Il reçoit un brevet américain pour un télégraphe sans fil en mars de cette même année.

Brevet SPECIFICATION TELEPHONE Patent No. [US 288 215](#), 13 Nov. 1883.

Brevet TELEPHONE RECEIVER Patent No [US 355 149](#) 28 Dec. 1886

Brevet MODE OF ELECTRIC COMMUNICATION Patent No [US350 299](#) 5 Oct. 1886

Son installation utilise des téléphones reliés au sol par des tiges métalliques plantées en terre. La portée de transmission est d'au moins 800 mètres.



En 1899, le [New England Wireless Telegraph and Telephone Company](#), une filiale de la [Wireless Telephone and Telegraph Company](#) américaine, achète le brevet de 1886 de Dolbear et dépose une **plainte contre Guglielmo Marconi** pour contrefaçon dans une tentative infructueuse de concurrencer les activités de télégraphie de Guglielmo Marconi aux États-Unis..

Toutefois, en mars 1901, un tribunal des États-Unis rejette la poursuite.

En avril 1902, L'American **Wireless** lance une pétition au Congrès pour prolonger le brevet de 1886 pour dix années, mais sans succès, de sorte qu'il a dûment expiré le 4 octobre 1903.

En 1905, le tribunal de New York note en outre que le brevet de Dolbear est « inopérant, et que, même s'il l'avait été, il s'opère en vertu de lois et de **phénomènes électriques radicalement différents** » de la radio utilisée par Marconi.

Dolbear a également inventé un **kaléidoscope** (un instrument de visualisation de vibrations d'ondes sonores, en utilisant un miroir monté sur une membrane) et un système d'éclairage à incandescence.

Il est aussi l'auteur de plusieurs livres, articles et brochures, et a été reconnu pour ses contributions à la science à la fois l'Exposition universelle de Paris et à la Crystal Palace Exposition en 1882.

En 1897, Dolbear publie un article « Le cricket comme un thermomètre » dans lequel il établit une corrélation entre la température ambiante et la fréquence à laquelle le grillon stridule, la formule développée dans cet article est connue sous le nom loi de Dolbear.

Dolbear a apporté de nombreuses inventions notables au monde scientifique, notamment le téléphone, le gyroscope électrique utilisé pour démontrer la rotation de la Terre, l'opéidoscope et un nouveau système d'éclairage à incandescence.

Il a publié plusieurs livres, articles et brochures, y compris "Matter, Ether, Motion", et a été reconnu pour ses contributions à la science à l'Exposition de Paris en 1881 et à l'exposition Crystal Palace en 1882.

Insolite :

Novembre 1897 Dolbear a publié un article intitulé « Le grillon comme thermomètre » dans le numéro de la revue **The American Naturalist**, où il constatait la corrélation entre la température d'une belle journée d'été et la fréquence des stridulations des grillons mâles.

La formule mathématique présentée dans cet article est devenue la loi de Dolbear. Je vous assure, c'est vrai. Grâce à la complicité d'un grillon mâle en rut, cette formule permettait de calculer la température de notre belle journée d'été au degré Fahrenheit près. Non, non, je ne plaisante toujours pas.

Voici comment calculer la température : comptez le nombre de stridulations par minute, soustrayez 40, divisez le résultat par 4, puis ajoutez 50. Si votre gryllid, en quête de compagnie féminine, chante 148 fois par minute, par exemple, vous soustrayez 40 de 148, ce qui vous donne 108. Ce 108 divisé par 4 vous donne 27. Ajoutez 50 à 27 et vous obtenez 77. La température de votre journée d'été est donc de 77 degrés Fahrenheit, soit 25 degrés Celsius. Et voilà ! Et oui, il existe une version métrique légèrement moins précise de la loi de Dolbear, capable de calculer la température de notre belle journée d'été au degré Celsius près. Cette température se calcule alors comme suit : comptez le nombre de chants par minute. Soustrayez 40 de ce nombre et divisez le résultat par 7,2. Ensuite, ajoutez 10 au résultat. Si votre grillon, en quête de partenaire, chante à nouveau 148 fois par minute, vous soustrayez 40 de 148, ce qui vous donne 108. Ce 108 divisé par 7,2 vous donne 15. Ajoutez 10 à ce 15 et vous obtenez 25. La température de votre journée d'été est donc de 25 degrés Celsius (77 degrés Fahrenheit). Et voilà !

Livres :

The Art of Projecting, Boston, 1876

[The Speaking Telephone, 1877](#)

Sound and its Phenomena, 1885

First Principles of Natural Philosophy, Boston, 1897

Modes of Motion, Boston, 1897

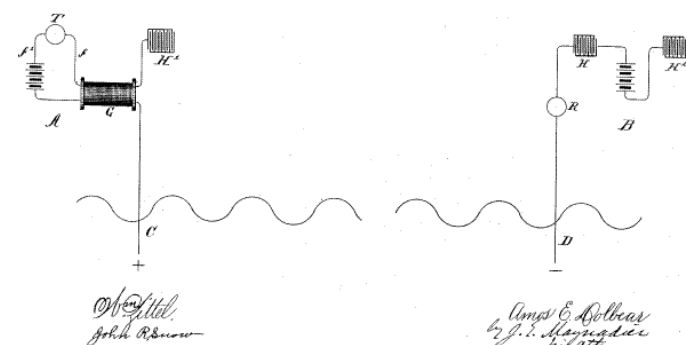
Matter, Ether, and Motion

Articles de journaux

The Cricket as a Thermometer, The American Naturalist, vol. 31, no 371, novembre 1897, p. 970-971, publié par l'University of Chicago Press pour l'American Society of Naturalists

SPECIFICATION forming part of Letters Patent No. [US 350 299](#) dated October 5, 1886.

Application filed March 24, 1882. Serial No. 56,664. (No model.)



To all whom it may concern:

Be it known that I, AMOS EMERSON DOLBEAR, of Somerville, in the county of Middlesex and State of Massachusetts, have invented a new Mode of Electric Communication, of which the following is a full, clear, concise, and exact description, reference being had to the accompanying diagram, forming a part hereof.

My invention relates to establishing electric communication between two or more places without the use of a wire or other like conductor, and it consists in connecting the transmitting-instrument with a ground the potential of which is considerably above the normal, and the receiving-instrument with a ground the potential of which is considerably below the normal, the result being that an impulse from the transmitter sufficient to cause the receiver to give intelligible signals is transmitted through the earth without the need of any circuit, such as has heretofore been deemed essential.

In the diagram, A represents one place, (say Tuft's college,) and B a distant place, (say my residence.)

C is a wire leading into the ground at A, and D a wire leading into the ground at B.

G is a secondary coil, one convolution of which is cut, the ends thus formed being connected with the poles of the battery f, which has a number of cells sufficient to establish in the wire C1, which is connected with one terminal of the secondary coil G, an electro-motive force of, say, one hundred volts. G in this instance also represents an induction-coil, T being a microphone-transmitter, f its primary circuit, and f' its battery--that is, the battery f' not only furnishes the current for the primary circuit, but also charges or electrifies the secondary coil G and its terminals C and H'.

Now, if words be spoken in proximity to transmitter T, the vibration of its diaphragm will disturb the electric condition of the coil G, and thereby vary the potential of the ground at A, and the variations of the potential at A will cause corresponding variations of the potential of the ground at B, and the receiver R at B will reproduce the words spoken in proximity to transmitter T, as if the wires CD were in contact or connected by a third wire. Electric communication may be thus established between points certainly more than half mile apart; but how much farther I cannot now say.

There are various well-known ways of electrifying the wire C to a positive potential far in excess of a hundred volts and the wire D to a negative potential far in excess of a hundred volts.

In the diagram, H H' H1 represent condensers, the condenser H' being properly charged to give the desired effect. The condensers H and H1 are not essential, but are of some benefit; nor is the condenser H' essential when the secondary G is otherwise charged; I prefer to charge all these condensers, as it is of prime importance to keep the grounds of wires C and D oppositely electrified, and while, as is obvious, this may be done by either the batteries or the condensers, I prefer to use both.

The main difficulty in utilizing my invention on a large scale is that when there are many spots corresponding to A and B signals transmitted from any A will go to the nearest B, or to several B's, depending upon proximity and other causes. One method of obviating this difficulty is to use a given A only during a certain assigned time for communicating with a certain B, the particular B being arranged to receive communications only during the assigned time. Thus, if there were ten B's within a given area, then the first B might be used for the first hour, the second B for the next hour, and so on, and the first A for the first five minutes of the first hour, the second A for the next five minutes, and so on, so that either one of the A's might have free communication with the first B, each for its assigned time during the first hour, and either A with the second B, each for its assigned five minutes of the second hour, and so on.

In practice there will be of course both a receiver and transmitter at A and B, proper switches being used to bring either into use, as will be well understood without description. I have spoken only of telephone-instruments, as these give the best results; but any electric instruments may be used capable of utilizing the currents passing through the earth from C to D, and the strength of such currents can be largely increased by increasing the positive potential of C and the negative potential of D. It will also be obvious that if the end of coil G (shown in the diagram as connected with one armature of condenser H') be grounded, and the end shown grounded be connected with the condenser, then C will

be minus, and D must therefore be made plus.
What I claim is--
The art above described of communicating by electricity, consisting in first establishing a positive potential at one ground and a negative at another; secondly, varying the potential of one ground by means of transmitting apparatus, whereby the potential of the other ground is varied; and, lastly, operating receiving apparatus by the potential so varied, all substantially as described.

AMOS EMERSON DOLBEAR.

Traduction de l'ouvrage **1877 LE TÉLÉPHONE** . Avec des instructions pour fabriquer un téléphone parlant.
Phénomènes de l'électricité, du magnétisme et du son,
COMME IMPLIQUÉ DANS SON ACTION.
AVEC DES INSTRUCTIONS POUR LA FABRICATION D'UN TÉLÉPHONE PARLANT.

PAR LE PROF. AE DOLBEAR, DU TUFTS COLLEGE,
auteur de " L'Art de projeter ", etc.

BOSTON : LEE & SHEPARD, ÉDITEURS.

PRÉFACE.

Les expositions populaires du téléphone parlant au cours des six derniers mois, ainsi que de nombreux articles de journaux, ont créé un intérêt général pour l'instrument ; et on a pensé qu'un petit livre explicatif de son fonctionnement répondrait à un besoin du public.
Il a semblé nécessaire d'attirer l'attention sur les divers phénomènes et interactions des forces en jeu ; c'est pourquoi l'auteur a tenté de rendre clairs et intelligibles les phénomènes de l'électricité, du magnétisme et du son. Des coupures ont été insérées là où elles pouvaient être utiles pour mieux comprendre les conditions mécaniques ; et un tableau de composition sonore a été ajouté. conçu, qui montre en un coup d'œil les constituants des sons de divers instruments de musique.
Comme j'ai inventé le téléphone parlant, dans lequel des courants magnéto-électriques étaient utilisés pour la transmission de la parole et d'autres types de sons, j'ai décrit assez longuement mon premier instrument et j'ai également donné des instructions explicites pour fabriquer un téléphone parlant dont je sais, par essai, qu'il est aussi efficace que tout ce qui a été fabriqué jusqu'à présent ; mais rien dans le livre ne doit être considéré comme une dédicace de l'invention au public, car des mesures ont déjà été prises pour obtenir des lettres de brevet conformément aux lois des États-Unis.
AE Dolbear.
College Hill, Massachusetts

LE TÉLÉPHONE.

ÉLECTRICITÉ.

Certains phénomènes électriques se manifestent à une échelle si grande qu'ils attirent l'attention de tous. Ainsi, la foudre, qui accompagne tant d'averses par temps chaud sous presque toutes les latitudes, a toujours suscité chez certains une crainte superstitieuse, perçue comme une manifestation d'activité surnaturelle ; et il est probable que chacun ressent plus ou moins de terreur lors d'un orage, car elle affecte simultanément de nombreux sens. L'éclair peut être aveuglant s'il est proche de nous ; le tonnerre peut être assourdissant pour les oreilles, et si puissant qu'il ébranle les fondations des collines et fait bouger sensiblement le sol sur lequel nous nous tenons ; ces phénomènes, avec le souvenir, sont liés aux effets destructeurs observés, tels que des bâtiments démolis et de grands arbres arrachés en un instant, suffisent amplement à susciter un sentiment de terreur chez les esprits les plus résistants. Dans les régions polaires, au nord comme au sud, où les orages sont moins fréquents, l'électricité atmosphérique prend la forme appelée aurore boréale ou australe, selon qu'elle est observée au nord ou au sud de l'équateur.
Il y a plus de deux mille ans, les Grecs remarquèrent qu'un certain type de minéral, rejeté sur les côtes de la Méditerranée, attirait, lorsqu'on le frottait, des corps légers, tels que des lambeaux de soie ou de lin et des morceaux de papier. Ils donnèrent à cette substance le nom d'électron, et la propriété ainsi développée par frottement fut plus tard appelée électricité. En 1600, le Dr Gilbert, médecin de la reine Élisabeth, publia un ouvrage dans lequel il décrivait de nombreuses expériences démontrant que l'électricité pouvait être produite par frottement sur une grande variété de substances, telles que des pierres, des gemmes et des résines. La première machine à produire de l'électricité fut construite par Otto von Guericke de Magdebourg, vers 1680. Sa machine consistait en une boule de soufre d'environ quinze centimètres de diamètre, qu'on pouvait faire tourner. Si l'on approchait la main sèche contre la boule de soufre pendant qu'elle tournait dans une pièce sombre, la sphère semblait émettre de la lumière ; elle produisait également un sifflement ou un crépitement particulier. Newton fit quelques expériences avec l'électricité et remarqua que le caoutchouc était un élément important dans le développement de l'électricité. Il ne semble pas avoir accordé à ce sujet la même attention qu'à d'autres branches de la science. S'il l'avait fait, il est probable qu'il aurait avancé son étude de cent ans ; autrement dit, il l'aurait probablement laissée là où elle en était en 1790. Ses capacités étaient si grandes qu'en une seule vie, il apporta à la connaissance humaine plus d'avancées que toute l'humanité n'en avait fait au cours du millénaire précédent. Au mois de juin 1752, Franklin réalisa l'expérience mémorable qui l'immortalisa. Il lança son cerf-volant vers le nuage d'orage, posant pratiquement la question à la foudre de savoir si elle était identique à l'électricité. L'éclair descendit de la ficelle mouillée jusqu'à sa main et proclama son identité.
Pendant les quarante années qui suivirent, les naturalistes d'Europe et d'Amérique ne firent qu'analyser les changements sur ce qui était connu. Ils lancèrent des cerfs-volants vers les nuages ; ils fabriquèrent et chargèrent des bouteilles de Leyde, les décharges à l'aide de fils, de chaînes et de circuits de mains jointes ; ils étudièrent les attractions et les répulsions manifestées par les corps électrisés ; mais ils n'ajoutèrent rien d'important en termes d'expériences.
En 1791, Galvani, professeur d'anatomie à Bologne, annonça une manifestation de l'électricité nouvelle et remarquable, prenant son origine dans les muscles des animaux, et qui fut ainsi appelée électricité animale. Il avait préparé des cuisses de grenouilles pour les manger ; par hasard, elles furent placées près d'une machine électrique avec laquelle Galvani effectuait des expériences, de sorte qu'une étincelle parvenait occasionnellement aux jambes, qui se contractaient alors aussi souvent qu'une étincelle les touchait. Ce mouvement fut observé pour la première fois par sa femme, qui attira son attention sur le phénomène ; et il découvrit très vite que les cuisses d'une grenouille, écorchées et suspendues, constituaient un excellent électroscope. C'est en expérimentant de cette manière qu'il en fabriqua un autre et une découverte plus importante ; à savoir, que, lorsque les muscles et les nerfs de la patte de grenouille étaient touchés par des morceaux de deux métaux différents, la patte se contractait comme auparavant. Alexandre Volta, un autre professeur italien, inventeur de l'électrophore et doté d'une grande habileté expérimentale, tourna alors son attention vers l'expérience de Galvani et découvrit très vite que l'origine de l'électricité qui mouvait les pattes de grenouille ne se trouvait pas dans les pattes elles-mêmes, mais dans les métaux utilisés. La première forme de pile galvanique, appelée pile voltaïque, résulta des recherches de Volta. Cette pile était constituée de disques alternés de zinc, de flanelle et de cuivre, empilés les uns sur les autres en succession constante dans cet ordre. La flanelle était humidifiée avec du sel et de l'eau, ou avec de l'acide sulfurique dilué. Lorsque le premier zinc était relié au dernier cuivre au moyen d'un fil, un puissant courant électrique était obtenu. Cette forme de pile n'est plus du tout utilisée aujourd'hui, car des moyens beaucoup plus efficaces sont connus pour produire de l'électricité ; mais cela en 1800, quand cela fut connu pour la première fois en Angleterre, était très surprenant, et c'était une de ces surprises qui ont été si fréquentes depuis lors dans l'histoire de l'électricité.
Sir Humphry Davy réalisa des choses surprenantes grâce à une grande pile voltaïque. L'eau fut décomposée, et les métaux potassium et sodium furent d'abord séparés de leurs composés par l'oxygène. Bonaparte avait offert un prix de soixante mille francs " à celui qui, par ses expériences et ses découvertes, ferait progresser la connaissance de l'électricité et du galvanisme autant que Franklin et Volta ", et de trois mille francs " pour les meilleures expériences réalisées chaque année sur le fluide galvanique ". Ce dernier prix fut décerné à Davy.
Après les succès de Davy en 1806, aucune avancée expérimentale significative n'a été apportée à la connaissance de l'électricité, jusqu'en 1820, lorsqu'Oersted de Copenhague a annoncé que " le fil conducteur d'un circuit voltaïque agit sur une aiguille magnétique ", et que l'aiguille tend à se placer à angle droit par rapport au fil. C'était un type d'action totalement inattendu. Cette observation était de la plus haute importance ; et aussitôt, les philosophes d'Europe et l'Amérique s'est alors attachée à étudier ce nouveau phénomène. Les lois du mouvement de l'aiguille aimantée soumise à un courant électrique traversant un fil ont été étudiées avec succès par M. Ampère, de l'Académie française. Il a observé que lorsqu'un fil traversé par un courant électrique était maintenu parallèlement à une aiguille aimantée libre de se déplacer, donc pointée vers le nord, si le courant se dirigeait vers le nord, le pôle nord était dévié vers l'ouest ; s'il se dirigeait vers le sud, le pôle sud de l'aimant était dévié vers l'ouest ; et que, dans tous les cas, l'aimant avait tendance à se placer à angle droit par rapport au courant ; et que ce déplacement angulaire dépendait de l'intensité du courant. C'est ainsi qu'est né le galvanomètre , un instrument qui non seulement détecte l'existence d'un courant électrique, mais permet également d'en déterminer la direction et l'intensité. Notre connaissance actuelle des lois de l'électricité est due, en grande partie, aux observations faites avec cet instrument. Bien sûr, il a été considérablement modifié et sa sensibilité a été rendue presque incroyablement élevée. Cependant, dans tous les galvanomètres, le principe fondamental impliqué dans leur structure est celui de l'action d'un courant électrique sur un aimant, qui a été remarqué pour la première fois par Oersted.

AIMANTS.

Nicandre raconte que parmi les bergers qui gardaient leurs troupeaux sur les flancs du mont Ida, un certain Magnès remarqua que, tandis qu'il menait ses troupeaux au pâturage, sa houlette adhéra à certains rochers. Certains ont supposé que le nom d' aimant provenait du nom de cet homme. On pense cependant généralement qu'il tire son nom de

l'ancienne cité de Magnésie, en Asie Mineure, près de laquelle l'aimant, ou substance magnétique, a été découvert. Cette roche, qui possède la remarquable propriété d'attirer et de retenir de petits morceaux de fer ou d'acier, est aujourd'hui reconnue comme l'un des minerais de fer et est appelée magnétite par les minéralogistes. Le fer est chimiquement combiné à l'oxygène et constitue 72,5 % de son poids. Il existe un autre minerai de fer, l'hématite, qui contient 70 % de fer ; mais la différence de deux et demi pour cent de fer dans le minerai suffit à faire la différence entre une substance magnétiquement inerte et une substance capable de soulever une masse de fer égale à plusieurs fois son propre poids.

On dit que Sir Isaac Newton portait à la bague une petite pierre d'aimant pesant trois grains, capable de soulever sept cent cinquante grains, soit deux cent cinquante fois son propre poids. L'aimant le plus puissant connu actuellement appartient à M. Obelliane de Paris. Il peut soulever quarante fois son propre poids. Cependant, les grosses pièces ne supportent pas des poids proportionnellement plus importants, rarement plus d'une ou deux fois leur propre poids.

Il existe dans de nombreux endroits du monde d'immenses gisements de minerai de fer magnétique. On en trouve dans la région des Adirondacks, au nord de l'État de New York, et dans le comté de Chester, en Pennsylvanie. Les célèbres mines de fer de Suède en sont constituées, et la Laponie en compte plusieurs grandes montagnes. Il ne faut pas en déduire que, du fait que ce minerai soit appelé magnétite, tous les spécimens possèdent la propriété appelée magnétisme. Les grandes masses manifestent rarement une telle force, pas plus que les morceaux ordinaires de fer ou d'acier ; pourtant, n'importe laquelle d'entre elles sera attirée par un aimant, tout comme le fer. Les aimants indigènes le plus puissants se trouvent en Sibérie et dans le Hartz, une chaîne de montagnes du nord de l'Allemagne.

Lorsqu'un morceau de ce minerai magnétique est placé dans une masse de limaille de fer, on constate que la limaille y adhère en plus grande quantité sur deux côtés opposés, appelés pôles de l'aimant. Si le morceau est suspendu à une corde de manière à pouvoir tourner librement, il s'immobilisera invariablement avec le même pôle orienté vers le nord ; ce pôle est donc appelé pôle nord de l'aimant, et l'action est appelée action directrice. Cette action directrice était connue des Chinois il y a plus de trois mille ans. Pour traverser les vastes steppes de Tartarie, ils utilisaient des chariots magnétiques, sur lesquels était représentée la silhouette d'un homme dont le bras mobile et tendu pointait toujours vers le sud. Le Dr Gilbert affirme que la boussole a été apportée de Chine en Italie en 1260, par un voyageur nommé Paulus Venetus.

Lorsqu'un morceau d'acier trempé est frotté sur un aimant naturel, il acquiert la même propriété directrice ; et, comme l'acier pouvait être facilement façonné pour une forme pratique, une aiguille en acier a généralement été utilisée pour l'aiguille d'une boussole. Le pouvoir directeur de l'aimant a été et est toujours d'une valeur inestimable pour toutes les nations civilisées. La navigation océanique serait impossible sans lui, et les frontières territoriales sont fixées grâce à lui ; mais il existe d'autres propriétés et les relations d'un aimant, qui ont été découvertes au cours des cinquante dernières années, qui sont destinées à être aussi importantes pour l'humanité que celles de la boussole. En 1825, William Sturgeon, de Woolwich, en Angleterre, découvrit que si l'on enroulait un fil de cuivre autour d'un morceau de fer doux et qu'on y envoyait un courant électrique, le fer doux deviendrait un aimant, mais ne conserverait son magnétisme que pendant la durée du passage du courant électrique dans la bobine. Le magnétisme ainsi développé fut appelé l'électromagnétisme, et le fer ainsi enroulé fut appelé électroaimant. Le premier électroaimant fut fabriqué en enroulant du fil nu sur du fer doux. Cette méthode ne permet pas de produire des aimants très puissants. En 1830, le professeur Henry isola le fil en le recouvrant de soie et fut le premier à produire des aimants puissants.

Sur une barre de fer doux de cinquante-neuf livres, il utilisa vingt-six bobines de fil, treize sur chaque pied, toutes reliées à un conducteur commun par leurs extrémités opposées, et mesurant au total sept cent vingt-huit pieds. Cet appareil s'avéra capable de supporter un poids de deux mille cinq cents livres. Cet électro-aimant appartient aujourd'hui au Yale College.

La puissance de l'électro-aimant est infiniment supérieure à celle de n'importe quel aimant permanent. Un aimant permanent fabriqué par Jamin à Paris, composé de nombreuses bandes d'acier minces assemblées et pesant deux kilos, peut supporter un poids de cinquante kilos ; mais le Dr Joule a fabriqué un électro-aimant, en disposant avantageusement les bobines, capable de supporter trois mille cinq cents fois son propre poids, soit cent et quarante fois la charge proportionnelle de l'aimant annulaire de Sir Isaac Newton.

LA BATTERIE GALVANIQUE.

La forme originale de la pile galvanique, conçue par Volta et peu modifiée pendant trente ans, consistait en une cellule contenant un fluide, généralement de l'acide sulfurique dilué, dans lequel étaient immergées deux plaques de métaux différents : les métaux utilisés étaient généralement des plaques de zinc et de cuivre, ou de zinc et d'argent. Ces plaques, une fois plongées dans le liquide, produisent un courant électrique de très bonne qualité ; mais sa durée de vie est limitée. La raison en est simple à comprendre. Chaque fois qu'un courant électrique est généré par l'action chimique d'un liquide sur deux métaux différents, une certaine décomposition du liquide se produit, et cette décomposition se produit sur les plaques elles-mêmes. Les gaz libérés adhèrent aux plaques et empêchent tout contact ultérieur avec l'acide. Parallèlement, les gaz agissent sur les plaques et génèrent un courant électrique en sens inverse. Ceci interfère évidemment avec la première réaction du courant ; et très vite, la batterie devient inutilisable tant que les plaques n'ont pas été retirées du liquide. Ce processus physico-chimique qui se produit dans une telle batterie est appelé polarisation des plaques.

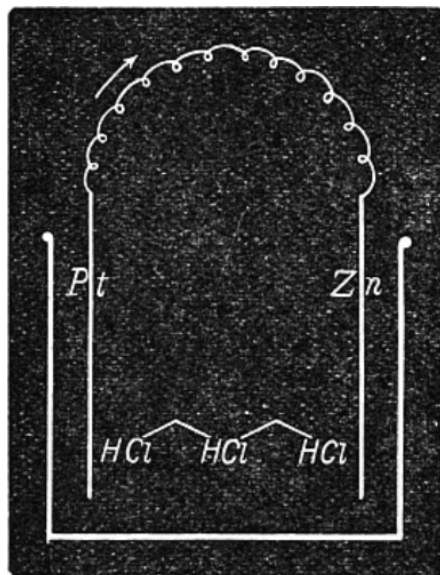


FIG. 1.

La figure ci-jointe permettra de comprendre les actions qui se déroulent dans une cellule de batterie du type mentionné. Soit Pt une plaque de platine et Zn une plaque de zinc, toutes deux placées dans un récipient contenant de l'acide chlorhydrique, également représenté par les symboles HCl. Ces molécules étant extrêmement minuscules, elles seront naturellement très nombreuses entre les plaques. Celles-ci seront alors reliées par un fil électrique circulant dans l'air. Dès que ces conditions seront remplies, un sifflement se fera entendre de la cellule, on verra des bulles de gaz s'élever de la plaque de platine : l'analyse révèle que ces bulles sont des bulles d'hydrogène. Simultanément, le zinc commencera à se dissoudre, formant ce que l'analyse révèle être du chlorure de zinc ; et simultanément, un courant électrique parcourra le fil, du platine au zinc. La quantité d'électricité ainsi générée est strictement proportionnelle à la quantité d'hydrogène libérée, elle-même proportionnelle au poids de zinc dissous ; et celui-ci, à son tour, est proportionnel à la surface des métaux exposés à l'action de l'acide. Or, dans des circonstances comme celles décrites ci-dessus, l'hydrogène libéré adhère fortement au platine, car il n'y a rien avec quoi il puisse s'unir chimiquement ; la plaque sera donc très vite visiblement recouverte de bulles, que l'on pourra gratter avec une plume ou un coton-tige, mais le même phénomène se reproduira.

Ce revêtement de bulles empêchera l'acide de toucher la plaque, et diminuera ainsi pratiquement la surface de celle-ci ; mais la quantité d'électricité générée étant proportionnelle à la surface exposée à l'action chimique, on comprendra immédiatement comment une telle polarisation des plaques doit bientôt amener la batterie à l'arrêt. En 1836, le professeur J.F. Daniell de Londres a mis au point une pile, appelée cellule Daniell. Dans cette pile, le métal (cuivre) sur lequel l'hydrogène avait été libéré était séparé du zinc par une cellule poreuse. Le zinc était immergé dans de l'acide sulfurique dilué, et le cuivre dans une solution acide de sulfate de cuivre (sulfate de cuivre). La coupelle poreuse n'empêchait ni le passage de l'électricité, ni la décomposition ; mais l'hydrogène, qui aurait alors été libéré au niveau de la plaque de cuivre, s'unissait immédiatement à l'oxygène qu'il obtenait en décomposant le sulfate de cuivre. De l'eau se formait alors et du cuivre se déposait sur la plaque de cuivre ; et, étant un excellent conducteur, la pile maintenait une forte activité pendant longtemps.

M. Grove, également de Londres, a inventé en 1839 une batterie qui porte toujours son nom, dans laquelle la plaque d'hydrogène est en platine immergée dans de l'acide

nitrique fort, enfermée également dans une cellule en terre poreuse ; et celle-ci, à son tour, est plongée dans un récipient contenant de l'acide sulfurique dilué et du zinc. Dans ce cas, l'hydrogène libéré décompose immédiatement l'acide nitrique, qui se sépare facilement de son oxygène ; comme dans l'autre cas, il se forme de l'eau, et l'acide nitrique perd de sa résistance. Des bandes de carbone ont remplacé le platine, ce qui donne le nom de pile Bunsen. Elle ressemble par ailleurs à la pile Grove : elle produit un courant très puissant et constant, et c'est grâce à l'utilisation de l'une ou l'autre de ces piles que la plupart des expériences en électricité sont réalisées dans les établissements d'enseignement et, jusqu'à récemment, la plupart étaient utilisées à des fins télégraphiques.

AUTRES MOYENS DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ.

THERMO-ELECTRICITE.

Si deux bandes de métaux différents, comme l'argent et le fer, sont soudées ensemble à une extrémité, et que l'autre extrémité est connectée à un galvanomètre, en chauffant la jonction soudée des métaux, on constate qu'un courant électrique traverse le circuit du fer à l'argent. Si d'autres métaux, de même taille et soumis au même degré de chaleur, sont utilisés, le courant électrique ainsi généré produira une déviation plus ou moins importante, qui sera constante pour les métaux employés. Les deux métaux généralement employés sont le bismuth et l'antimoine, en barres d'environ 2,5 cm de long et 0,6 cm de côté. Celles-ci sont soudées en série de manière à présenter les extrémités des barres comme faces, et celles-ci comptent souvent jusqu'à cinquante paires. Une telle série est appelée thermopile. Cette méthode de la production d'électricité a été découverte par Seebeck de Berlin en 1821, mais la thermopile si utilisée aujourd'hui dans les recherches sur la chaleur a été inventée par Nobili en 1835. La force de ce courant n'est pas très grande, une seule cellule Daniell étant égale à neuf paires de la combinaison la plus forte jamais découverte, à savoir le sulfure artificiel de cuivre avec de l'argent allemand.

MAGNÉTO-ÉLECTRICITÉ.

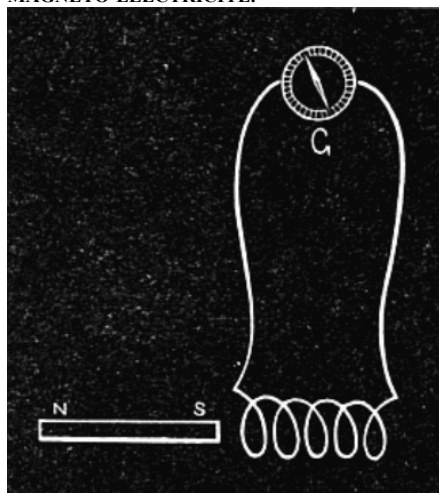


FIG. 2.

Il a déjà été mentionné qu'Oersted avait découvert qu'un aimant, lorsqu'il était libre de tourner, avait tendance à se placer à angle droit par rapport à un fil parcouru par un courant électrique, démontrant ainsi une interaction entre l'électricité et le magnétisme ; mais il restait à Faraday à découvrir le fait inverse, à savoir qu'un aimant se déplaçant sur un fil, dont les extrémités étaient reliées à un galvanomètre ou fermées d'une autre manière, provoquait un courant électrique dans le fil, dont la direction dépendait de celle du mouvement de l'aimant. Si le fil était enroulé en hélice creuse, l'aimant, en se déplaçant à travers l'hélice, se déplaçait transversalement, c'est-à-dire à droite, à tous les tours de l'hélice ; et chaque tour complet est ajouté à l'intensité du courant. Ceci sera compris en se référant au schéma de la figure 2. Soit G un galvanomètre connecté aux fils d'une hélice ; NS un barreau aimanté permanent. Si l'aimant est enfoncé dans la bobine, un courant électrique traversera l'hélice, le fil et le galvanomètre, et l'aiguille indiquera sa direction. Si l'aimant est retiré, un courant se déplacera en sens inverse dans tout le circuit. L'électricité ainsi produite est dite induite. La quantité d'électricité pouvant être ainsi induite est quasiment illimitée, dépendant de la taille et de la force de l'aimant, de la taille du fil et de sa longueur dans la bobine. Il existe aujourd'hui de nombreuses formes de machines produisant de l'électricité à partir du mouvement de bobines de fil devant les pôles des aimants permanents. On les appelle généralement machines magnétoélectriques. L'action de ces machines est si importante pour la téléphonie qu'elle nécessite une description plus détaillée.

INDUCTION MAGNÉTIQUE.

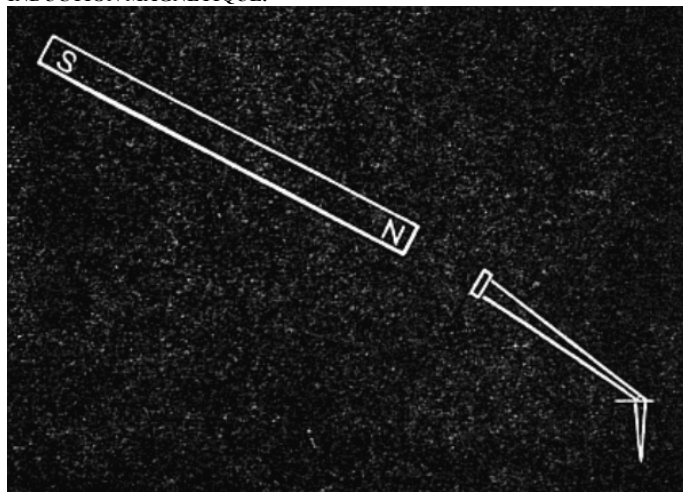


FIG. 3.

Soit NS (Fig. 3) une barre d'acier trempé rendue magnétique en permanence. Si l'on approche maintenant un clou, celui-ci deviendra un aimant par l'action inductive du premier aimant. Ce magnétisme induit peut être démontré en approchant une punaise ou un autre morceau de fer de l'extrémité la plus éloignée de l'aimant permanent ; la punaise adhère au clou, mais se détache lorsque le clou est éloigné de l'aimant. En testant la polarité du clou, on constate que l'extrémité la plus proche de l'aimant est un pôle sud si le pôle nord de l'aimant est orienté vers lui, et que, dans tous les cas, elle présente une polarité opposée à celle du pôle qui agit sur lui. L'intensité du magnétisme induit ainsi développé dépend de la distance entre l'aimant et le fer, atteignant son maximum lorsque les deux se touchent. Mais la punaise elle-même est également un aimant et attirera une autre punaise, puis celle-ci une autre encore, le nombre de punaises ainsi supportées dépendant de l'intensité du premier aimant, ou aimant inducteur.

Supposons maintenant que nous enroulions quelques mètres de fil autour du clou, que nous fixions les deux extrémités du fil à un galvanomètre ordinaire, puis que nous approchions le clou de l'aimant permanent. L'aiguille du galvanomètre se déplacerait à l'approche du clou ; si ce dernier touchait l'aimant, le mouvement de l'aiguille serait brusquement accéléré, mais s'immobiliserait immédiatement, montrant ainsi que le clou ne se rapproche ni ne s'éloigne de l'aimant, aucun courant électrique ne circule dans le fil, bien que le clou soit un aimant puissant tant qu'il est en contact avec l'aimant permanent. Si le clou est alors retiré, les deux phénomènes se reproduisent : en s'éloignant, le clou perd son magnétisme ; et cette perte de magnétisme induit un courant électrique à travers le fil, en sens inverse de celui qu'il avait lorsque le clou s'est approché. Ce courant est indiqué par l'aiguille du galvanomètre, qui se déplace selon la loi d'Ampère mentionnée à la page précédente.

Il convient de noter ici que nous obtenons un effet tout à fait analogue à celui déjà mentionné à la page 21, l'expérience de Faraday. Dans un cas, un aimant permanent est inséré dans une bobine de fil, et dans l'autre, un morceau de fer enroulé dans une bobine devient un aimant. Dans chaque cas, un courant électrique est généré dont la durée ne dépasse pas celle du mouvement mécanique des pièces.

MACHINES MAGNETO-ELECTRIQUES.

De tels courants transitoires sont pratiquement inutiles, et plusieurs dispositifs ont été inventés pour assurer un flux continu. Le schéma ci-contre illustre la forme cour machine permettant d'assurer ce fonctionnement.

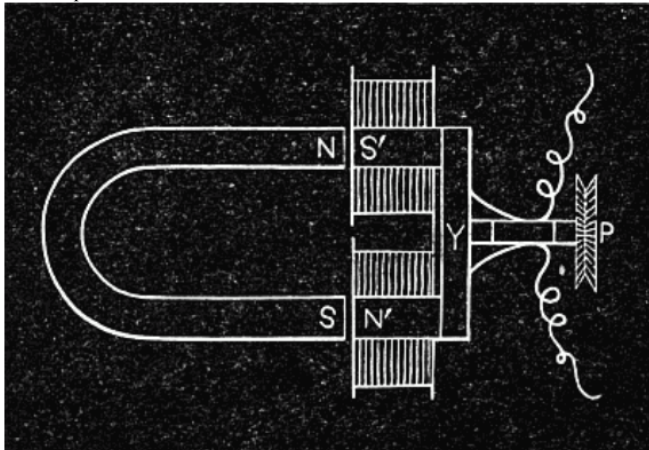


FIG. 4.

NS, Fig. 4, représente l'aimant permanent, courbé en U afin d'utiliser les deux pôles. N' et S' sont de courtes tiges de fer doux fixées dans une culasse Y, également en fer doux. Des bobines de fil entourent chacune des tiges, comme représenté, les extrémités des fils étant reliées entre elles et à ce que l'on appelle un inverseur de pôles. L'ensemble de cette pièce peut tourner autour d'un axe PY grâce à une poulie en P. L'action est la suivante : de par leur position, les tiges de fer doux N' S' doivent devenir des aimants par l'action inductive de l'aimant permanent, tout comme le clou est devenu un aimant dans la même position. Tant que les pièces conservent la position relative indiquée sur la figure et qu'il n'y a pas de mouvement, aucune électricité ne peut être produite ; mais si l'axe PY est tourné, S', qui représente la polarité de la tige opposée à N, perd son magnétisme induit ; et, après un demi-tour, ce même pôle se trouvera à la position actuelle de N' ; mais il aura alors la polarité N' au lieu de S' ; autrement dit, il a perdu sa polarité sud en s'éloignant de N et a gagné en polarité nord en s'approchant de S : un courant électrique a donc régulièrement traversé la bobine dans un sens. Simultanément, l'autre tige N' a traversé des phases similaires ; et sa bobine enveloppante a été induite par un courant électrique dans le même sens que dans la première bobine. Cela double l'intensité du courant ; et l'ensemble est conduit par les fils de connexion là où le courant est nécessaire. Des machines ont été construites sur ce plan, qui contenaient cinquante ou soixante puissants composés d'aimants permanents et autant de bobines de fil, nécessitant une machine à vapeur de huit ou dix chevaux pour les faire fonctionner. Une machine magnétoélectrique moins encombrante et beaucoup plus efficace a été fabriquée en remplaçant l'armature en fer doux par une sorte de navette, et en enroulant le fil à l'intérieur. C'est ce qu'on appelle l'"armature Siemens". Le modèle le plus récent de ces machines est connu sous le nom de Gramme ; sa particularité réside dans le remplacement de l'armature par un large anneau de fer doux. Autour de cet anneau, de nombreuses bobines de fil de cuivre isolé, de longueurs égales, sont enroulées de telle sorte qu'un demi-tour de fil traverse l'intérieur de l'anneau, ce qui donne aux bobines leur orientation longitudinale. L'armature ainsi préparée est fixée sur un arbre, de manière à permettre sa rotation, entre les pôles d'un puissant aimant Jamin. Les extrémités des bobines sont reliées à des conducteurs sur l'axe ; et, lorsque l'armature ainsi construite tourne, un courant électrique très constant et puissant circule dans une seule direction, contrairement aux autres formes. Il est indiqué qu'avec un cheval-vapeur, on peut obtenir une lumière égale à celle d'une batterie de cinquante cellules Grove.

COURANTS SECONDAIRES.

Dès 1836, le professeur Page de Salem remarqua que, chaque fois qu'un courant électrique circulait dans une bobine de fil, un autre courant de sens opposé était induit dans une bobine parallèle à la première ; et de même, lorsque le courant dans la première était interrompu, un autre courant circulait dans la seconde bobine en sens inverse. Ces courants, appelés courants secondaires, sont très transitoires. Aucun courant ne circule, sauf au moment de l'établissement ou de l'interruption du courant. À cet égard, rappelons le comportement du fer doux à l'intérieur de la bobine, qui produit un courant électrique lorsqu'il s'approche ou s'éloigne d'un aimant, mais qui n'en produit aucun tant qu'il est immobile.

Ces courants secondaires ont été étudiés par le professeur Henry, ce qui a permis la découverte de nombreux phénomènes curieux et intéressants. Il me suffira ici de me référer à ce que l'on appelle les bobines d'induction, qui sont des développements des principes de l'électromagnétisme et de l'électro-induction, sont des exemples de bobines d'induction. Imaginez une tige de fer doux de n'importe quelle taille, enroulée autour d'une bobine de fil, dont les extrémités sont disposées de manière à pouvoir être connectées à une pile galvanique. Autour de cette bobine, on enroule une autre bobine de fil très fin et bien isolé ; ses bornes sont réglables à n'importe quelle distance. La connexion d'une pile à la bobine primaire produit alors deux effets simultanés : d'une part, le fer doux devient magnétique ; d'autre part, un courant électrique est généré dans la bobine secondaire ; l'intensité de ce courant secondaire est fortement accrue par l'action inductive du fer doux transformé en aimant. Lorsque le courant de la pile est interrompu, le fer perd son magnétisme et un courant électrique est réinjecté dans la bobine secondaire en sens inverse. L'énergie de ce courant dérivé est si importante qu'il peut parcourir une certaine distance dans l'air, ce qui le rend apparemment différent de l'électricité produite par une pile, une bobine d'induction fabriquée par M. Ritchie pour l'Institut Stevens de Hoboken, dans le New Jersey, possède une bobine primaire de 60 mètres de fil n° 6. La bobine secondaire, longue de plus de 80 kilomètres, est constituée de fil n° 36, d'un diamètre de seulement 0,005 pouce. Cet instrument a produit une étincelle de 53 centimètres de long, grâce à trois gros éléments d'une pile bichromatée. M. Spottiswood, de Londres, vient de réaliser la plus grande bobine d'induction jamais fabriquée. Elle est composée de deux bobines primaires, l'une contenant 27,7 kg de fil, l'autre 37,8 kg, le fil ayant un diamètre de 0,096 pouce. La bobine secondaire mesure 380 kilomètres de long et compte 381 850 spires. Cette bobine est composée de trois parties : le diamètre du fil de la première partie est de 0,0095 pouce ; celui de la deuxième partie de 0,015 ; et celui de la troisième partie de 0,011. Grâce à cinq cellules Grove, cette bobine d'induction a produit une étincelle de 107 cm de long et est dotée d'un verre perforé de 7,6 cm d'épaisseur.

L'électricité ainsi développée dans les bobines secondaires est de même nature que celle développée par frottement ; et toutes les expériences des observations réalisées avec ce dernier peuvent être répétées avec le premier, nombre d'entre elles étant considérablement plus belles et plus intéressantes. Tels sont, par exemple, les décharges sous vide dans les tubes de Geisler, présentant des stratifications, de la fluorescence, de la phosphorescence, la production d'ozone en grande quantité, la décomposition de composés chimiques, etc.

L'électricité produite par le frottement sur le verre, la cire, la résine et autres matériaux dits non conducteurs a jusqu'ici été appelée électricité statique, car une fois produite sur une surface, elle y persistait indéfiniment, ou jusqu'à ce qu'un corps conducteur la touche et lui permette ainsi de s'échapper. Ainsi, un morceau de cire frotté avec un morceau de flanelle, frappé avec une peau de chat ou une queue de renard, devient fortement électrisé et, dans une atmosphère sèche, le reste pendant des mois. L'air ordinaire contient cependant toujours une quantité notable d'humidité ; et, l'eau étant conductrice d'électricité, cet air humide se déplaçant sur la surface électrisée emporte très rapidement toute l'électricité.

Encore une fois, l'électricité développée par l'action chimique dans une batterie et par l'interaction de l'électricité des aimants et des bobines de fil a été qualifiée d'électricité dynamique, car elle ne semblait exister que lorsqu'elle était en mouvement dans un circuit complet. Or, ce n'est pas vrai ; en effet, si l'un des fils d'une pile galvanique est relié à la terre et l'autre à un électromètre délicat, on constatera que ce dernier produit une excitation électrique de la même manière que l'électricité produite par frottement dans un autre corps. Ce phénomène, parfois appelé tension, est très faible pour une seule cellule ; mais dans une série de cellules, il se manifeste autrement. Ainsi, lorsqu'on saisit les bornes d'une seule cellule, aucun effet n'est perçu ; en revanche, si l'on saisit les bornes d'une pile composée de quarante ou cinquante cellules, on ressent un choc violent, sans commune mesure avec celui ressenti lors de la décharge d'une très petite bouteille de Leyde. Le choc de plusieurs centaines de cellules serait très dangereux.

On doutait autrefois que l'électricité puisse passer entre les bornes d'une batterie sans contact réel des bornes. Gassiot a été le premier à démontrer que l'étincelle jaillissait entre les fils d'une batterie à plusieurs cellules avant même qu'un contact réel ne soit établi. Récemment, M. De La Rue a mesuré la distance parcourue par l'étincelle, en utilisant une batterie à plusieurs cellules.

Je donne son tableau comme tiré des "Proceedings of the Royal Society" :

Cellules. Distance de frappe.

600 .0033 pouce.

1 200 .0130 "
1 800 .0345 "
2 400 .0535 "

Ce tableau montre que la distance d'amorçage est quasiment égale au carré du nombre de cellules. Ainsi, avec 600 cellules, l'étincelle a sauté de 0,0033 pouce ; et avec le double de cellules, soit 1 200, l'étincelle a sauté de 0,0130 pouce, soit à 0,0002 pouce près, jusqu'à quatre fois la première distance.

Cela amène à se demander quelle taille de batterie serait nécessaire pour produire une étincelle d'une longueur donnée, comme un éclair par exemple. Une cellule prod étincelle de 0,00000001 pouce de long, et cent mille, une étincelle de 92 pouces de long. Un million de cellules produirait une étincelle de 232 mètres de long, un véritable éclair. Il est peu probable qu'un million de cellules soient un jour fabriquées pour former une seule batterie connectée, mais il n'est pas improbable qu'il en existe cent mille. De La Rue a depuis fabriqué 8 040 cellules et a constaté que la distance d'impact de ce nombre est de 8,75 mm, soit un peu plus d'un tiers de pouce. Il affirme également que la distance d'impact augmente plus vite que le rapport indiqué ci-dessus, comme le démontrent les expériences réalisées avec un nombre encore plus important de cellules. Ces expériences, et bien d'autres, démontrent qu'il n'existe pas de différence fondamentale entre l'électricité statique et l'électricité dynamique. Dans le premier cas, elle se développe sur une surface dont les caractéristiques moléculaires la rendent impossible à évacuer, chaque molécule de surface étant pratiquement une petite cellule de batterie dont une borne est libre. Ainsi, lorsqu'un conducteur approprié s'approche de la surface, il reçoit l'électricité de millions de cellules et devient ainsi fortement électrisé, ce qui permet d'en tirer immédiatement une étincelle.

QU'EST-CE QUE L'ÉLECTRICITÉ? THÉORIES.

De nombreuses tentatives ont été faites pour expliquer les phénomènes de l'électricité. En général, ces phénomènes sont si différents des autres phénomènes expliqués et facilement intelligibles qu'il a été généralement admis, jusqu'à récemment, que quelque chose de très différent de la matière ordinaire et des lois des forces qui lui sont applicables devait être impliqué dans les phénomènes eux-mêmes. Par conséquent, le terme d'impondérable lui a été appliqué, quelque chose qui était de la matière sans certains de ses éléments essentiels ; et comme il était évident que, quelle que soit cette matière, elle se déplaçait, apparemment coulait, d'un endroit à un autre, le terme de fluide lui a été appliqué, terme descriptif d'une certaine forme de matière. " Fluide impondérable " était le nom descriptif donné à l'électricité. Newton supposait qu'un corps excité émettait un fluide capable de pénétrer le verre. Lorsqu'il s'agissait d'expliquer les deux phénomènes d'attraction et de répulsion électriques, deux théories furent proposées, l'une par Benjamin Franklin, l'autre par Dufay. Franklin supposait que l'électricité était un fluide subtil et impondérable, dont tous les corps contenaient une certaine quantité normale. Par frottement ou autrement, cette quantité normale était perturbée. Si un corps recevait plus que sa part, on disait qu'il était électrisé positivement ; s'il en recevait moins que sa quantité normale, on disait qu'il était électrisé négativement. Franklin supposait que ce fluide électrique était hautement auto-répulsif et qu'il attirait puissamment les particules de matière.

Selon Dufay, il existe deux fluides électriques, de tendance opposée mais de même quantité. Associés en quantités égales, ils se neutralisent mutuellement. Une partie de ce fluide composé neutre imprègne toute la matière à l'état non excité. Par frottement ou autrement, ce fluide composé se décompose : le caoutchouc et le corps frotté échangent des quantités d'électricité égales de natures opposées, l'un étant positif, l'autre négatif . Ces deux fluides étaient censés être auto-répulsifs, mais s'attirer mutuellement : de sorte que, si deux corps étaient chargés d'électricité positive ou négative, ces corps se repoussent mutuellement ; mais si l'un était chargé d'électricité positive, tandis que l'autre était chargé d'électricité négative, les deux corps s'attireraient mutuellement.

Chacune de ces deux théories peut servir à illustrer les phénomènes et a ainsi grandement contribué à systématiser les faits. Il est évident qu'elles ne peuvent être vraies toutes les deux, et il est fort probable qu'aucune d'elles ne le soit.

Certains ont supposé qu'il y avait une sorte d'atmosphère électrique autour de chaque atome de matière ; et une autre théorie encore, défendue aujourd'hui par Edlund de Stockholm, suppose que l'électricité est identique à l'éther par lequel l'énergie rayonnante, la lumière et la chaleur, sont transmises.

Avant de pouvoir juger correctement de la nature d'une force, il est nécessaire de connaître ses capacités et les phénomènes qu'elle peut produire. Examinons donc brièvement les capacités de l'électricité.

1° Elle peut produire directement du mouvement par les attractions et les répulsions des corps électrisés, comme l'indiquent les électromètres, la rotation du volant d'inertie et la déviation de l'aiguille du galvanomètre. Les travaux mathématiques de Clausius ont prouvé, et l'expérience l'a confirmé, que lorsque l'électricité effectue un travail mécanique, une quantité d'électricité est perdue, annihilée, sous forme d'électricité.

2° Elle peut produire directement de la chaleur , comme le montre le passage d'une quantité suffisante d'électricité à travers un fin fil de platine : le fil s'échauffe, s'incandescent et peut même fondre sous l'effet de la chaleur. La chaleur développée dans ce qu'on appelle l'arc électrique est si intense qu'elle peut fondre les substances les plus réfractaires. Si le courant électrique d'une pile traverse une pile thermique, l'une des faces de la pile sera chauffée. La chaleur de l'étincelle d'une bouteille de Leyde peut enflammer la poudre à canon et dissiper l'or en vapeur. La chaleur produite par la foudre est visible lorsqu'un arbre vivant est frappé par un puissant éclair : la sève de l'arbre est instantanément transformée en vapeur d'une tension si élevée qu'elle ferait exploser l'arbre, le dispersant en petits fragments sur une vaste zone. Les pointes des paratonnerres présentent souvent cet effet de chauffage, fusionnant sous l'effet d'une trop grande quantité d'électricité.

Au début du XXe siècle, le comte Rumford et Sir Humphry Davy démontrèrent que la chaleur n'était qu'une forme de mouvement moléculaire. Depuis lors, les relations exactes entre le mouvement d'une masse de matière et la chaleur équivalente ont été déterminées expérimentalement par Joule, de sorte que l'unité de chaleur peut être exprimée par le mouvement d'une masse de matière. Ceci découle d'une loi plus générale, connue sous le nom de conservation de l'énergie. L'application ici est la suivante : chaque fois que de la chaleur apparaît par action électrique, comme dans les passages mentionnés ci-dessus, nous savons que seul le mouvement en est le produit, mais que ce mouvement s'exerce désormais entre les molécules du corps, au lieu du mouvement du corps entier dans l'espace, comme lorsqu'une boule de moelle se déplace ou que l'aiguille d'un galvanomètre tourne.

3° Il peut produire directement de la lumière . On le constate dans chaque étincelle d'une machine électrique, dans l'éclair et dans la lumière électrique.

Il a été démontré de multiples façons qu'il n'existe pas de différence essentielle entre la lumière et la chaleur, et que ce que nous appelons lumière n'est que la relation active que certains rayons d'énergie rayonnante entretiennent avec les yeux. Pour illustrer cela, supposons qu'un faisceau lumineux, provenant par exemple du soleil, tombe sur un prisme triangulaire en verre : on constate immédiatement que le faisceau est dévié et, au lieu d'apparaître comme une tache de lumière blanche, comme avant sa déviation, il apparaît désormais comme une bande brillante de couleurs, appelée spectre solaire. Si l'on examine maintenant ce spectre quant à la distribution de la chaleur, en y déplaçant une thermopile de l'extrémité bleue vers l'extrémité rouge, on constate que l'aiguille du galvanomètre n'est que légèrement déviée à cette extrémité ; mais, à mesure que la thermopile est déplacée, les déviations s'accroissent jusqu'à dépasser l'extrémité rouge, où la chaleur est maximale. C'est pourquoi on a coutume de dire que l'extrémité rouge du spectre est l'extrémité chauffante. Avec divers mécanismes, les rayons peuvent être séparés les uns des autres et mesurés ; il apparaît alors qu'un rayon de lumière rouge a une onde de longueur d'environ 1/37 000 po et le rayon violet d'environ 1/60 000 po. Les rayons au-delà du rouge ont également été mesurés et se sont avérés être plus longs uniformément à mesure que l'on s'éloigne de la partie visible du spectre.

De même, au-delà de l'extrémité bleue, les longueurs d'onde deviennent de plus en plus courtes ; et dans chacune de ces directions, le spectre invisible est beaucoup plus long que le spectre visible. Or, on a également constaté que lorsqu'un prisme de verre ou d'un autre matériau est utilisé pour produire un spectre, il répartit les rayons de manière très inégale ; autrement dit, vers l'extrémité rouge du spectre, ils sont très concentrés, tandis que vers l'extrémité bleue, ils sont plus dispersés. Par conséquent, si l'on mesurait le pouvoir calorifique d'un tel spectre, beaucoup plus de rayons tomberaient sur une surface égale de la thermopile à l'extrémité rouge qu'à l'extrémité bleue ; les indications du galvanomètre seraient donc erronées. Avant de pouvoir obtenir des informations précises à ce sujet, il serait évidemment nécessaire de travailler avec une dispersion égale de tous les rayons. C'est ce qu'a réalisé il y a quelques années le Dr Draper de New York. Il prit le spectre produit par diffraction plutôt que par réfraction, et le mesura. Il constata ainsi que le pouvoir calorifique du spectre est égal dans toutes ses parties ; par conséquent, les représentations des traités de physique, qui représentent le pouvoir calorifique du spectre concentré à l'extrémité rouge, ne sont vraies que lorsque le spectre est produit de manière irrégulière. Quant à la vision, la structure mécanique de l'œil est telle que des vibrations radiant d'une longueur d'onde comprise entre 1/37 000 et 1/60 000 de pouce peuvent l'affecter, contrairement aux longueurs d'onde plus ou moins longues. Ces ondes sont appelées lumière, mais il n'est pas improbable que certains animaux et insectes aient des yeux adaptés à des longueurs d'onde plus ou moins longues ; auquel cas, ce qui nous paraîtrait parfaitement sombre serait clair pour eux. Il est bien connu que de nombreux animaux, comme les chiens, les chats, les rats et les souris, voient la nuit. On peut faire confiance à certains chevaux pour rester sur la route par nuit noire, lorsque le cocher ne peut même pas les voir. On explique généralement cela en disant que leurs yeux sont construits de manière à collecter un plus grand nombre de rayons lumineux.]On peut mieux l'expliquer en supposant que leurs yeux sont construits pour répondre à des longueurs d'onde supérieures ou inférieures à celles de l'humanité.

Un rayon lumineux est donc constitué d'une seule ligne d'ondulations d'une longueur d'onde définie, telle que, s'il frappe l'œil, il produit la vue ; s'il frappe une thermopile, il la chauffe exactement autant qu'une autre longueur d'onde la chaufferait ; s'il frappe une matière en relations chimiques instables, il effectue un travail chimique, selon le type de matière. Un rayon rouge est aussi efficace pour certaines substances qu'un rayon violet pour d'autres. L'affirmation, si souvent avancée ces derniers temps pour effectuer un travail analogique, selon laquelle un rayon lumineux est constitué de trois parties distinctes, séparables les unes des autres et appelées chaleur, lumière et propriétés chimiques, est tout simplement fausse. L'effet d'un rayon dépend du type de structure sur laquelle il frappe ; et une fois ce travail effectué, quel qu'il soit, il cesse d'exister en tant que rayon.

Si donc l'électricité peut produire directement de la lumière, elle produit simplement du mouvement , comme dans le cas de la chaleur, le mouvement étant tel que les yeux des hommes en sont affectés.

4° Il peut produire du magnétisme . Un courant électrique traversant une bobine de fil transforme cette bobine en aimant, qui se positionne dans la direction du méridien magnétique terrestre. Si une barre de fer doux est placée dans la bobine, elle devient l'électro-aimant habituel ; et si on y introduit de l'acier trempé, elle devient un aimant

permanent.

Ceci nous amène à nous interroger sur ce qu'est le magnétisme. Nous savons qu'il peut produire un mouvement en déplaçant à distance un morceau de fer ou un autre aimant. Il soutient également une masse de matière contre la gravité ou toute autre force contraire. Grâce à des mécanismes tels que les machines magnétoélectriques, il produit de l'électricité en grande quantité, laquelle peut à son tour être utilisée pour produire tous les effets de l'électricité : déplacer des corps par attraction ou répulsion, générer de la chaleur ou de la lumière, ou encore fabriquer un aimant. Mais comme tous ces phénomènes ne sont que des formes variées de mouvement, qu'il s'agisse d'une masse et d'un mouvement moléculaire, peut-on douter un seul instant que ce que nous appelons magnétisme ne soit qu'une forme de mouvement ? Ne doit-il pas s'agir soit d'une forme de matière, soit d'une forme de mouvement ? S'il s'agissait d'une forme de matière, un aimant ne serait permanent qu'aussi longtemps qu'il n'est pas utilisé ; car son utilisation implique une consommation de force ; et, s'il s'agit de matière sous quelque forme que ce soit, alors dans une masse donnée de matière, il ne peut y avoir qu'une quantité définie de cette matière magnétique, et la consommation doit diminuer cette quantité. En fait, il n'y a aucune diminution perceptible de la puissance d'un aimant lorsqu'il est correctement utilisé. Il est également avéré que ni le mouvement d'une masse, ni les effets électriques, ni aucun autre, ne peuvent être produits par la seule action d'un aimant. Ce n'est que lorsqu'une forme de mouvement s'ajoute à sa propre propriété que nous en obtenons un effet quelconque : tous les effets dus à son action résultent donc de deux forces, l'une étant le mouvement commun d'une masse de matière, et l'autre l'énergie de l'aimant. Nous en déduisons donc qu'un aimant est un mécanisme dont la structure modifie la direction et la nature du mouvement qui l'agit. Lorsque l'on fait tourner la roue d'une machine électrique ordinaire, le produit est de l'électricité, une force très différente de celle qui la produit. De même, un aimant peut être considéré comme une machine permettant de convertir un mouvement mécanique en une autre forme de mouvement. Il est évident que la structure moléculaire est principalement concernée. Si une barre de fer, ne présentant aucun signe de magnétisme, est soumise à une torsion, elle deviendra immédiatement un aimant dont les pôles dépendent du sens de la torsion. Ce magnétisme développé réagira sur une bobine de fil, déplaçant ainsi l'aiguille d'un galvanomètre. Si on laisse la barre retrouver son état initial, elle perdra son magnétisme, qui réapparaîtra immédiatement en tordant à nouveau la barre. Or, lorsque la barre est tordue, il est évident qu'une contrainte moléculaire se produit dans certaines directions à travers la masse. L'expérience inverse illustre le même phénomène. On a constaté que lorsqu'une barre de fer est rendue magnétique par l'action d'un courant électrique circulant autour d'elle et la traversant longitudinalement, elle devient légèrement allongée et tordue dans une direction qui dépend de celle du courant. De plus, si un aimant permanent est chauffé au rouge, son magnétisme est détruit ; une telle chaleur permet aux molécules de s'organiser librement sans aucune contrainte extérieure. De même, si un aimant permanent est suspendu de manière à produire un son musical lorsqu'il est frappé, le magnétisme sera fortement affaibli par cette vibration. Dans ce cas, comme dans l'autre, les vibrations affectent chaque molécule et leur permettent ainsi de se réajuster à la position qu'elles occupaient avant d'être magnétisées. Le même phénomène se produit lorsqu'une barre de fer est rendue magnétique par l'action inductive de la Terre. Lorsque cette barre est maintenue dans la direction du pôle magnétique, elle ne devient que très légèrement magnétisée ; mais si elle est maintenue de telle sorte que lorsqu'elle est frappée avec un marteau, elle résonne, c'est-à-dire produit un son musical, elle devient immédiatement véritablement magnétique. De toute évidence, l'action de la Terre tend à placer les molécules de la masse dans une nouvelle position, mais la cohésion les empêche de la prendre. Lorsque les molécules sont amenées à vibrer, elles peuvent ainsi prendre plus facilement de nouvelles positions. Les molécules d'un aimant sont donc disposées différemment de celles d'une pièce de fer ou d'acier non magnétisée ; et, pour chaque nouvel arrangement des molécules d'une masse, quelle qu'elle soit, une nouvelle propriété physique se développe toujours. Une même substance peut apparaître sous forme de charbon de bois, de coke, de plombagine, d'antracite et de diamant. Un aimant est donc une machine dans laquelle les autres forces agissant sur lui se transforment et réapparaissent sous forme d'attractions et de répulsions d'autres matières : cette transformation ne peut avoir lieu, et donc le magnétisme ne peut se manifester, qu'à la condition qu'une autre force agisse de concert avec elle ; et, si, à un moment donné, il semble agir sans cette force externe, c'est au détriment de la chaleur absorbée, et donc l'aimant doit alors subir une perte de température proportionnelle au travail fourni. J'ai constaté cela en faisant exercer sa force par un aimant devant une thermopile, qui présente uniformément une face refroidie dans de telles conditions. La forme particulière du mouvement peut être que nous appelons magnétisme n'est pas encore établie ; mais il est évident qu'il s'agit d'une forme de mouvement. Les expériences suivantes pourraient apporter un éclairage. En août dernier, M. Kerr a lu un article devant la British Association of Science, qui détaillait l'expérience suivante : le pôle d'un électro-aimant était soigneusement poli de manière à réfléchir la lumière comme un miroir. Un rayon de soleil tombait dessus et se réfléchissait vers un endroit approprié pour l'examiner. Un courant électrique traversait la bobine, ce qui rendait le fer magnétique ; et on remarqua que la lumière réfléchie par le pôle était polarisée circulairement : autrement dit, le mouvement d'un rayon, au lieu d'être un simple mouvement ondulatoire, prenait maintenant un mouvement similaire à celui de l'eau d'un tuyau d'arrosage lorsque le bec tourne en rond pendant que l'eau s'en échappe. Après avoir lu le compte rendu, il m'est venu à l'esprit que l'expérience inverse pourrait être tentée ; c'est-à-dire l'effet d'un faisceau de lumière polarisée circulairement sur une pièce d'acier. En concentrant un large faisceau de lumière ordinaire. [En observant une lumière polarisée plane à l'aide d'une lentille en quartz, puis en la faisant passer à travers une lame quart d'onde à l'angle approprié, on obtint un puissant faisceau de lumière polarisée circulairement. Au foyer de ce faisceau, une fine aiguille de batiste, dépourvue de magnétisme, fut placée de manière à ce que la lumière la traverse longitudinalement. Dix minutes d'exposition suffirent à la rendre manifestement magnétique. J'en déduis que les mouvements que nous appelons attractions et répulsions magnétiques peuvent être tout à fait analogues à ces mouvements hélicoïdaux ; et que ces mouvements existent également dans l'éther et peuvent évidemment être à droite ou à gauche. Enroulez autour d'un crayon un morceau de fil de fer de douze à quinze pouces de long, formant une spirale lâche. Rapprochez les deux extrémités de la spirale ; et notez d'abord que l'une est torsadée vers la droite, l'autre vers la gauche. Si elles sont torsadées l'une dans l'autre, elles progresseront très facilement ; mais si une spirale à droite était entrelacée avec une autre similaire, et que toutes deux étaient tournées dans le sens de leur spirale, elles se sépareraient rapidement. En appliquant cette conception à un aimant, nous pourrions supposer que de tels mouvements en spirale seront créés dans l'éther par l'aimant, et que de tels mouvements réagissant sur la matière ordinaire l'affectent comme attraction et répulsion ; et ainsi nous aurions au moins une explication mécanique concevable du phénomène.



FIG. 5.

D'innombrables expériences pourraient être menées pour mieux illustrer la relation entre le mouvement des masses et le magnétisme, mais une seule de plus suffira. Aucune rotation d'un aimant sur son propre axe ne peut produire d'effet sur un courant qui lui est extérieur ; mais si une boucle de fil est maintenue immobile à proximité d'un aimant, comme sur la figure 5, pendant que l'aimant tourne, un courant électrique est produit ; et si l'aimant est maintenu immobile et que la boucle tourne, un courant sera également produit, mais en sens inverse. Ici, comme dans tous les autres cas, aucune électricité n'est produite d'origine, sauf lorsqu'un mouvement est transmis à l'une ou l'autre des parties. Cette expérience est due à Faraday.

De tous ces cas, nous ne pouvons arriver qu'à une seule conclusion : l'électricité et le magnétisme ne sont que des formes de mouvement ; l'électricité étant une forme de mouvement dans la matière ordinaire, car elle ne peut pas être amenée à traverser le vide, tandis que le magnétisme doit être une forme de mouvement induite dans l'éther, car il est aussi efficace dans le vide qu'en dehors de celui-ci ; l'électricité ayant toujours besoin d'un conducteur matériel, le magnétisme n'en ayant pas besoin de plus que la chaleur rayonnante et la lumière.

VITESSE.

Des mesures de la vitesse de l'électricité ont été effectuées ; celle de l'électricité à haute tension, comme l'étincelle d'une bouteille de Leyde, et celle d'une pile. La première a une vitesse supérieure à 320 000 kilomètres par seconde, tandis que l'électricité d'une pile peut se déplacer à une vitesse aussi lente que 24 000 ou 32 000 kilomètres par seconde ; mais cela dépend surtout des conducteurs. Sa vitesse dépasse rarement 48 000 kilomètres par seconde sur un circuit ordinaire de lignes télégraphiques. Si l'électricité est utilisée pour transmettre des signaux, comme en télégraphie ordinaire, le temps nécessaire varie presque comme la longueur de la ligne, et est, dans tous les cas, bien plus important. Prescott, dans son ouvrage sur le télégraphe, indique que " le temps nécessaire pour produire un signal sur l'électro-aimant à l'extrémité d'une ligne de 480 kilomètres de fil de fer n° 8 est d'environ 0,01 seconde, et que ce temps augmente proportionnellement à la longueur de la ligne ; par exemple, sur une ligne de 960 kilomètres, il est d'environ 0,03 seconde. " Il précise également que ce temps varie beaucoup selon le type d'aimant utilisé, certains étant beaucoup plus sensibles que d'autres pour ce travail. Wheatstone a prouvé il y a de nombreuses années que la durée d'une étincelle électrique était inférieure à un millionième de seconde. Lorsqu'un corps en mouvement rapide n'est visible que par une étincelle électrique ou un éclair, il semble immobile. Ainsi, un train de wagons roulant à une vitesse de soixante ou cinquante kilomètres à l'heure apparaît nettement défini ; même les roues motrices de la locomotive sont visibles en détail, ce qui est impossible sous une lumière continue, tout semble immobile. De même, les ailes d'un moulin à vent, qui tournent à vive allure, semblent apparemment immobiles. En effet, pendant le court laps de temps où elles sont éclairées, elles ne bougent pas sensiblement.

Je n'ai connaissance d'aucune tentative de mesure de la vitesse du magnétisme. Cependant, s'il s'agit d'une forme de mouvement dans l'éther, il est probable que cette vitesse soit comparable à celle de l'énergie rayonnante, la lumière, qui est d'environ 300 000 kilomètres par seconde.

SON.

Avant d'expliquer le lien entre le son et la téléphonie, il est nécessaire d'expliquer clairement ce qu'est le son et comment il affecte la substance du corps qu'il traverse. : frappe mon crayon sur la table, j'entends un claquement qui semble simultané à l'oreille ; si, en revanche, je vois un homme frapper un arbre avec une hache sur une coassez éloignée, le son ne m'atteint qu'après un certain temps ; et il est à noter que plus le lieu d'origine d'un soi-disant son est éloigné, plus il met de temps à atteindre l'auditeur. Ainsi, le son a dans l'air une certaine vitesse, mesurée avec une grande précision, de 330 mètres par seconde lorsque la température de l'air est au point de congélation de l'eau. À mesure que la température augmente, la vitesse du son augmente d'un peu plus de 30 mètres par degré Fahrenheit ; de sorte qu'à 60°, la vitesse est de 340 mètres par seconde. C'est la vitesse de l'air. Dans l'eau, elle est environ quatre fois supérieure, dans l'acier, seize fois, et dans le pin, environ dix fois.

CONSTITUTION D'UNE ONDE SONORE UNIQUE.

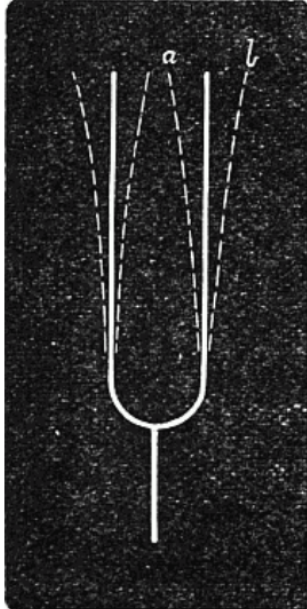


FIG. 6.

Si une personne se tient à quinze ou vingt perches d'un coup de canon, elle verra d'abord l'éclair, puis le nuage de fumée qui jaillit de la bouche du canon, puis sentira le sol trembler, et enfin le son parviendra à son oreille en même temps qu'une forte bouffée d'air. Cette bouffée d'air constitue l'onde sonore elle-même, se propageant à une vitesse de 130 mètres ou plus par seconde. Au moment de l'explosion de la poudre, l'air devant le canon est fortement comprimé ; cette compression se propage aussitôt vers l'extérieur dans toutes les directions, formant une sorte de coquille sphérique dont le diamètre augmente constamment ; et, dès qu'elle atteint l'oreille, le son est perçu. Lorsqu'une telle onde sonore frappe une surface solide, comme une falaise ou un bâtiment, elle est renvoyée et l'onde est réfléchie qu'on peut entendre ; dans ce cas, on parle d'écho. Lorsqu'un coup de canon est tiré, on entend généralement le son répété, de sorte qu'il semble durer une seconde ou plus ; mais lorsque, comme dans le premier cas, on entend le bruit d'un crayon frappé sur la table, on n'entend qu'une seule détonation brève, qui, on peut le supposer, consiste en une seule onde d'air condensé.

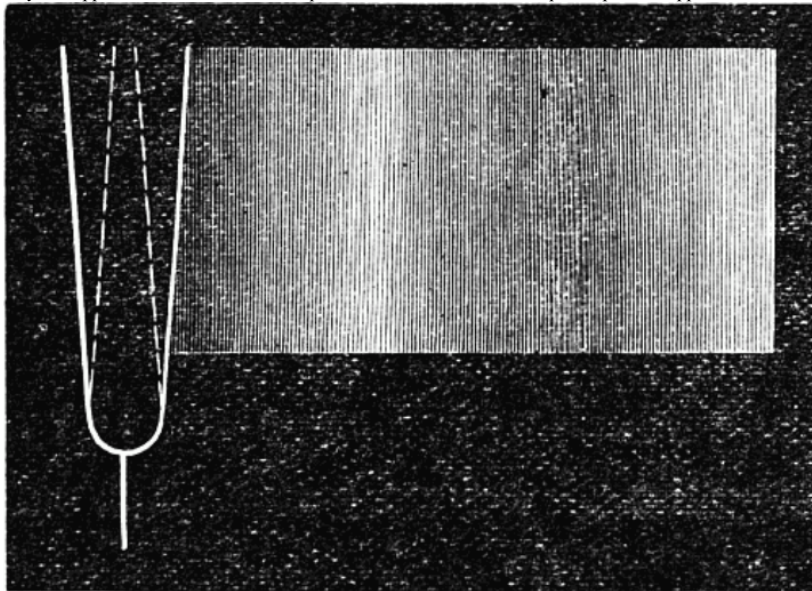


FIG. 7.

Imaginez un diapason mis en vibration. Chaque lame frappe l'air simultanément en sens inverse. Observez l'état physique de l'air devant l'une de ces lames. Lorsque celle-ci frappe vers l'extérieur, l'air devant elle est poussé vers l'extérieur, condensé ; et, grâce à l'élasticité de l'air, la condensation se propage aussitôt dans toutes les directions, formant une vague d'air plus dense ; mais dès que la lame recule, elle repousse l'air en sens inverse, ce qui raréfie évidemment l'air du premier côté. Mais la perturbation qu'on appelle rarefaction l'onde se déplaçant dans l'air à la même vitesse qu'une condensation. Il faut donc se rappeler que juste derrière l'onde de condensation se trouve l'onde de rarefaction, toutes deux se déplaçant à la même vitesse et conservant donc toujours la même position relative. Or, la fourche vibre un grand nombre de fois par seconde et génère par conséquent autant d'ondes, toutes constituées de la même manière et de même longueur ; par longueur, on entend la somme des épaisseurs de condensation et de rarefaction. Supposons qu'une fourche effectue cent vibrations par seconde : à la fin de la seconde, l'onde générée par la vibration au début de la seconde aurait parcouru, disons, 1100 pieds ; et, uniformément réparties entre la fourche et la limite extérieure, seraient disposées les ondes intermédiaires occupant toute la distance : autrement dit, sur 1100 pieds, il y aurait cent ondes sonores, chacune mesurant évidemment 11 pieds de long. Si la fourche produisait 1100 vibrations par seconde, chacune de ces ondes mesurerait 30 centimètres de long ; car les ondes sonores de toutes longueurs se propagent dans l'air avec la même rapidité. Des expériences récentes semblent montrer que l'amplitude réelle du mouvement de l'air, lorsqu'il est mu par un son aussi aigu que celui d'un petit sifflet, est inférieure au millionième de pouce.

La hauteur d'un son dépend entièrement du nombre de vibrations par seconde qui le produisent ; et si l'un des deux sons est constitué de deux fois plus de vibrations par

seconde que l'autre, ils diffèrent en hauteur par l'intervalle appelé en musique une octave, ce dernier terme signifiant simplement le nombre d'intervalles dans lesquels se divise l'intervalle le plus grand. est divisée pour l'échelle musicale ordinaire. La différence entre un son aigu et un son grave réside simplement dans le nombre de vibrations de l'air atteignant l'oreille en un temps donné. Les intervalles plus petits qui divisent l'octave entretiennent des relations mathématiques lorsqu'ils sont correctement produits et sont représentés par les fractions suivantes :

Ces nombres doivent être interprétés ainsi : supposons un diapason produisant 256 vibrations par seconde : le son sera celui de la hauteur standard ou de concert pour l la ligne ajoutée, comme indiqué sur la portée. Or, ré, correctement accordé, produira 9 vibrations, tandis que do n'en produira que 8 ; or, comme do produit ici 256, ré doit produire $256 \times 9/8 = 288$. De même, sol est produit par $256 \times 3/2 = 384$, et do au-dessus par $256 \times 2 = 512$, et ainsi de suite pour tous les autres. Si d'autres sons sont utilisés dans l'octave supérieure ou inférieure, le nombre de vibrations d'une note donnée peut être calculé en doublant ou en divisant par deux le nombre de vibrations de la note correspondante dans l'octave donnée. Ainsi, le sol inférieur sera égal à $384 / 2 = 192$, et le sol supérieur à $384 \times 2 = 768$.

Au cours du siècle dernier, la hauteur de ton standard a connu une élévation assez constante, et ce, d'une manière très curieuse et insoupçonnée. Le diapason a été l'instrument privilégié pour préserver la hauteur de ton, car c'est le meilleur instrument disponible à cet effet, pratique à utiliser et ne variant pas comme la plupart des autres instruments musique. Mais un diapason est ajusté à sa hauteur avec une lime, ce qui le réchauffe légèrement, de sorte qu'au moment où il est accordé avec le diapason à reproduire, il dépasse sa température normale ; et lorsqu'il refroidit, sa sonorité s'élève. Lorsqu'un autre diapason est fabriqué dans la même hauteur que celui-ci, le même phénomène se reproduit ; et ainsi de suite jusqu'à ce que la hauteur de ton soit presque un ton plus élevée qu'à l'époque de Haendel.

Les diapasons A et C sont disponibles dans les magasins de musique, les diapasons varient souvent beaucoup par rapport à la hauteur tonale habituelle. Les diapasons mesurés par l'auteur étaient généralement trop aigus, dépassant parfois de dix vibrations ou plus par seconde le nombre correct. Les diapasons fabriqués par M. Kœnig à Paris sont précis au dixième de vibration près, le do produisant 256 vibrations par seconde.

LIMITES DE L'AUDIBILITÉ.

De nombreuses expériences ont été menées pour déterminer les limites des sons audibles ; on constate ici une très grande différence de perception des sons entre les individus. Helmholtz affirme qu'environ 23 vibrations par seconde constituent le nombre minimal de vibrations pouvant être perçues comme un son continu ; si elles sont inférieures, elles sont perçues comme des bruits distincts, comme lorsqu'on frappe à une porte quatre ou cinq fois par seconde. Si l'on pouvait frapper régulièrement 23 fois par seconde, on produirait un son musical continu d'une hauteur très basse. Mais cette limite de 23 vibrations n'est pas universelle : certains peuvent entendre un son continu avec seulement 16 ou 18 vibrations par seconde, tandis que d'autres sons des instruments de musique sont aussi éloignés du médium que celui-ci l'est en dessous. Les limites sonores des instruments de musique se situent presque toutes dans la tessiture d'un pianoforte de sept octaves, de fa à fa, soit entre 42 et 5 460 vibrations par seconde. Mais ce nombre élevé est loin de la limite supérieure des sons audibles par l'homme.

De nombreux sons familiers d'insectes, comme ceux des grillons et des moustiques, ont une tonalité beaucoup plus aiguë. Helmholtz situe cette limite supérieure à 38 000 vibrations par seconde, et Despraetz à 36 850. L'écart entre les résultats est uniquement dû à la différence marquée de perception acoustique entre les individus.

Pour produire des sons musicaux aigus, Kœnig de Paris fabrique un jeu de tiges d'acier. Une tige d'acier d'une longueur, d'un diamètre et d'un état de trempe donnés produit un son musical dont la valeur peut être déterminée. La longueur appropriée pour d'autres tiges, permettant d'obtenir des sons plus aigus, peut être déterminée selon la règle selon laquelle le nombre de vibrations est inversement proportionnel au carré de la longueur de la tige.

Les dimensions de ces tiges lorsqu'elles mesurent 2 cm de diamètre sont les suivantes :

Longueur. Vibrations.

66,2 mm 20 000

59,1 " " 25 000

53,8 " " 30 000

50,1 " " 35 000

47,5 " " 40 000

Ces tiges doivent être suspendues à des boucles de soie, et frappées avec un morceau d'acier si court qu'il est totalement inaudible pour une oreille. On n'entend qu'un léger bruit sourd lorsqu'il frappe, tandis que les autres émettent un tintement distinct. En expérimentant avec un tel ensemble de tiges d'acier, je n'ai encore trouvé personne capable d'entendre jusqu'à 25 000 sons par seconde, ma propre limite étant d'environ 21 000. Cependant, des expériences ont démontré que les enfants et les adolescents ont une capacité de perception des sons aigus considérablement supérieure à celle des adultes. Le Dr Clarence Blake, de Boston, rapporte le cas d'une femme dont l'audition avait progressivement diminué pendant quelques années, jusqu'à ce qu'elle ne puisse plus entendre du tout d'une oreille, et que le tic-tac d'une montre ne soit perçu qu'avec l'autre, lorsque la montre était maintenue contre l'oreille. Après le traitement, on a découvert que la sensibilité aux sons aigus était très grande et qu'elle pouvait entendre la tige d'acier avec un ton de 40 000 vibrations.

L'année dernière, M. F. Galton, FRS, a présenté à la Conférence scientifique un instrument en forme de très petit sifflet, conçu pour produire un son très aigu. Le sifflet avait un diamètre inférieur à 1/25 de pouce. Sa longueur pouvait être modifiée en déplaçant un bouchon à son extrémité. Il était facile de produire un son avec un tel instrument, hors de portée de voix. M. Galton a réalisé des expériences très intéressantes sur des animaux en utilisant ces sifflets. Il a parcouru le jardin zoologique et a produit des sons aigus près des oreilles de tous les animaux. Certains dressaient l'oreille, montrant qu'ils entendaient le son ; d'autres, apparemment, ne l'entendaient pas. Il affirme que parmi tous les animaux, le chat percevait le son le plus aigu. Les petits chiens peuvent également entendre des notes très aiguës, contrairement aux plus grands. Les bovins perçoivent des sons plus aigus que les chevaux. Le cri des chauves-souris et des souris est inaudible pour beaucoup de personnes qui perçoivent les sons ordinaires aussi bien que n'importe qui ; l'acuité auditive n'ayant rien à voir avec les limites de l'audition.

EFFETS DU SON SUR D'AUTRES CORPS.

Si l'on tient un diapason vibrant près d'un corps délicatement suspendu, ce dernier se rapprochera du diapason, comme s'il était poussé par une force d'attraction. L'expérience peut être réalisée en attachant un morceau de papier d'environ un pouce carré à une paille de cinq à six pouces de long, puis en suspendant la paille à un fil, de manière à ce qu'elle soit en équilibre horizontal. Approchez le diapason vibrant à un quart de pouce du papier. Dans ce cas, le mouvement de rapprochement est dû au fait que la pression de l'air est moins forte à proximité d'un corps vibrant qu'à distance ; la pression est donc légèrement plus forte du côté du papier éloigné du diapason que du côté adjacent.

Si l'on tient un diapason vibrant près de l'oreille et qu'on le tourne, on peut trouver quatre endroits dans une même rotation où le son sera très faiblement entendu, tandis qu'à tout autre endroit, il sera assez distinct. L'extinction du son est due à ce qu'on appelle l'interférence. Chaque branche de la fourche émet une onde sonore simultanément, mais en directions opposées, chaque onde progressant vers l'extérieur dans toutes les directions. Lorsque la partie raréfiée d'une onde équilibre exactement la partie condensée de l'autre, le son s'éteindra naturellement ; ces lignes d'interférence se révèlent être des hyperboles, ou, si l'on considère les deux ondes entières, deux surfaces hyperboliques.

VIBRATIONS SYMPATHIQUES.



Une fois compris qu'un son musical est causé par des vibrations plus ou moins fréquentes qui seules déterminent la différence que nous appelons hauteur, on peut immédiatement en déduire que si nous avions un corps capable de vibrer, disons, cent fois par seconde, et qu'il recevait cent impulsions ou poussées par seconde, il serait ainsi amené à vibrer. Supposons donc que nous prenons deux diapasons, chacun capable de vibrer 256 fois par seconde : si l'on en frappe un tandis que l'autre est laissé libre, le premier transmettra à l'air 256 impulsions par seconde, qui atteindront l'autre diapason, chaque impulsion tendant à le déplacer légèrement, le résultat cumulé étant de le faire bouger sensiblement, c'est-à-dire de produire un son. Le principe est identique à celui employé pour la balançoire classique. Une poussée fait bouger légèrement la balançoire, à son retour, une autre est donnée, de même une troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'une personne puisse être projetée à plusieurs mètres de hauteur. Si l'on frappe un verre, il produit un son musical d'une certaine hauteur, qui fera résonner une corde de piano accordée à la même hauteur, à condition de lever l'étau. On dit que certaines personnes ont brisé des diapasons en chantant fort près d'elles la même note que les diapasons pouvaient produire, les vibrations des diapasons étant si fortes qu'elles ont détruit la

cohésion des molécules.

Il existe de très nombreux effets intéressants dus aux vibrations sympathiques.

Les grands arbres sont parfois déracinés par le vent. Ils soufflent par rafales rythmées par la vibration de l'arbre. Lorsque des troupes de soldats doivent traverser un pont, la musique cesse et les rangs sont dispersés, de peur que la tension accumulée des vibrations rythmées ne brise la structure ; de tels accidents se sont d'ailleurs produits à plusieurs reprises. Un pont est moins dangereux lorsqu'il est lourdement chargé d'hommes ou de bétail que lorsqu'il est traversé par quelques hommes. " Lors de la construction de fer de Colebrooke Dale, un violoniste est arrivé et a dit aux ouvriers qu'il pouvait démonter leur pont. Les constructeurs ont pris cette vantardise pour un violon et ont le musicien à jouer à sa guise. Une note après l'autre a été frappée sur les cordes, jusqu'à ce qu'une note compatible avec le pont soit trouvée. Lorsque le pont a commencé à trembler violemment, les ouvriers, alarmés par le résultat inattendu, ont ordonné au violoniste de s'arrêter. "

Certaines salles et églises sont mal adaptées pour entendre des discours ou des chants. Si des fils sont tendus à travers de telles salles, entre le pupitre de l'orateur et l'extrémité opposée, ils absorbent les ondes sonores et vibrent par sympathie, évitant ainsi dans une large mesure les échos parasites. Le fil doit être une corde à piano plutôt fine, suffisamment tendue pour produire un son doux et musical lorsqu'on la pince. Dans une grande salle, il devrait y avoir au moins vingt fils de ce type.

RÉSONANCE.

Lorsqu'on frappe un diapason et qu'on le tient en l'air, les vibrations sont perceptibles un instant par les doigts ; mais le son est difficilement audible si le diapason n'est pas placé près de l'oreille. Que le manche du diapason repose sur une table, une chaise ou tout autre objet solide de taille considérable, le son est tellement amplifié qu'il est entendu dans toute la pièce. La raison semble être que, dans le premier cas, les vibrations sont si faibles que l'air n'est pas beaucoup affecté. La majeure partie de la force des vibrations est absorbée par la main qui le tient ; mais lorsque le manche repose sur un objet dur de grande taille, les vibrations lui sont transmises, et chaque partie de sa surface les transmet à l'air. En d'autres termes, c'est un corps beaucoup plus grand qui vibre maintenant, et par conséquent l'air reçoit les ondes sonores amplifiées.

Si la tige de la fourche avait été posée sur un morceau de caoutchouc, non seulement le son n'aurait pas été renforcé de cette manière, mais la fourche aurait très vite été amenée au repos ; car le caoutchouc indien absorbe les vibrations sonores et les convertit en vibrations thermiques, comme le prouve le placement d'une telle combinaison sur la face d'une thermopile.

Si l'on pose la main sur une table ou sur le dossier d'une chaise dans une pièce où l'on joue du piano ou de l'orgue, ou où l'on chante, surtout à l'église, on ne peut manquer de sentir le son ; et si l'on observe attentivement, on s'apercevra que certains sons font trembler la table ou le siège beaucoup plus vigoureusement que d'autres, ce qui constitue un véritable cas de vibrations sympathiques.

C'est pourquoi des matériaux et des formes spécifiques sont donnés aux différentes parties des instruments de musique, afin qu'elles puissent réagir aux différentes vibrations des cordes ou des anches. Par exemple, le piano est doté d'une large et fine planche d'épicéa. Sous toutes les cordes, on trouve la table d'harmonie. Cette table capte les vibrations des cordes, mais, contrairement au caoutchouc, les restitue à l'air, renforçant considérablement leur force et modifiant quelque peu leur qualité. L'air lui-même peut agir de la même manière. Dans presque toutes les pièces ou tous les halls ne dépassant pas cinq à six mètres de long, une personne peut percevoir un ton de voix qui semble rencontrer une réponse de la pièce. De courts tunnels, situés à certains endroits, produisent des sons très puissants, réactifs et résonnants. Il en existe certainement un à Central Park, à New York. Il mesure douze à quinze mètres de long. Pour une personne se tenant au milieu, parlant ou émettant un son quelconque à une certaine hauteur, la résonance est presque assourdissante. C'est facile à comprendre. Lorsqu'une colonne d'air enfermée dans un tube est mise en vibration par un son dont la longueur d'onde est deux fois supérieure à celle du tube, cette colonne d'air est tantôt remplie de la partie condensée de l'onde, tantôt de la partie raréfiée ; et comme ces mouvements ne peuvent pas être effectués latéralement, mais doivent se déplacer dans le sens de la longueur du tube, l'air a une très grande amplitude de mouvement et un son très fort. Si une extrémité du tube est fermée, sa longueur ne doit représenter qu'un quart de la longueur d'onde du son. Prenez un diapason d'une hauteur convenable, par exemple un do de 512 vibrations par seconde : maintenez-le en vibration au-dessus d'un tube à essai vertical d'environ vingt centimètres de long. Aucune réponse ne sera entendue ; mais si l'on verse avec précaution un peu d'eau dans le tube sur une profondeur d'environ cinq centimètres, le tube répondra fortement, de sorte qu'il pourrait être entendu dans une grande salle. Dans ce cas, la longueur de la colonne d'air qui répondait, étant un quart de la longueur d'onde, donnerait une longueur d'onde de vingt-quatre centimètres pour ce diapason.

Il est ainsi facile de mesurer approximativement le nombre de vibrations produites par une fourche.

Location l = profondeur du tube,

d = diamètre du tube,

v = vitesse du son réduite en fonction de la température,

N = nombre de vibrations,

Alors $N = v \cdot$

$(4(l + d))$

Lorsqu'un diapason vibrant est placé face à l'embouchure d'un tuyau d'orgue de même hauteur, le tuyau résonne, produisant un son d'une ampleur considérable. En 1872, il m'est venu à l'esprit que l'action d'un tuyau d'orgue pourrait être comparable à celle d'une anche vibrante devant l'embouchure. Lorsque l'air est expulsé du soufflet, il se présente comme une fine bande élastique ; et, grâce à sa vitesse considérable, il emporte par frottement une partie de l'air du tube. Ceci raréfie légèrement l'air du tube et une onde de condensation se propage dans le tube. À la base, brusquement arrêtée, sa réaction se fait partiellement vers l'extérieur, éloignant ainsi la bande d'air du tube. Ensuite, pour une raison similaire, survient l'autre phase de l'onde, la raréfaction, qui projette la bande d'air vers le tube. J'ai vérifié cette théorie en remplissant le soufflet de fumée et en observant le mouvement de l'air et de la fumée qui s'échappaient à l'aide d'un stroboscope. Ce point de vue est aujourd'hui défendu par un facteur d'orgues anglais, Herman Smith ; mais je ne sais pas s'il l'a découvert avant ou après moi.

Lorsqu'une membrane vibre, son mouvement est généralement perceptible à l'œil nu ; son amplitude peut être très grande, comme dans le cas du tambour. Divers instruments ont été conçus pour l'étude des vibrations, utilisant des membranes comme le caoutchouc, la peau de batteur d'or, ou même du papier de soie, pour les recevoir. Le peigne était l'un des instruments de musique d'une ancienne génération de garçons. Une bande de papier était placée devant elle, placée à la bouche, et on chantait à travers, le papier répondant à la hauteur par un son nasillard et relâché. Kœnig fixait une membrane sur une petite capsule, dont un côté était relié par un tube à une source sonore, et l'autre côté à un tuyau de gaz et à un petit brûleur. Un son émis dans le tube faisait vibrer la flamme, et un miroir se déplaçant devant la flamme dessinait un contour en zigzag correspondant aux vibrations sonores.

De la même manière, si un caoutchouc fin est tendu sur l'extrémité d'un tube d'un ou deux pouces de diamètre et de quatre ou cinq pouces de long, et qu'un morceau de miroir d'un quart de pouce carré est fixé au milieu de la membrane, le mouvement peut être observé en laissant un rayon de soleil tomber sur le miroir de manière à ce qu'il se reflète sur un mur blanc ou un écran à quelques mètres de distance. (Fig. 8.)

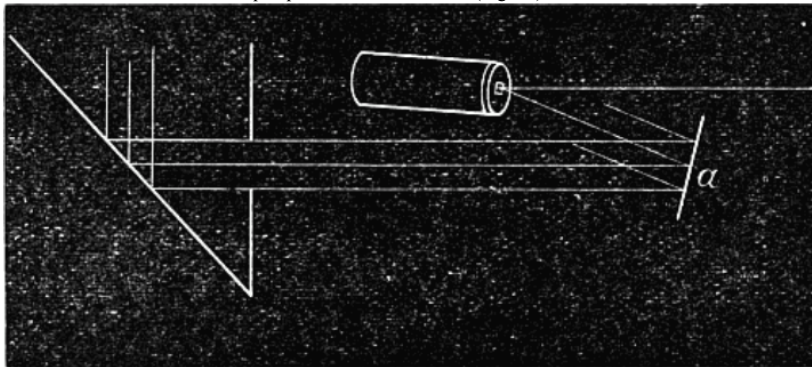


FIG. 8.

Lorsqu'un son est émis dans ce tube, le point lumineux prend immédiatement une forme particulière : soit une ligne droite traversée de nœuds lumineux, soit une courbe simple ou composée, appelée courbe de Lissajous. Si, pendant que certaines de ces formes sont affichées sur l'écran, l'instrument est déplacé latéralement, les formes se transforment en lignes ondulantes, avec ou sans boucles, variant selon la hauteur et l'intensité, mais restant identiques pour une hauteur et une intensité identiques. (Fig. 9)



FIG. 9.

J'ai appelé cet instrument l'opéidoscope.

La vibration d'une membrane et celle d'un solide diffèrent principalement par leur amplitude. Le grattement d'une épingle à l'extrémité d'une longue bûche peut être entendu par une oreille appliquée à l'autre extrémité ; mais chaque molécule de la bûche doit se déplacer légèrement ; et il existe tous les degrés de mouvement entre le mouvement visible à l'œil nu, que nous appelons mouvement de masse, et celui que nous appelons moléculaire, simplement parce que nous ne pouvons pas mesurer l'amplitude du mouvement. On peut donc diviser grossièrement tous les corps en deux classes, selon leurs relations avec le son : ceux qui le renforcent et ceux qui le diffusent : la première dépend de la forme du corps, en relation avec un son particulier ; la seconde, indépendante de la forme, réagit à tous les ordres de vibrations. L'air, le bois et les métaux appartiennent à cette dernière classe. Le télégraphe à cordelette, ou télégraphe des amoureux, en est un exemple. De cette classe. Deux boîtes en fer blanc sont reliées par une ficelle passant au milieu de leur fond. Lorsque la ficelle est tendue et qu'une personne parle dans une boîte, ce qui est dit est audible par l'oreille appliquée à l'autre. Si les tubes acoustiques ont un diamètre et une profondeur d'environ dix centimètres, ils sont capables de rendre bien plus de services qu'on ne le pense généralement. Je connais deux lignes, l'une de cinq cents pieds et l'autre de mille pieds de long, sur lesquelles on peut parler et être entendu distinctement. Sur la ligne de mille pieds, l'extrémité du tube est en peau de mouton tendue, et la ligne est en fil de coton n° 8. Plus la tension est forte, meilleure est la transmission du son. Le fil est maintenu par intervalles en passant dans une boucle aux extrémités de cordes d'au moins un mètre de long, fixées à des supports. Le fil perce la membrane et est attaché à un petit bouton en contact avec celle-ci. Le vent et la pluie ont un effet néfaste sur cette ligne. L'autre ligne de cinq cents pieds, entre un dépôt de passagers et un dépôt de marchandises, a l'extrémité du tube est recouverte de cuir de veau tendu. Au lieu de fil, on utilise un fil de cuivre relai (n'importe quel petit fil non isolé fera l'affaire). Cela permet une bonne tension et est insensible aux intempéries. On peut se tenir devant à environ un mètre et converser aisément, sur un ton ordinaire. Le fil est soutenu par des boucles de ficelle, comme dans l'autre cas.

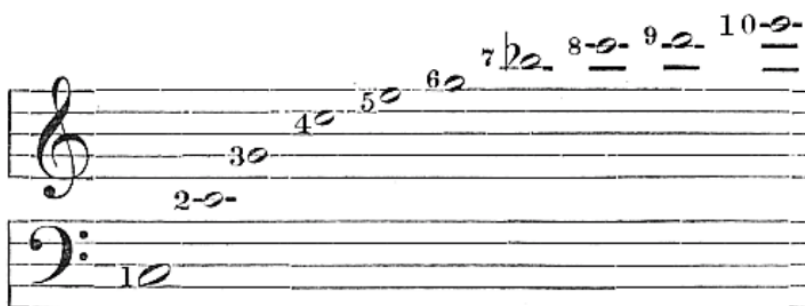
De tout temps, les musiciens ont utilisé divers instruments pour produire des effets musicaux. Les hommes préhistoriques utilisaient des sifflets en os, certains dotés de trous pour les doigts permettant de produire différentes sonorités. On a également retrouvé une corne de cerf, jouée comme un flageolet et dotée de trois trous pour les doigts. Sur les anciens monuments égyptiens, on trouve des harpes, des pipes à sept trous, une sorte de flûte, des tambours, des tambourins, des cymbales et des trompettes. Plus tard, ces formes primitives ont été modifiées pour donner naissance aux divers instruments utilisés dans l'orchestre moderne. Il semble qu'aucun musicien ne se soit jamais intéressé à la question de savoir pourquoi un instrument pouvait produire un son si différent d'un autre, même s'il était résonnant sur la même hauteur. Personne ne peut confondre le son d'un violon, d'un cor ou d'un piano avec celui d'un autre instrument ; et il n'existe pas deux personnes qui aient une voix identique. Cette différence de ton, qui permet d'identifier un instrument à sa sonorité ou un ami à sa voix, s'appelle la qualité du ton, ou timbre.

Il y a une vingtaine d'années, le grand physicien allemand Helmholtz entreprit l'investigation de ce sujet et réussit à percer tout le mystère des qualités du son.

Il découvrit d'abord qu'un son musical est très rarement une simple note, mais qu'il est composé de plusieurs notes, parfois jusqu'à dix ou quinze, d'intensité et de hauteur variables. Le son le plus grave, qui est aussi le plus fort, est appelé la fondamentale ; c'est à cette note que nous faisons référence lorsque nous parlons de la hauteur d'un son, comme la hauteur du do médian d'un piano ou la hauteur de la corde de la d'un violon. Les sons plus aigus qui accompagnent la fondamentale sont parfois appelés harmoniques, parfois notes partielles supérieures, mais généralement harmoniques. Le caractère ou la qualité d'un son dépend entièrement du nombre et de l'intensité de ces harmoniques associées à la fondamentale. Si un son composé exclusivement de la fondamentale, sans harmoniques, peut être reproduit sur un flûte et un violon, les deux instruments produisent un son absolument identique. C'est extrêmement difficile à réaliser ; et un tel son, une fois produit, est doux, mais sans caractère et désagréable.

Deuxièmement, Helmholtz a découvert que les harmoniques sont toujours dans la relation mathématique la plus simple avec le ton fondamental : en fait, elles sont de simples multiples de ce ton, soit deux, trois, quatre, et ainsi de suite, fois le nombre de ses vibrations.

Cela sera facilement compris en considérant la position de ces sons apparentés lorsqu'ils sont écrits sur la portée.



Si nous commençons par le do dans la basse comme indiqué sur la portée, en appelant cela la fondamentale, alors les notes qui représenteront les rapports ci-dessus sont celles indiquées par des notes plus petites, qui sont les harmoniques jusqu'à la neuvième. La première harmonique, produite par deux fois le nombre de vibrations, doit être l'octave ; la seconde, la quinte de la deuxième octave ; la troisième sera à deux octaves de la première, et ainsi de suite : le nombre de vibrations de chacune de ces notes étant le nombre de la fondamentale multiplié par son rang dans la série.

En prenant C avec 128 vibrations, nous avons pour cette série :

$128 \times 1 = 128 = C$ fondamental.

$128 \times 2 = 256 = C'$.

$128 \times 3 = 384 = G'$.

$128 \times 4 = 512 = C''$.

$128 \times 5 = 640 = E''$.

$128 \times 6 = 768 = G''$.

$128 \times 7 = 896 = B''$.

$128 \times 8 = 1024 = C'''$.

$128 \times 9 = 1152 = D'''$.

$128 \times 10 = 1280 = E'''$.

Cette série se poursuit jusqu'aux limites de l'audition. Il semble désormais que tous les instruments le fassent. Il n'est pas possible de donner la série complète : en effet, il est impossible de les obtenir toutes sur certains instruments. Cependant, chacune d'elles, lorsqu'elle est présente, contribue à l'effet général que nous appelons qualité. Parfois, les harmoniques sont plus prononcées que la fondamentale, comme lorsqu'on frappe une corde de piano avec un clou. On a toujours remarqué que la corde ne produit pas le son

souhaité lorsqu'elle est frappée de cette manière. C'est donc l'art du facteur d'instruments de construire l'instrument de manière à développer et à renforcer les sons agréables, et à supprimer les harmoniques gênantes et désagréables. Les facteurs de pianos ont appris par essais où frapper la corde tendue pour produire le son le plus musical ; mais aucune explication n'a pu être fournie jusqu'à ce qu'on constate que frapper la corde à un point situé à environ un septième ou un neuvième de sa longueur de chaque extrémité empêchait le développement des harmoniques indésirables, la septième et la neuvième. De ce fait, on les entend difficilement sur un instrument correctement construit. Ces harmoniques sont très discordantes avec les sons plus graves.

Les tuyaux d'orgue ont leurs qualités spécifiques en les rendant à large ouverture, à ouverture étroite, coniques, etc. ; des formes dont l'expérience a déterminé qu'elles des sons agréables avec des qualités différentes.

Le violon est un instrument qui semble intriguer les luthiers plus que tout autre. Certains des vieux violons fabriqués il y a deux siècles par la famille Amati à Crémone valent bien plus que leur pesant d'or. Les luthiers récents ont tenté en vain de les égaler ; mais, lorsque leur ingéniosité et leur savoir-faire ont échoué, ils affirment que l'âge joue un rôle important dans la fabrication de tels instruments, qu'il adoucit la sonorité du violon. Mais les violons de Crémone étaient des instruments tout aussi extraordinaires à leur sortie des mains des luthiers qu'ils le sont aujourd'hui ; et la renommée de la famille Amati, comme luthiers, s'étendait à toute l'Europe de leur vivant.

Un bon violon, lorsqu'il est bien joué, produit un effet musical exquis et, en raison de sa portée et de la qualité de ses tons, il est l'instrument d'orchestre principal, toujours agréable et satisfaisant ; mais dans des mains non expertes, même le meilleur Crémone produira des sons qui feront regretter qu'il ait jamais existé. Il a été inventé. Des harmoniques de toutes sortes et de tous degrés de prééminence peuvent y être facilement développées : c'est pourquoi le violoniste habile tend l'archet à un endroit précis des cordes pour développer les harmoniques souhaitées et supprimer celles qui ne le sont pas. La règle générale est de tendre l'archet environ un pouce sous le chevalet ; mais l'emplacement de l'archet dépend de l'emplacement des doigts qui bloquent les cordes, ainsi que de la pression exercée. Jouer du violon avec brio exige une pratique quasi incroyable.

Dans le tableau ci-joint, vous trouverez les éléments constitutifs des sons de quelques instruments d'usage courant.

COMPOSITION TONALE.

Les composantes des sons sont indiquées par des lignes dans la colonne située sous les chiffres représentant la série. Ainsi, le tuyau d'orgue à jeux étroits produit un son composé d'une fondamentale et d'harmoniques dont le nombre de vibrations est trois, cinq, sept et neuf fois supérieur à celui de la fondamentale.

COMPOSITION TONALE.

INSTRUMENTS.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TUYAUX D'ORGUE.										
Largement arrêté	/									
Étroitement arrêté	/	/	/	/	/					
Cylindre étroit	/	/	/	/	/	/				
Principal (Wood)	/	/	/							
Conique et étroit au sommet.	/					/	/	/		
Flûte	/	/	/	/	/					
Violon	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Piano	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Cloche	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Clarionet	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Basson	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Hautbois	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Il ne faut pas en déduire que toutes les harmoniques sont de force égale : elles sont très loin d'être égales à cela; mais celles-ci différentes dans des instruments différents, et c'est ce qui constitue la différence entre un bon instrument et un mauvais instrument du même nom.

Dans certains espaces, de très légers traits sont tracés pour indiquer que ces harmoniques sont très faibles. Par exemple, le piano présente les sixtes, septièmes et huitièmes ainsi marquées ; ces sons sont supprimés par le mécanisme, comme décrit précédemment.

Seules quelques-unes des nombreuses formes de tuyaux d'orgue sont données ; mais elles suffisent à montrer quelle différence physique il existe entre les tons musicaux de ces tuyaux.

Quant à la voix humaine, elle est très riche en harmoniques ; mais il n'existe pas deux voix identiques, il serait donc impossible de répertorier ses composants de la même manière qu'ils le sont pour les instruments de musique.

Dans les expériences d'analyse des sons de Helmholtz, le principe de résonance d'un volume d'air enfermé dans un récipient a été utilisé. Dans l'expérience du diapason pour déterminer la longueur d'onde (p. 78) , on remarque qu'aucune réponse n'est produite. Le volume d'air dans le tube a été réduit à une certaine longueur, fonction du nombre de vibrations de la fourche. Si une bouteille avait été utilisée au lieu d'un tube à essai, le résultat aurait été identique. Tout récipient peut réagir à un son d'une longueur d'onde définie, et une sphère s'est avérée donner les meilleurs résultats. Ces récipients sont percés d'un côté pour l'entrée de l'onde sonore, et d'une saillie sur le côté opposé, percée d'un trou d'environ un huitième de pouce, destiné à être placé dans l'oreille. Tout son émis devant le grand orifice ne rencontrera aucune réponse, sauf celui que la sphère peut naturellement amplifier, et qui sera alors clairement audible. Supposons alors que l'on dispose d'une série de vingt ou plus de ces récipients, gradués en taille pour amplifier les sons selon un rapport de un, deux, trois, quatre, etc. Prenez un instrument, par exemple une flûte : demandez à quelqu'un de souffler à la hauteur appropriée pour répondre à la plus grande sphère, puis prenez chaque sphère dans son ordre, et appliquez-les à l'oreille pendant que la flûte joue. Lorsque les harmoniques sont présentes elle seront entendues clairement et distinctement du son fondamental. De la même manière, tous les autres sons peuvent être étudiés.

Mais Helmholtz ne s'arrêta pas à analyser des sons de toutes sortes : il inventa une méthode de synthèse permettant d'imiter les sons de n'importe quel instrument. Un diapason, mis en vibration par un courant électrique, produit un son sans harmoniques ni harmoniques. Ainsi, si une série de diapasons dont les périodes de vibration sont égales au nombre d'harmoniques de la série donnée à la page 86 est disposée de manière à pouvoir faire vibrer n'importe lequel d'entre eux à volonté, il est évident que le son composé obtenu serait comparable à celui d'un instrument possédant de telles harmoniques. Ainsi, si à un diapason produisant un do fondamental étaient associés d'autres diapasons produisant deux, trois et quatre fois le nombre de la fondamentale, chacun produisant un son simple, nous obtiendrions comme résultat le son d'une flûte, comme indiqué à la page 91. Si l'on faisait vibrer un, trois, cinq, sept et neuf, le son obtenu serait celui de la clarinette, et ainsi de suite. Il y est parvenu et maintenant, les créateurs des appareils physiques font justement la publicité de tels instruments.

Helmholtz a également conçu un ensemble de diapasons qui, lorsqu'ils sont inclinés, produisent les sons des voyelles comme la voix.

Il a été remarqué, page 89 , qu'il est généralement admis que l'âge adoucit le son d'un violon. Une fois en possession des faits concernant le son évoqués dans les pages précédentes, on comprend aisément l'origine de cette opinion, et son erreur. Il est prouvé de manière concluante que la capacité à entendre les sons aigus diminue avec l'âge. Comme le violon produit un très grand nombre d'harmoniques, jusqu'aux limites de l'audibilité, il est évident que si un tel instrument ne change pas le moins du monde sa qualité sonore, un homme qui en jouerait pendant plusieurs années semblerait le modifier en soustrayant certaines des harmoniques les plus aiguës du son ; autrement dit, il semblerait devenir plus doux. Rien ne prouve qu'un tel changement physique se produise dans l'instrument. Il n'est pas affirmé ici qu'il n'y ait aucun changement. C'est peut-être probable ; mais les seules preuves dont nous disposons proviennent des opinions de personnes dont nous savons que l'audition change ; et ce changement est susceptible de modifier le jugement quant à la qualité du son dans la même direction. Avant de pouvoir affirmer qu'un changement physique se produit dans le violon au point d'entraîner une différence perceptible dans la qualité de sa sonorité, il sera nécessaire de déterminer avec précision le nombre et l'intensité des harmoniques à intervalles réguliers sur plusieurs années, puis de les comparer. Cela n'a pas encore été fait.

FORME D'UNE ONDE SONORE COMPOSÉE DANS L'AIR.

La page donne une représentation de la forme d'une onde sonore simple dans l'air.

Cette onde, comme décrit précédemment, se compose de deux parties : une condensation et une raréfaction. Toutes les ondes sonores simples ont une telle forme ; mais lorsque

deux ou plusieurs ondes sonores, en rapport simple entre elles, comme les sons d'instruments de musique, se forment dans l'air, l'onde résultante présente une structure plus ou moins complexe ; et ce, lorsqu'elle comporte de nombreuses composantes, comme c'est le cas lorsqu'il existe différents types de sons. Lorsque tous les instruments sonnent simultanément, il est quasiment impossible de se représenter, même approximativement, la forme de ces combinaisons d'ondes. Dans les traités sur le son, on utilise généralement des ordonnées représentant les facteurs et leurs intensités relatives. Lorsque les extrémités des ordonnées sont reliées, on obtient une ligne courbe présentant des boucles régulières. Cela ne donne pas une idée précise de la forme de l'onde, car le mouvement d'une particule d'air ne se fait pas de haut en bas comme un corps flotta l'eau ondulante, mais d'avant en arrière, dans la direction du mouvement de l'onde.

Sur la figure 10, trois ondes sonores simples sont représentées en 1, 2 et 3, chacune ayant les longueurs d'onde 1, 2 et 3. Sur la figure 4, les trois sont combinées en une seule onde composée et illustrent mieux la forme d'une section transversale d'une telle onde sonore dans l'air. Le tuyau d'orgue, appelé principal, produit une onde composée, comme le montre le tableau de la page 91. La seconde harmonique, cependant, est très faible dans ce tuyau, ce qui modifie la forme au point de diminuer quelque peu la densité en b et de l'augmenter en a .

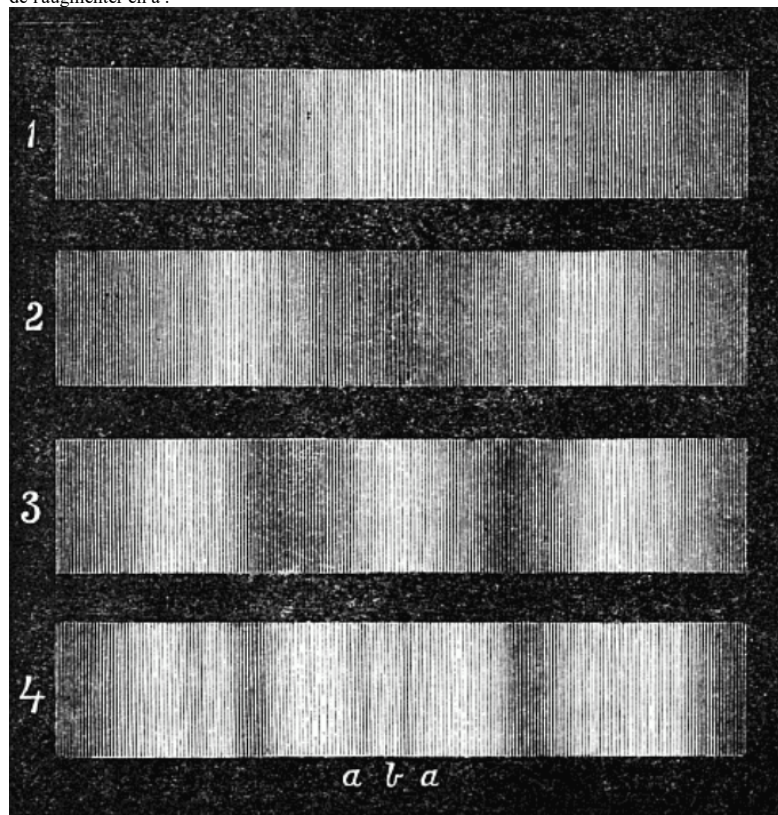


FIG. 10.

De la même manière, l'espace dans la longueur du son fondamental, quel qu'il soit, est divisé en un certain nombre de condensations et de raréfactions mineures, qui peuvent se renforcer mutuellement, ou interférer de manière à changer la position des deux ; comme on le voit sur la figure en b , où la condensation due à l'onde 2 interfère avec la raréfaction de 3.

CORRÉLATION.

Après avoir traité en détail les trois facteurs impliqués dans la téléphonie, à savoir l'électricité, le magnétisme et le son, il reste à suivre les différentes étapes qui ont conduit à la transmission réelle des sons musicaux et de la parole sur un circuit électrique ordinaire.

Il est indiqué à la page 31 que, lorsqu'un courant électrique traverse une bobine de fil entourant une tige de fer doux, cette dernière devient un aimant temporaire : elle perd sa propriété magnétique dès que le courant cesse. Si la tige est de taille considérable, disons 30 cm ou plus de longueur et 1,27 cm ou plus de diamètre, et que le courant est suffisamment fort pour en faire un aimant puissant, chaque fois que le courant de la batterie est interrompu, la barre peut émettre un simple clic . Ce phénomène se produit aussi souvent que le courant est interrompu. Ce phénomène est dû à un mouvement moléculaire résultant lors d'une modification de la longueur de la barre. Lorsqu'elle devient un aimant, elle s'allonge d'environ 1/25 000 de sa longueur ; et, lorsqu'elle perd son magnétisme, elle retrouve soudainement sa longueur initiale ; cette modification s'accompagne d'un son. Ce son a été observé pour la première fois par le professeur C.G. Page de Salem, dans le Massachusetts, en 1837. Si l'on parvient à interrompre un tel circuit plus de quinze ou seize fois par seconde, on obtient un son continu dont la hauteur dépend du nombre de clics par seconde. Ce dispositif a été inventé par le même homme. Il consistait à fixer l'armature d'un électro-aimant à un ressort présent dans le circuit lorsque celui-ci appuyait sur un bouton métallique. Le courant créait alors le circuit dans la bobine de l'électro-aimant. L'aimant, attirant l'armature loin du bouton, interrompait le circuit, ce qui détruisait le magnétisme de l'aimant et permettait au ressort de revenir contre le bouton, complétant ainsi le circuit et reproduisant la même série de modifications. La rapidité avec laquelle le courant peut être interrompu de cette manière n'est limitée que par la force du ressort et du courant. plus la tension du ressort avec un courant donné est grande, plus grand sera le nombre de vibrations qu'il produira.

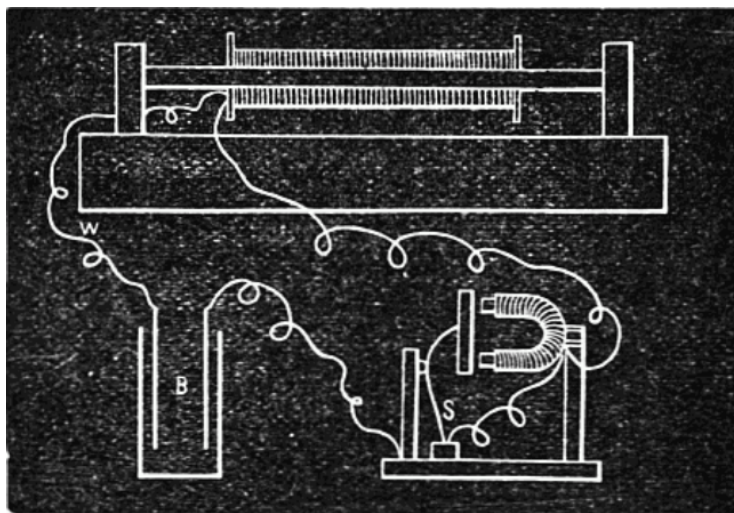


FIG. 11.

Supposons qu'un courant intermittent traverse la bobine entourant la tige de fer doux 256 fois par seconde ; la tige produirait alors 256 clics par seconde, correspondant à la hauteur de do. Lorsque ces clics sont produits lorsque la tige est tenue en main, le son est à peine perceptible, comparable à celui d'un diapason. Pour l'amplifier, il est nécessaire de la placer sur une surface résonnante. Il est courant de la monter sur un boîtier oblong percé d'un ou deux trous sur sa face supérieure, car cette forme produit une réponse plus forte que toute autre et est généralement celle des harpes éoliennes. La coupe ci-jointe montre l'assemblage de la batterie B, du disjoncteur et de la tige montée sur le boîtier. Le fil W peut évidemment être de n'importe quelle longueur, la tige et le boîtier aimantés réagissant au nombre de vibrations du ressort S, quelle que soit la longueur du circuit.

L'INTERRUPTEUR ÉLECTRIQUE DE HELMHOLTZ.

Dans certaines expériences de Helmholtz, il était essentiel de maintenir les vibrations d'un diapason pendant une durée considérable. Il y parvint en plaçant un court électro-aimant entre les branches du diapason et en fixant une pointe de platine à l'extrémité d'une branche de telle sorte que, lorsque la branche descendait en vibration, la pointe de platine plongeait dans une petite coupelle de mercure, ce qui fermait le circuit. Lorsque la branche s'éloignait, elle était naturellement retirée du mercure et le courant était interrompu. Comme il est impossible à un diapason de vibrer plus pendant une période donnée, un tel dispositif établirait et couperait le courant autant de fois par seconde que la fourche vibrerait. Par conséquent, lorsqu'un tel interrupteur est inséré dans le circuit, la tige de cliquet étant fixée à sa caisse de résonance, celle-ci doit produire un son identique à celui de la fourche. Avec un tel dispositif, il est possible de reproduire, à presque n'importe quelle distance dans un circuit télégraphique, un son d'une hauteur donnée. Il s'agit donc d'un véritable téléphone.

LE TÉLÉPHONE DE REISS.

La facilité avec laquelle les membranes sont mises en vibration selon une période correspondant à celle du corps sonore a déjà été évoquée; et plusieurs tentatives ont été faites, à différentes époques, pour intégrer les membranes à la téléphonie. La première de ces tentatives fut celle de Philip Reiss de Friedrichsdorf, en Allemagne, en 1861. Son appareil consistait en une boîte creuse, avec deux ouvertures : l'une à l'avant, dans laquelle était inséré un tube court destiné à produire le son, et indiqué par la flèche dans la coupe, Fig. 12 L'autre était placée sur le dessus. Celle-ci était recouverte de la membrane m, un morceau de vessie tendu par-dessus. Au milieu de la membrane, une fine plaque de platine était collée ; cette plaque était reliée par un fil à une coupelle à vis, d'où partait un autre fil relié à une pile.

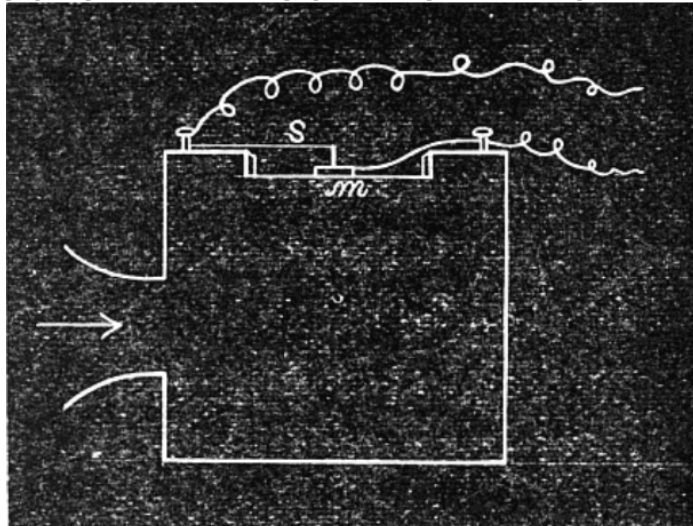


FIG. 12.

Un doigt de platine, S, reposait sur la lame de platine, mais était fixé à une extrémité à la coupelle à vis reliant l'autre fil de la pile. Lorsqu'un son est émis dans le boîtier, la membrane vibre puissamment : la lame de platine heurte alors le doigt de platine et se bloque créant et coupant ainsi le courant le même nombre de fois par seconde. Si donc une personne chante dans cette boîte alors qu'elle est en circuit avec la tige de clic et la boîte mentionnées précédemment, cette dernière changera évidemment de hauteur aussi souvent que la voix la modifie. Cet appareil est un téléphone permettant de reproduire distinctement une mélodie à distance. Mais les sons ne sont pas forts et ont la qualité d'une trompette en fer-blanc. Si l'on réfléchit aux possibilités d'un tel mécanisme et aux conditions nécessaires à la production d'un son d'une qualité donnée, comme celui de la voix ou d'un instrument de musique décrit dans les pages précédentes, on comprendra qu'il ne peut reproduire que la hauteur. On pourrait en déduire que plus d'une hauteur est transmise si le son est semblable à celui d'une trompette en fer-blanc, comme indiqué précédemment : mais la raison en est que, chaque fois qu'un courant passe entre deux surfaces qui ne peuvent que légèrement se déplacer l'une sur l'autre, il y a toujours une irrégularité dans la conduction, de sorte qu'il produit une sorte de grattement ; et c'est cela, combiné avec l'autre, la vraie hauteur, qui donne le caractère au son de cet instrument.

Le Dr Wright a découvert qu'un son d'une intensité considérable pouvait être obtenu en faisant passer le courant interrompu dans le fil primaire d'une petite bobine d'induction et en plaçant un conducteur constitué de deux feuilles de papier argenté placées dos à dos dans le circuit secondaire. Le papier argenté se charge et se décharge rapidement, produisant un son audible dans une grande salle et de même hauteur que l'instrument émetteur.

LES TÉLÉPHONES DE GRAY.

En 1873, M. Elisha Gray de Chicago a découvert que si une bobine d'induction était actionnée par le courant d'un disjoncteur automatique, et que l'un des fils du circuit secondaire était tenu dans la main tandis que le doigt sec de la même main était frotté sur une plaque métallique sonore, l'autre fil étant en connexion avec la plaque, un son musical serait donné en dehors la plaque, semblant provenir du point de contact du doigt avec la plaque. Il a donc conçu un instrument de musique avec une tessiture de deux

octaves, dans lequel les anches étaient faites pour les vibrations sont générées par des électro-aimants, le courant pénétrant dans l'un d'eux en appuyant sur la touche correspondante. Ce circuit est transmis par le fil primaire d'une bobine d'induction, tandis que l'une des bornes de la bobine secondaire est reliée à la fine tôle formant la tête d'un tambour en bois peu profond d'environ vingt centimètres de diamètre, fixé de manière à pouvoir tourner comme une poulie. L'autre borne est tenue dans la main, un doigt de la même main reposant sur la surface métallique. En faisant tourner le tambour de l'autre main, les sons émis sont d'une intensité considérable. Plus on tourne vite, plus les sons sont forts, bien que la hauteur reste constante.

Dans ce cas, comme dans le cas mentionné p. 105, nous avons un courant électrique passant entre deux surfaces qui se déplacent l'une sur l'autre ; le contact n'étant pas uniforme, le courant est variable et intermittent.

M. Gray a également inventé un téléphone musical permettant de transmettre et de reproduire simultanément de nombreux sons musicaux. Le mécanisme utilisé est assez complexe, et nécessite une familiarité considérable avec la science électrique pour le comprendre ; mais le principe fondamental impliqué n'est pas difficile à celui qui a compris les descriptions précédentes.

Supposons que nous disposions d'une série de quatre lames en acier, chacune fixée à une extrémité à l'un des pôles d'un court électro-aimant, tandis que l'autre extrémité vibre librement sur l'autre pôle de l'aimant, sans le toucher. Chaque lame doit être accordée sur une hauteur différente, par exemple les 1, 3, 5 et 8 de la gamme. Ces électro-aimants avec leurs vibreurs, doivent être fixés à une caisse de résonance (voir p. 93), capable de répondre à ce nombre précis de vibrations par seconde. Il s'agit de l'instrument récepteur. L'émetteur est constitué d'un jeu d'anches accordé à la même hauteur, que l'on peut faire vibrer à volonté en appuyant sur une touche qui envoie le courant électrique à travers son électro-aimant, ce qui crée et coupe le courant. Imaginons que l'une de ces touches soit enfoncée pour fermer le circuit : l'instrument émetteur a alors une de ses lames, soit la 1 de la gamme, réglée en vibration ; le courant intermittent traverse toute la ligne, passant par les quatre instruments récepteurs. Or, l'étude de l'action des corps sonores nous apprend qu'un seul des quatre récepteurs est capable de vibrer en harmonie avec ce ton, et qu'il répondra ; autrement dit, les vibrations sont véritablement sympathiques. Si, au lieu de produire le 1 de la gamme dans l'instrument émetteur, le 3 avait été produit, le courant aurait traversé tous les instruments récepteurs de la même manière que précédemment, mais un seul d'entre eux aurait pu reprendre ce mouvement vibratoire : trois d'entre eux resteraient immobiles, le 3 répondant fortement. De même, un nombre quelconque d'anches vibrantes dans l'instrument émetteur peut faire vibrer un nombre correspondant d'anches dans l'instrument récepteur, à condition que ces dernières soient parfaitement accordées avec les premières. Chaque émetteur n'est relié qu'à une partie de la batterie, de sorte que plusieurs tons peuvent être transmis simultanément. Si l'interprète joue un morceau de musique en plusieurs parties, chaque partie sera reproduite : nous avons alors un téléphone composé ou multiple. Cet instrument a été utilisé pendant l'hiver dernier pour donner des concerts dans les villes lorsque l'interprète se trouvait dans un endroit éloigné.

Il a également été utilisé comme télégraphe multiple ; jusqu'à huit opérateurs envoyaient des messages simultanément sur le même fil, quatre dans chaque direction, sans la moindre interférence.

LE TÉLÉPHONE DE BELL.

Le professeur A. Graham Bell, de Boston, a découvert indépendamment le même moyen de produire des effets multiples sur le même fil ; mais il semble qu'il ne l'ait pas exploité aussi complètement que M. Gray. Or, tandis que ce dernier s'employait principalement à perfectionner la méthode en tant que système télégraphique, le professeur Bell s'était posé le problème plus complexe de la transmission de la parole. Il y est parvenu, comme on nous l'a si souvent rappelé l'année dernière.

Connaissant parfaitement les recherches acoustiques de Helmholtz, et gardant à l'esprit la forme complexe des vibrations de l'air produites par la voix humaine, il a tenté de faire en sorte que ces vibrations produisent des pulsations correspondantes dans un courant électrique d'une manière analogue à l'interrupteur électrique.

Constatant que les membranes, correctement tendues, peuvent vibrer sous l'effet de n'importe quel son, il chercha à les utiliser à cette fin. Reiss fit de même ; mais Reiss inséra la membrane vibrante dans le circuit, et il était évident qu'une telle solution ne fonctionnerait pas ; le courant ne devait donc pas être interrompu. Mais pouvait-on perturber un courant électrique sans rompre les connexions ?

Les réactions bien connues des aimants sur les courants électriques, observées pour la première fois par Ørsted et pleinement développées par Faraday, ont fourni la clé de la solution. Il fallait faire vibrer un morceau de fer au moyen de vibrations sonores, afin d'agir sur un électroaimant et d'induire les pulsations électriques correspondantes.

PREMIÈRE FORME DE PARLEUR-TÉLÉPHONE.

Une membrane en peau de bœuf était tendue sur l'extrémité d'un tube acoustique ou d'un entonnoir ; au milieu de cette membrane, une pièce de fer (NS, fig. 13) était collée. Devant cette pièce de fer, un électro-aimant M était placé de telle sorte que ses pôles lui soient opposés, sans toutefois le toucher. L'un des fils terminaux de l'électro-aimant est dirigé vers la batterie B ; l'autre est dirigé vers l'instrument récepteur R, constitué d'un électro-aimant tubulaire, la bobine étant enfermée dans un court tube de fer doux ; le fil est ensuite dirigé vers la plaque E', enfoncée dans le sol. Au sommet de R, en P, se trouve un disque de fer mince et peu rigide, qui sert d'armature à l'électro-aimant situé en dessous.

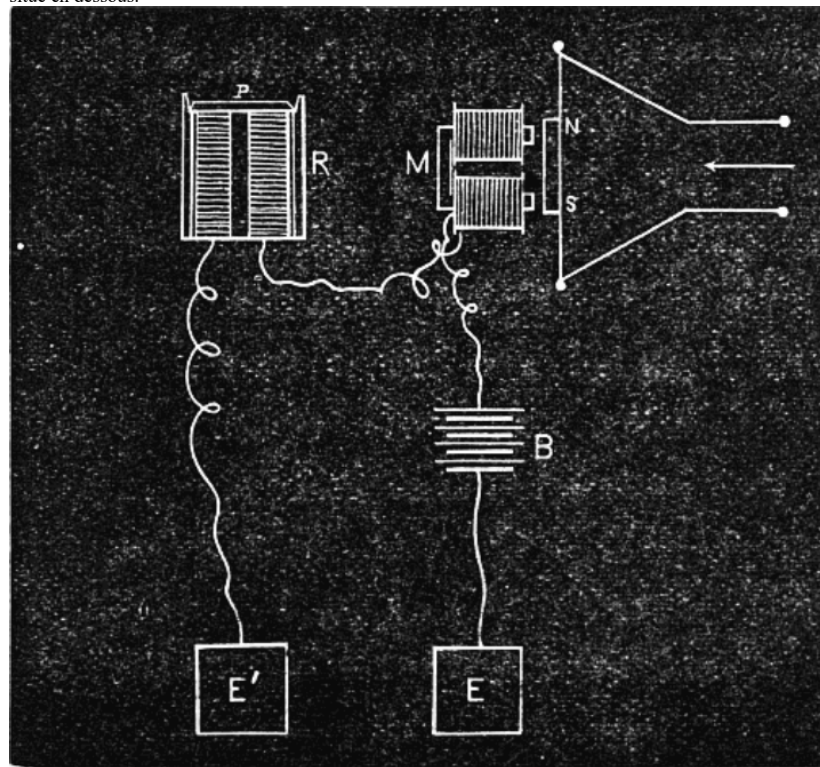


FIG. 13.

En supposant que toutes les pièces soient ainsi correctement connectées, le courant électrique de la batterie rend à la fois M et R magnétiques ; l'électro-aimant M transformera par induction la pièce de fer NS en aimant, dont les pôles seront différents de ceux de l'électroaimant inducteur ; les deux s'attireront mutuellement. Si l'on déplace cette pièce de fer NS vers M, un courant électrique sera induit dans les bobines et traversera tout le circuit. Cette électricité induite consistera en une seule onde, ou impulsion, dont l'intensité dépendra de la vitesse d'approche de NS vers M. Une impulsion électrique similaire sera induite dans les bobines lorsque NS s'éloignera de M ; mais ce courant traversera le circuit en sens inverse, de sorte que le sens de la pulsation, de M vers R ou de R vers M, dépendra simplement du sens du mouvement de NS.

L'électricité ainsi générée dans le fil par ces mouvements vibratoires varie en intensité proportionnellement au mouvement de l'armature ; par conséquent, le fil reliant deux points sera soumis à des pulsations électriques identiques aux pulsations aériennes de la structure. La figure 10, p. 98, peut être utilisée pour illustrer l'état du fil traversé par les courants. La partie sombre peut représenter la partie la plus intense de l'onde, tandis que la partie claire montrerait la partie la plus faible de l'onde. La principale différence

serait que l'électricité se propage si vite que ce qui est représenté comme une onde dans l'air d'une longueur de soixante centimètres mesurerait, dans une onde électrique, plus de quatre-vingts kilomètres de long.

Ces courants électriques induits ne sont que très transitoires (voir p. 31) ; et leur effet sur le récepteur R est soit d'augmenter soit de diminuer la puissance de l'aimant à cet endroit, selon qu'ils sont dans un sens ou dans l'autre, et par conséquent de faire varier la puissance attractive exercée sur l'armature en plaque de fer.

Soit maintenant un son simple produit dans le tube, composé de 256 vibrations par seconde : la membrane portant le fer vibrera autant de fois, et le courant constant se soumettra à autant d'impulsions d'électricité induite, lesquelles agiront chacune sur le récepteur et provoqueront autant de vibrations de l'armature sur lui ; une oreille placée à la même hauteur que celle de l'instrument émetteur. Si deux ou plusieurs ondes sonores agissent simultanément sur la membrane, ses mouvements doivent correspondre à ces mouvements combinés ; autrement dit, la résultante de toutes les ondes sonores doit être la pulsation correspondante du courant, et les pulsations correspondantes du courant doivent reproduire le même effet à R. Or, lorsqu'une personne parle dans le tube, la membrane est soumise à des vibrations plus complexes que celles mentionnées précédemment, ne différant que par leur nombre et leur intensité. L'aimant provoque des réponses même au plus infime mouvement ; ainsi, une oreille à R entendra ce qui est dit dans le tube. C'est l'instrument exposé à l'Exposition universelle de Philadelphie, et à propos duquel Sir William Thompson déclara à son retour en Angleterre : " C'est de loin la plus grande de toutes les merveilles du télégraphe électrique. "

L'idée répandue concernant le téléphone était que le son était transmis d'une manière ou d'une autre par le fil. Il apparaîtra clairement à quiconque lit ceci que c'est loin d'être le cas. En réalité, il s'agit d'un bel exemple de la convertibilité des forces d'une forme à une autre. Il y a d'abord le mouvement mécanique vibratoire initial de l'air, qui est transmis à la membrane portant le fer. Ce mouvement est converti en électricité dans la bobine de fil entourant l'électro-aimant, et à l'extrémité réceptrice est d'abord efficace comme magnétisme, qui est à nouveau converti en mouvement vibratoire de l'armature en fer, lequel mouvement est communiqué à l'air, et redevient ainsi une onde sonore dans l'air comme l'original.

À la connaissance de l'auteur, il s'agissait du premier téléphone parlant jamais construit, mais ce n'était pas un instrument pratique. De nombreux sons n'étaient pas reproduits et, selon le rapport du jury de l'Exposition universelle de Philadelphie, il fallait crier à enrouement pour être entendu.

LE TÉLÉPHONE DE L'AUTEUR.

Depuis plusieurs années, mes tâches récurrentes m'ont amené à m'occuper des différents sujets traités dans ce livre, et chacun d'eux a été largement illustré de manière expérimentale, et un nombre considérable de nouveaux appareils et de nouvelles expériences pour exposer leurs phénomènes ont été conçus par moi.

Parmi ceux-ci, je citerais les suivants :

1. Mesure de l'allongement d'une barre aimantée.
2. Un télégraphe magnéto-électrique.
3. Un instrument électromagnétique permettant de démontrer la rotation de la Terre.
4. Le magnétisme permanent du fantôme magnétique.
5. La convertibilité du son en électricité.
6. L'induction d'un aimant vibrant sur un circuit électrique.
7. L'apparition d'ondes électriques dans un circuit par un aimant sonore.
8. La découverte de l'action de l'air dans un tuyau d'orgue sonore.
9. Deux ou trois méthodes pour étudier les vibrations des membranes.
10. Fourches de Lissajous pour projections agrandies de vibrations sonores.

Dès que je me suis intéressé au sujet de la téléphonie, j'ai pu, grâce à quelques expériences préliminaires, déterminer les conditions appropriées pour la transmission de la parole dans un circuit électrique ; et, sans la moindre connaissance du mécanisme utilisé par le professeur Bell, j'ai conçu l'agencement suivant pour un téléphone parlant.

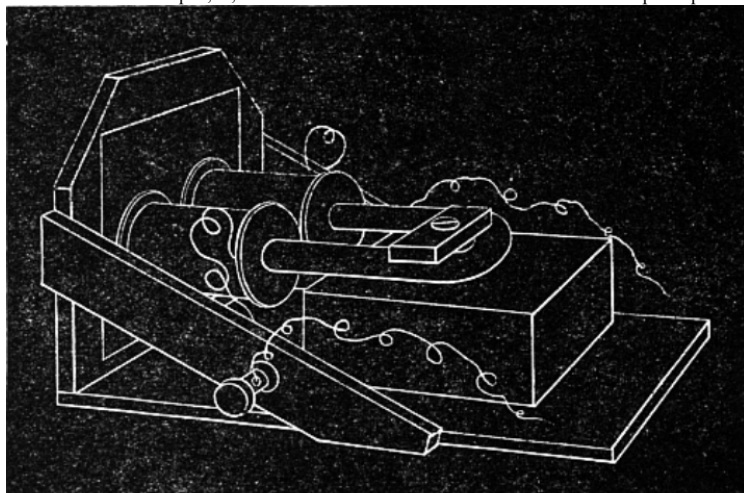


FIG. 14. — MON PREMIER TÉLÉPHONE PARLANT.

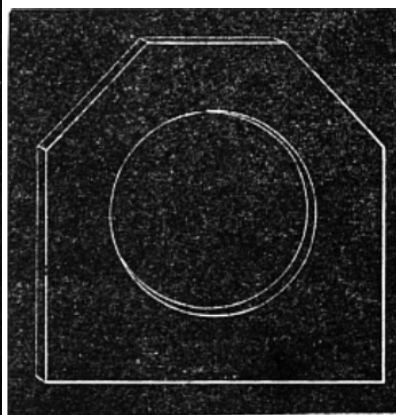


FIG. 14. — VUE DE FIN.

Mon premier téléphone parlant (fig. 14) était constitué d'un aimant en acier rond d'un demi-pouce plié en U, les pôles étant espacés d'environ deux pouces. Deux bobines provenant d'un ancien enregistreur télégraphique étaient glissées dessus, et étaient déjà fixées sur un noyau d'un demi-pouce. Ces bobines, longues de deux pouces et demi, étaient enroulées avec du fil de cuivre recouvert de coton, n° 23, chaque bobine contenant environ 45 mètres. Cet aimant, les bobines glissées sur ses pôles, était fixé à un poteau de deux à trois pouces de haut. L'acier était aussi fortement magnétique que possible et pouvait supporter trois à quatre fois sa propre charge. Devant les pôles, une fine feuille d'acier, épaisse d'un cinquantième de pouce, était fixée à une planche verticale percée d'un trou de trois pouces et demi de diamètre (fig. 14, vue de face) ; la plaque était vissée fermement à cette planche afin de boucher le trou, et le milieu du trou se trouvait à la même hauteur que les deux pôles de l'aimant. Les fils des deux bobines étaient connectés, comme pour former un électro-aimant, tandis que les deux bornes libres devaient être reliées aux fils de ligne. Il y avait bien sûr deux de ces instruments, tous deux identiques ; et la parole et le chant étaient reproduits grâce à eux.

De très nombreuses expériences ont été réalisées pour déterminer les conditions optimales pour chacun des éléments essentiels : la taille et la force de l'aimant, la taille des bobines, la longueur et la finesse du fil, l'épaisseur optimale de la plaque absorbant les vibrations, etc. Il est vraiment surprenant de constater la faible différence entre des limites très larges. Les instructions suivantes permettront à chacun de construire un téléphone parlant permettant d'obtenir de bons résultats. Les spécifications ne concernent qu'un seul instrument ; bien que, bien sûr, deux instruments fabriqués de la même manière soient nécessaires pour parler ou émettre d'autres signaux.

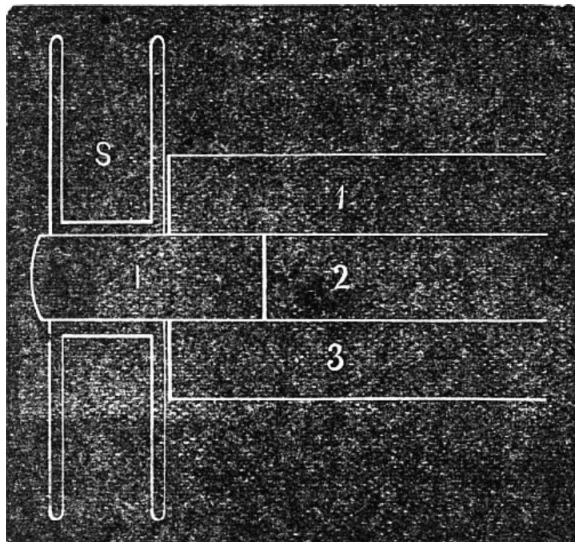


FIG. 15.

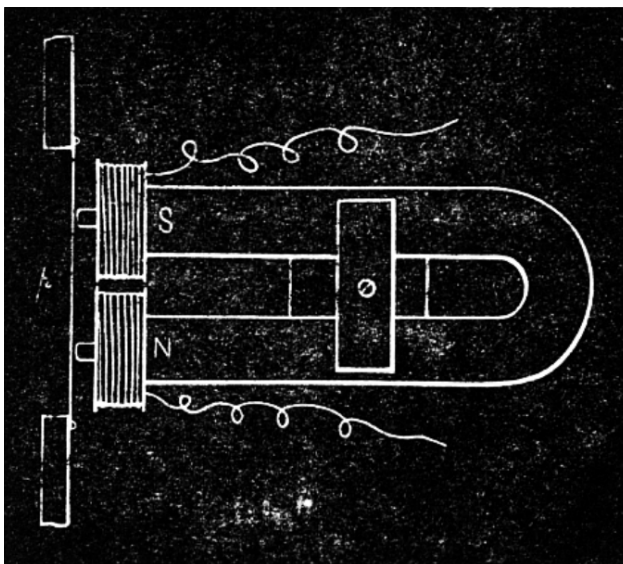


FIG. 16.

Procurez-vous trois aimants fer à cheval courants d'environ quinze centimètres de long, tous de la même taille ; ils se vendent au détail à environ un dollar pièce. Ils devraient être suffisamment solides pour supporter plusieurs fois leur propre poids chacun. Ensuite, fabriquez deux bobines de bois dur de bonne qualité, comme l'érable ou le buis, d'un demi-pouce de long et d'un pouce et demi de large, dont les côtés sont découpés. Les bobines doivent être carrées intérieurement et extérieurement, comme indiqué en S, fig. 15 ; un trou d'un tiers de pouce de diamètre doit être percé dans la bobine. Dans ce trou, une courte tige de fer doux d'environ un pouce de long, légèrement arrondie à son extrémité extérieure, doit être insérée. Les bobines peuvent être enroulées avec autant de fil de cuivre isolé qu'elles peuvent en contenir. Le diamètre du fil peut varier de 0,4 à 0,5 pouce, selon la convenance, cette dernière taille étant préférable. La résistance de ces bobines sera probablement de deux à trois ohms chacune. Le noyau de fer doux (I) doit être suffisamment saillant vers l'arrière pour être serré entre les deux aimants extérieurs (1 et 3), tandis que l'aimant intérieur (2) est tiré vers l'arrière. Une fois les bobines en place et serrées entre les aimants supérieur et inférieur, elles se présenteront comme illustré à la fig. 16, vue de dessus. Les aimants étant fixés au bloc sur lequel ils reposent (voir Fig. 17), ce bloc maintient simultanément les tiges de fer doux et les bobines. Les fils de ces bobines doivent être connectés de la même manière pour former des pôles opposés à leurs extrémités. Une planche verticale B (Fig. 17), de six ou sept pouces carrés, percée d'un trou rond de quatre pouces de diamètre en son milieu, doit être fixée près de l'extrémité de la planche de base ; sur ce trou, une fine feuille de fer ou d'acier doit être vissée fermement ; son épaisseur peut varier de 0,25 à 0,55 pouce. L'épaisseur de cette plaque ne semble pas avoir beaucoup d'importance. J'ai généralement obtenu les meilleurs résultats avec une plaque d'un 0,55 pouce d'épaisseur. La planche verticale supportant cette plaque doit être très rigide, sinon la plaque sera maintenue fermement aux aimants tout le temps ; et l'une des conditions de succès du travail est que cette plaque soit aussi proche que possible des extrémités des aimants, mais sans les toucher : fixez donc la planche fermement et ajustez les aimants au moyen du bouton représenté au-dessus d'eux dans la figure en perspective.

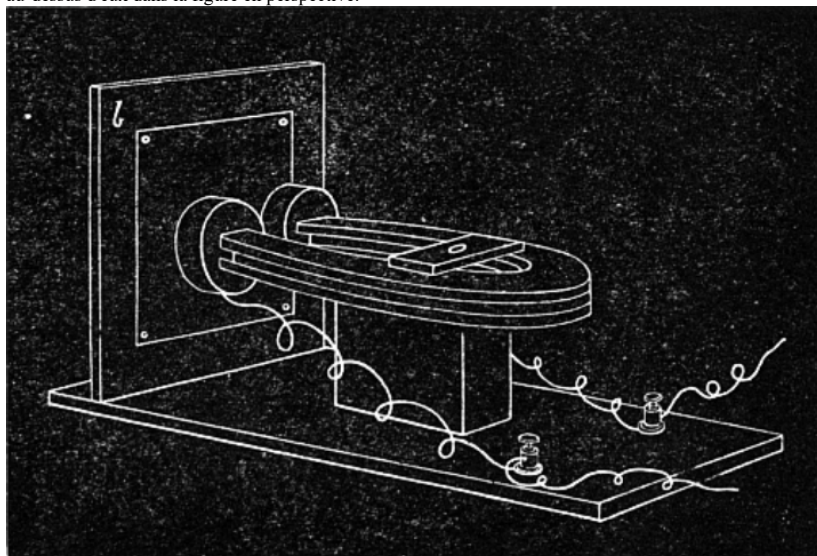


FIG. 17.

Les sons à transmettre, quels qu'ils soient, doivent être émis du côté P (fig. 16) ; de même, lorsque l'instrument est utilisé comme récepteur, l'oreille doit être appliquée au même endroit. Un tube d'environ cinq centimètres de diamètre peut être fixé à l'avant de la planche, au centre de la plaque ; cela facilitera l'audition. Lorsque deux ou trois personnes doivent chanter, il est préférable de fournir à chacune un tube pour chanter, dont une extrémité sera placée près de l'avant de la plaque. Le son des instruments de musique, tels que la flûte et le cor, se reproduit beaucoup plus fort si l'avant de l'instrument repose sur le bord du trou de la planche, juste devant la plaque.

On remarque que les conversations à voix basse sont plus distinctes qu'avec un effort important ; cependant, les sons, bien que distincts, restent faibles, et d'autres sons perturbent sérieusement l'audition. Il est probable qu'une solution sera bientôt trouvée pour accroître l'utilité de cette invention en augmentant le volume sonore. Compte tenu de la faiblesse du son, il devient nécessaire d'utiliser un appel pour attirer l'attention d'une personne présente dans la pièce. Cela peut être réalisé avec une petite sonnette électrique alimentée par une ou deux piles. Une autre méthode, que j'ai trouvée tout aussi efficace, consiste à utiliser une tige de fer ou d'acier d'environ 30 cm de long et d'un demi-pouce de diamètre, elle est courbée en U. Lorsqu'on la tient par la courbure et qu'on le frappe au sol ou avec un bâton, elle vibre puissamment ; et si l'une de ses branches heurte la plaque P (fig. 16), le son est reproduit suffisamment fort pour être entendu dans une grande pièce. Je n'ai jamais manqué d'appeler avec ce téléphone lorsque quelqu'un se trouvait dans la même pièce que moi.

Partout où un circuit téléphonique est installé sur des poteaux télégraphiques traversés par d'autres fils, on constate que l'action inductive des courants sur ces derniers perturbe gravement le fonctionnement des téléphones, ces derniers reproduisant un message sur deux. Une personne experte en lecture sonore peut, grâce au téléphone, lire le message transmis par un fil voisin. Les messages peuvent ainsi être lus sur des fils distants de trois mètres du circuit téléphonique. Il semble donc essentiel que chaque circuit téléphonique soit isolé des autres, faute de quoi la confidentialité des messages est compromise.

Un effet très intéressant a été observé une nuit lors d'une brillante aurore boréale, un courant continu traversait les fils, accompagné de sons dont l'intensité augmentait au passage des brillantes aurores boréales. Cela mènera probablement à des résultats scientifiques importants.

Le téléphone en est probablement à ses balbutiements, tout comme la télégraphie ordinaire en 1840. Depuis lors, les sciences de l'électricité et du magnétisme ont connu leur plus grand développement, et la télégraphie a suivi le rythme des progrès des connaissances jusqu'à ce que son importance commerciale soit inégale. De nombreux principes importants, précieux en télégraphie aujourd'hui, étaient totalement inconnus en 1840 ; mais il convient de noter ici que, dans le téléphone actuel, tous les principes étaient déjà bien connus à cette époque. Cela apparaîtra clairement à quiconque suit les phénomènes de l'émetteur au récepteur. Premièrement, le son dans l'air provoque un mouvement

correspondant dans un corps solide, le fer. Ce fer, agissant par induction sur un aimant, génère des courants magnéto-électriques dans une hélice de fil qui l'entoure ; ces courants se propagent ensuite vers une autre hélice, et, réagissant sur l'aimant qu'elle contient, ont des effets électromagnétiques, augmentant et diminuant la force de l'aimant ; et ce magnétisme variable affecte la plaque de fer devant cet aimant, la faisant vibrer de manière correspondante, restituant ainsi à l'air en un endroit les vibrations absorbées de l'air en un autre endroit. Certains peuvent trouver étrange qu'un objet aussi simple que le téléphone, n'impliquant que des principes suffisamment familiers à toute personne intéressée par les sciences physiques, ait attendu près de quarante ans pour être inventé. La raison en est probablement la suivante : les hommes de science, en règle générale, se sentent pas obligés d'appliquer les principes qu'ils découvrent. Ils se contentent de découvrir, non d'inventer. Or, les écoles du pays devraient familiariser la jeunesse avec les principes généraux des sciences physiques, afin que les inventeurs - et ils sont nombreux - puissent les appliquer intelligemment. Le mécanisme est tout ce qui nous sépare de la navigation aérienne ; tout ce qui est nécessaire pour reproduire la parole humaine par écrit ; et tout ce qui est nécessaire pour réaliser complètement la prophétique image du " Graphique ", de l'orateur qui s'adressera au même instant à un public dans chaque ville du monde.