

A 13 313

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LE TÉLÉPHONE

PAR

LE COMTE TH. DU MONCEL

Membre de l'Institut

OUVRAGE ILLUSTRÉ

DE 141 FIGURES DESSINÉES SUR BOIS

PAR B. BONNAFOUX ET T. CHAUVET

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET C^{ie}

79, BOULEVARD DES FILLES-DU-CALVAIRE, 79



A 13 313

BIBLIOTHÈQUE
DES MERVEILLES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION
DE M. ÉDOUARD CHARTON

LE TÉLÉPHONE



A 12-13

BIBLIOTHÈQUE DES MERVEILLES

LE TÉLÉPHONE

PAR

LE COMTE TH. DU MONCEL

Membre de l'Institut

QUATRIÈME ÉDITION

ILLUSTRÉE DE 141 FIGURES DESSINÉES SUR BOIS

PAR B. BONNAFOUX ET E. CHAUVET

PARIS

LIBRAIRIE HACHETTE ET C^{ie}

79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79

1882

Droits de propriété et de traduction réservés.

2421

LE TÉLÉPHONE

PREMIÈRE PARTIE

LE TÉLÉPHONE BELL

UN COUP D'ŒIL HISTORIQUE

A proprement parler, le téléphone n'est qu'un instrument apte à transmettre les sons à distance, et l'idée de cette transmission est aussi ancienne que le monde. Les Grecs employaient des moyens susceptibles de la réaliser, et il n'est pas douteux que ces moyens n'aient été quelquefois mis à contribution dans les oracles du paganisme. Seulement cette transmission des sons ne sortait pas de certaines limites assez restreintes, ne dépassant pas sans doute celles des porte-voix. Suivant M. Preece, le document le plus ancien où cette transmission du son à distance soit formulée d'une manière un peu nette, remonte à l'année 1667, comme il résulte d'un écrit du physicien Robert Hooke, qui dit à ce propos : « Il n'est pas impossible d'entendre un bruit à grande distance,

car on y est déjà parvenu, et l'on pourrait même décupler cette distance sans qu'on puisse taxer la chose d'impossible. Bien que certains auteurs estimés aient affirmé qu'il était impossible d'entendre à travers une plaque de verre noircie, même très mince, je connais un moyen facile de faire entendre la parole à travers un mur d'une grande épaisseur. On n'a pas encore examiné à fond jusqu'où pouvaient atteindre les moyens acoustiques, ni comment on pourrait impressionner l'ouïe par l'intermédiaire d'autres milieux que l'air, et je puis affirmer *qu'en employant un fil tendu, j'ai pu transmettre instantanément le son à une grande distance et avec une vitesse sinon aussi rapide que celle de la lumière, du moins incomparablement plus grande que celle du son dans l'air. Cette transmission peut être effectuée non seulement avec le fil tendu en ligne droite, mais encore quand ce fil présente plusieurs coudes.* »

Ce système de transmission des sons, sur lequel sont basés les téléphones à ficelle qui attirent l'attention depuis quelques années, est resté à l'état de simple expérience jusqu'en 1819, époque à laquelle M. Wheatstone l'appliqua à sa lyre magique. Dans cet appareil, les sons étaient transmis à travers une longue tige de sapin dont l'extrémité était adaptée à une caisse sonore; de là à l'emploi des membranes utilisées dans les téléphones à ficelle, il n'y avait qu'un pas. Quel est celui qui eut cette dernière idée?... il est assez difficile de le dire, car beaucoup de vendeurs de ces téléphones se l'attribuent sans se douter même de la question. S'il faut en croire certains voyageurs, ce système serait depuis longtemps employé en Espagne pour les correspondances amoureuses. Quoi qu'il en soit, les cabinets de physique ne possédaient pas ces appareils il y a quelques années, et beaucoup de personnes croyaient même que la ficelle était constituée par un tube acoustique de petit diamètre. Cet appareil, quoique devenu un jouet d'enfant,

est d'une grande importance scientifique, car il montre que les vibrations capables de reproduire la parole peuvent être d'un ordre infiniment petit, puisqu'elles peuvent être transmises mécaniquement à des distances dépassant cent mètres. Toutefois, au point de vue télégraphique, le problème de la propagation des sons à distance était loin d'être résolu de cette manière, et l'idée d'appliquer les effets électriques à cette sorte de transmission, dut naître aussitôt qu'on put être témoin des effets merveilleux de la télégraphie électrique, ce qui nous reporte déjà aux époques qui suivirent l'année 1859. Une découverte inattendue faite par M. Page en 1857, en Amérique, et étudiée depuis par MM. Wertheim, de la Rive et autres, devait d'ailleurs y conduire naturellement; car on avait reconnu qu'une tige magnétique soumise à des aimantations et à des désaimantations très rapides pouvait émettre des sons, et que ces sons étaient en rapport avec le nombre des émissions de courants qui les provoquaient.

D'un autre côté, les vibrateurs électriques combinés par MM. Mac-Gauley, Wagner, Neef, etc., et disposés dès 1847 et 1852 par MM. Froment et Pétrina pour la production de sons musicaux, prouvaient que le problème de la transmission des sons à distance était possible. Toutefois, jusqu'en 1854, personne n'avait osé admettre la possibilité de transmettre électriquement la parole à distance, et, quand M. Charles Bourseul publia à cette époque une note sur la transmission électrique de la parole, on regarda cette idée comme un rêve fantastique. Moi-même, je dois l'avouer, je ne pouvais y croire, et quand, dans la première édition de mon exposé des applications de l'électricité publiée en 1854¹, je rapportai cette note, je crus devoir l'accompagner de com-

¹ Voy. t. II, p. 225, et t. III, p. 110, de la 2^e édition du même ouvrage, publiée en 1857.

mentaires plus que dubitatifs. Cependant, comme la note me paraissait bien raisonnée, je n'hésitai pas à la publier en la signant seulement des initiales Ch. B^{***}. La suite devait donner raison à cette idée hardie, et, quoiqu'elle ne renfermât pas en elle le principe physique qui seul pouvait conduire à la reproduction des sons articulés, elle était pourtant le germe de l'invention féconde qui a illustré le nom de Graham Bell. C'est à ce titre que nous allons reproduire encore ici la note de M. Charles Boursoul.

« Après les merveilleux télégraphes qui peuvent reproduire à distance l'écriture de tel ou tel individu, et même des dessins plus ou moins compliqués, il semblerait impossible, dit M. B^{***}, d'aller plus en avant dans les régions du merveilleux. Essayons cependant de faire quelques pas de plus encore. Je me suis demandé, par exemple, si la parole elle-même ne pourrait pas être transmise par l'électricité, en un mot, si l'on ne pourrait pas parler à Vienne et se faire entendre à Paris. La chose est praticable; voici comment :

« Les sons, on le sait, sont formés par des vibrations et appropriés à l'oreille par ces mêmes vibrations que reproduisent les milieux intermédiaires.

« Mais l'intensité de ces vibrations diminue très rapidement avec la distance, de sorte qu'il y a, même en employant des porte-voix, des tubes et des cornets acoustiques, des limites assez restreintes qu'on ne peut dépasser. Imaginez que l'on parle près d'une plaque mobile, assez flexible pour ne perdre aucune des vibrations produites par la voix, que cette plaque établisse et interrompe successivement la communication avec une pile : vous pourrez avoir à distance une autre plaque qui exécutera en même temps les mêmes vibrations.

« Il est vrai que l'intensité des sons produits sera variable au point de départ, où la plaque vibre par la voix, et constante au point d'arrivée, où elle vibre par l'électricité; mais il est démontré que cela ne peut altérer les sons.

« Il est évident d'abord que les sons se reproduiraient avec la même hauteur dans la gamme.

« L'état actuel de la science acoustique ne me permet pas de

dire *à priori* s'il en sera tout à fait de même des syllabes articulées par la voix humaine. On ne s'est pas encore suffisamment occupé de la manière dont ces syllabes sont produites. On a remarqué, il est vrai, que les unes se prononcent des dents, les autres des lèvres, etc., mais c'est là tout.

« Quoi qu'il en soit, il faut bien songer que les syllabes ne reproduisent, à l'audition, rien autre chose que des vibrations des milieux intermédiaires; reproduisez exactement ces vibrations, et vous reproduirez exactement aussi les syllabes.

« En tout cas, il est impossible de démontrer, dans l'état actuel de la science, que la transmission électrique des sons soit impossible. Toutes les probabilités, au contraire, sont pour la possibilité.

« Quand on parla pour la première fois d'appliquer l'électromagnétisme à la transmission des dépêches, un homme haut placé dans la science traita cette idée de sublime utopie, et cependant aujourd'hui on communique directement de Londres à Vienne par un simple fil métallique. — Cela n'était pas possible, disait-on, et cela est.

« Il va sans dire que des applications sans nombre et de la plus haute importance surgiraient immédiatement de la transmission de la parole par l'électricité.

« A moins d'être sourd et muet, qui que ce soit pourrait se servir de ce mode de transmission, qui n'exigerait aucune espèce d'appareils. Une pile électrique, deux plaques vibrantes et un fil métallique suffiraient.

« Dans une multitude de cas, dans de vastes établissements, par exemple, on pourrait, par ce moyen, transmettre à distance tel ou tel avis, tandis qu'on renoncera à opérer cette transmission par l'électricité, dès lors qu'il faudra procéder lettre par lettre et à l'aide de télégraphes exigeant un apprentissage et de l'habitude.

« Quoi qu'il arrive, il est certain que dans un avenir plus ou moins éloigné la parole sera transmise à distance par l'électricité. *J'ai commencé des expériences à cet égard : elles sont délicates et exigent du temps et de la patience, mais les approximations obtenues font entrevoir un résultat favorable.* »

Il est certain que cette description n'est pas assez complète pour qu'on puisse y découvrir la disposition

qui pouvait conduire à la solution du problème, et, si les vibrations de la lame au poste de réception devaient résulter d'interruptions et de fermetures de courant effectuées au poste de transmission, sous l'influence des vibrations déterminées par la voix, elles ne pouvaient fournir que des sons musicaux et non des sons articulés. Néanmoins l'idée était *très belle*, comme le dit M. Preece, tout en regardant sa réalisation comme impossible¹. Il est du reste facile de voir que M. Bourseul lui-même ne se dissimulait pas les difficultés du problème en ce qui touchait les sons articulés, car il signale, comme on vient de le voir, les différences qui existent entre les vibrations simples produisant les sons musicaux et les vibrations complexes déterminant les sons articulés; mais, comme il le disait fort justement : *Reproduisez au poste de réception les vibrations de l'air déterminées au poste de transmission, et vous aurez la transmission de la parole, quelque compliqué que soit le mécanisme au moyen duquel on l'obtient*. Nous verrons à l'instant comment a été résolu ce problème, et il est probable que certains essais avaient déjà fait pressentir à M. Bourseul la solution de la question; mais rien dans sa note ne peut faire entrevoir quels étaient les moyens auxquels il avait pensé; de sorte que l'on ne peut raisonnablement pas lui rapporter la découverte de la transmission électrique de la parole, et nous ne comprenons guère qu'on ait pu nous faire un reproche de ne pas avoir apprécié, dès cette époque, l'importance de cette découverte, qui pouvait bien alors paraître un peu du domaine de la fantaisie.

Jusqu'en 1876, la transmission électrique des sons se borna à la reproduction de mélodies musicales, et le premier appareil qui a réalisé ce résultat, a été combiné en 1860 par M. Reiss de Frederichsdorf près Hombourg.

¹ Voy. le *Journal de la Société des Ingénieurs télégraphistes de Londres*, t. VI, p. 417 et 419.

Il était fondé sur la découverte de Page, et les effets produits furent assez importants pour attirer dès cette époque l'attention sur ce genre d'appareils électriques.

Quelques savants et constructeurs cherchèrent, en effet, après les expériences de Reiss, à perfectionner son appareil, et, parmi eux, nous citerons MM. Cecil et Léonard Wray, Yeates, Vander-Weyde, Elisha Gray, Wright. Ce dernier imagina même, en 1865, de substituer au récepteur électro-magnétique de Reiss *un condensateur*; mais tous ces appareils ne pouvaient reproduire que des sons musicaux, c'est-à-dire des vibrations simples, et le grand principe sur lequel est basée la reproduction des vibrations complexes de la parole n'était pas encore trouvé. Il était réservé à M. Graham Bell de faire, en 1875, cette magnifique découverte.

M. Bell était attaché à une maison de sourds et muets à Boston, et, tout entier à son état, il cherchait à perfectionner l'éducation vocale de ses pensionnaires. « Il est bien connu, disait-il, que les sourds et muets ne sont muets que par ce qu'ils sont sourds, et qu'il n'y a dans leur système vocal aucun défaut qui puisse les empêcher de parler; par conséquent si l'on parvenait à rendre visible la parole et à déterminer les fonctions du mécanisme vocal nécessaires pour produire tel ou tel son articulé représenté, il deviendrait possible d'enseigner aux sourds et muets la manière de se servir de leur voix pour parler ». Le succès qu'il obtint de ce système, dans les expériences qu'il fit à l'école de Boston, l'engagea à étudier d'une manière toute particulière les relations qui pouvaient exister entre les sons produits et leur représentation graphique, et après avoir fait divers essais dans cet ordre d'idées, il se trouva conduit à étudier les moyens de reproduire les sons vocaux et en même temps la manière dont les sons combinés pourraient être transmis électriquement. C'est alors qu'il fit la découverte

des *courants ondulatoires* qui devaient résoudre le problème de la transmission électrique de la parole.

Pour qu'on puisse se faire une idée de ces courants, il faut savoir d'abord que les vibrations de la parole étant *accidentées*, c'est-à-dire plus ou moins capricieusement bosselées, ne pouvaient être reproduites qu'à la condition que le courant électrique excité ou mis en relation avec elles, eût son intensité exactement en rapport avec leur amplitude aux différents points de chaque onde, en un mot il fallait que cette intensité fût fonction de la courbe des vibrations. Dans ces conditions, le courant ne peut plus être interrompu, et il est effectivement *ondulatoire*. Or jusqu'à l'époque où M. Graham Bell fit sa découverte, les transmetteurs téléphoniques interrompaient tous complètement le courant, et on ne pouvait, en conséquence, obtenir que des sons musicaux, puisque toutes les nuances constituant l'articulation de la parole échappaient à l'action électrique. C'est donc bien M. Bell qui a découvert le téléphone parlant, et grâce lui en soient rendues.

Ici toutefois nous sommes obligé d'ouvrir une parenthèse, car il s'est produit, au moment de cette invention, un fait peut-être unique dans l'histoire des découvertes.... Le jour même où M. Bell déposait sa demande de brevet à l'office des patentes américaines, un autre inventeur également bien connu, M. Elisha Gray, déposait un caveat pour le même objet, et, chose curieuse, les deux appareils exécutés exactement d'après les dessins annexés à ces pièces, pouvaient parfaitement fonctionner. Le brevet néanmoins fut accordé à M. Bell, et les procès qui ont suivi cette découverte et qui ne font qu'être jugés, ont accordé à M. Bell tous les droits d'invention.

Nous ne décrirons pas en ce moment les premières expériences de M. Bell ni les appareils qu'il exposa, en 1876, à Philadelphie : tous ces détails seront étudiés avec soin plus tard, ainsi que les principales pièces qui ont

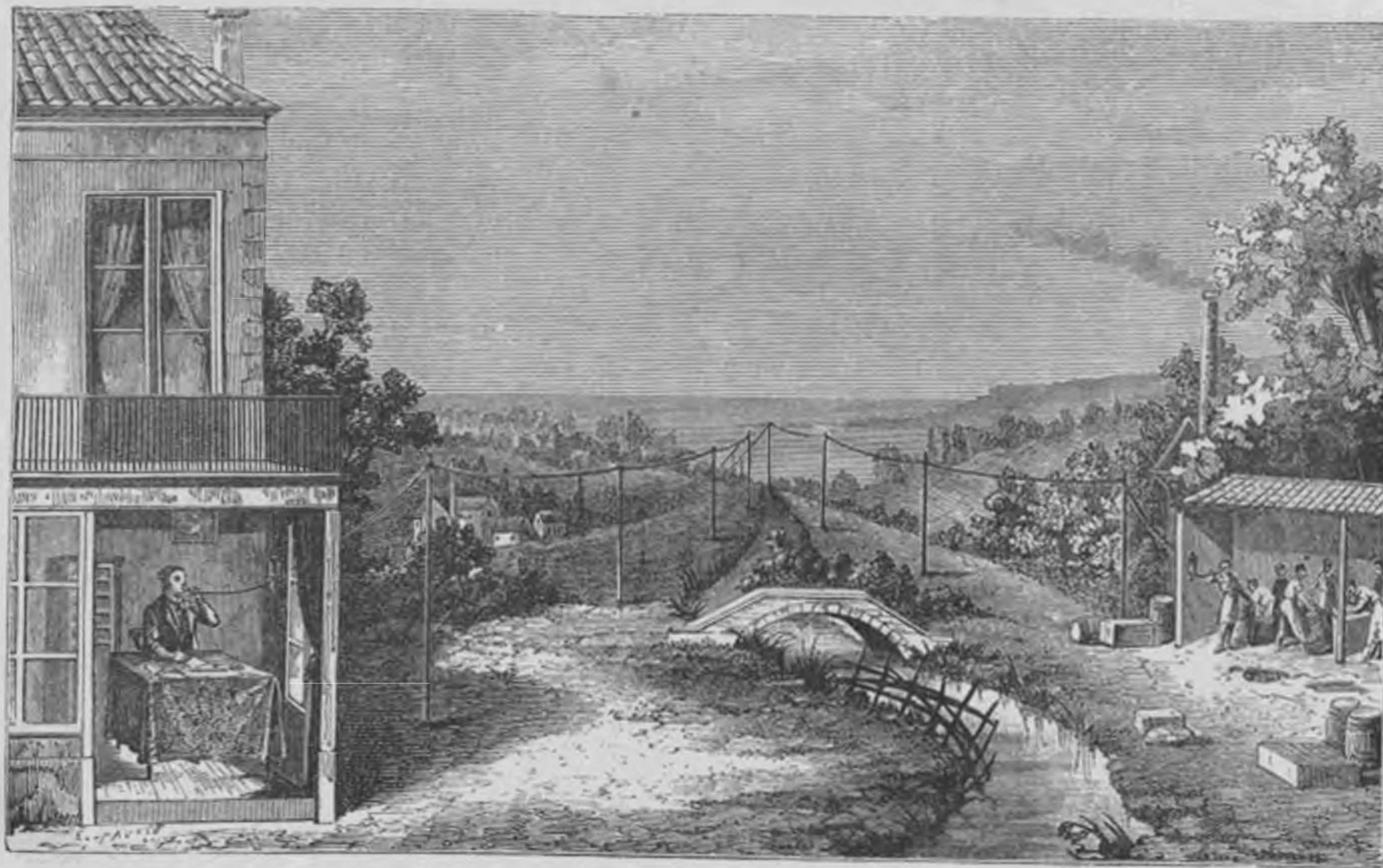


Fig. 1.

figuré aux procès; nous ajouterons seulement ici que c'est en novembre 1877, que le téléphone de M. Bell fut introduit pour la première fois en Europe, et qu'il y excita une admiration qui n'a fait que se développer de plus en plus, car il a pu être immédiatement installé en ligne, comme on le voit figure 4.

Pendant que M. Bell perfectionnait son téléphone électro-magnétique, M. Edison, de son côté, cherchait à le rendre plus pratique encore, dans son application comme moyen télégraphique, et reconnaissant que les courants induits qui pouvaient naître du jeu du diaphragme vibrant quand on parlait, ne suffisaient pas pour fournir des transmissions un peu longues, il pensa à faire intervenir le courant des piles, mais dans de meilleures conditions qu'on ne l'avait fait jusque-là. C'est alors qu'il pensa à employer, pour produire les variations d'intensité électrique en rapport avec les vibrations de la voix, des substances charbonnées actionnées directement par le diaphragme vibrant, et dont la résistance, variant avec la pression exercée sur elles, pouvait modifier l'intensité électrique d'après les vibrations produites. J'avais découvert, il est vrai, dès l'année 1856, le principe scientifique sur lequel cette combinaison a été basée, mais M. Edison, en l'appliquant aux téléphones, lui a donné une importance qu'il n'avait pas eue jusque-là.

A partir de ce moment, tous les inventeurs donnèrent un libre cours à leurs idées pour perfectionner le téléphone, mais pendant longtemps les progrès obtenus furent assez insignifiants. Cependant la découverte du microphone par M. Hughes lança un nouvel élément de combinaison qui fut habilement exploité et qui a conduit à la plupart des appareils que nous voyons aujourd'hui.

Avant de nous occuper du téléphone de Bell et des diverses modifications qu'on y a apportées, il nous a paru important, pour bien familiariser le lecteur avec ces

sortes d'appareils, d'étudier les téléphones électro-musicaux qui l'ont précédé, et en particulier celui de M. Reiss, qui a été le point de départ de tous les autres. Nous verrons d'ailleurs que ces instruments ont des applications très importantes, et la télégraphie leur devra probablement un jour de grands progrès.

TÉLÉPHONES MUSICAUX

Téléphone de M. Reiss. — Le téléphone de M. Reiss est fondé, quant à la reproduction des sons, sur les effets découverts par M. Page en 1857, et, pour leur transmission électrique, sur le système à membrane vibrante utilisé dès 1855 par M. L. Scott dans son phonautographe. Cet appareil se compose donc, comme les systèmes télégraphiques, de deux parties distinctes, d'un transmetteur et d'un récepteur, et nous les représentons figure 2.

Le transmetteur était essentiellement constitué par une boîte sonore K, qui portait à sa partie supérieure une large ouverture circulaire à travers laquelle était tendue une membrane, et au centre de celle-ci était adapté un léger disque de platine *o*, au-dessus duquel était fixée une pointe métallique *b*, qui constituait avec le disque l'interrupteur. Sur une des faces de cette boîte sonore K se trouvait une sorte de porte-voix T qui était destiné à recueillir les sons et à les diriger à l'intérieur de la boîte pour les faire réagir ensuite sur la membrane. Une partie de la boîte K est brisée sur la figure pour qu'on puisse distinguer les différentes parties qui la composent.

Les tiges *a*, *c*, qui portent la pointe de platine *b*, sont réunies métalliquement avec une clef Morse *t* placée sur le côté de la boîte K, et avec un électro-aimant A qui appartient à un système télégraphique destiné à échanger les signaux nécessaires à la mise en action des deux appareils aux deux stations.

Le récepteur est constitué par une caisse sonore B, portant deux chevalets *d, d*, sur lesquels est soutenu un fil de fer *d d* de la grosseur d'une aiguille à tricoter. Une bobine électro-magnétique *g* enveloppe ce fil et se trouve enfermée par un couvercle D, qui concentre les sons déjà amplifiés par la caisse sonore; cette caisse est même

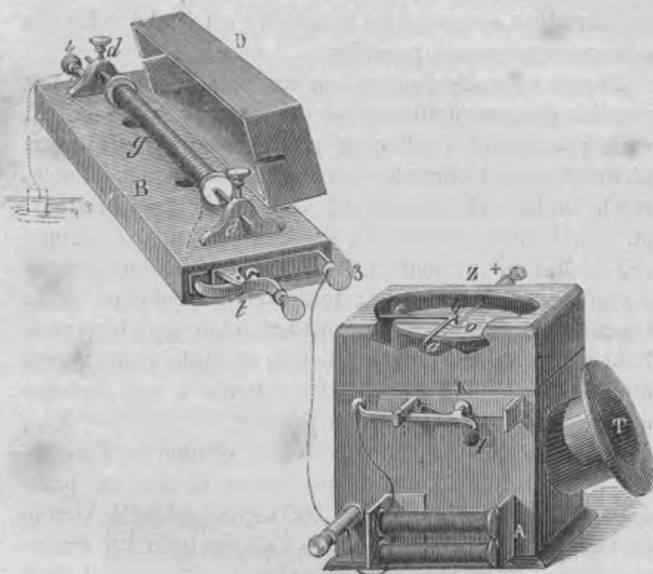


Fig. 2.

munie, à cet effet, de deux ouvertures pratiquées au-dessous de la bobine.

Le circuit de ligne est mis en rapport avec le fil de cette bobine par les deux bornes d'attache 3 et 4, et une clef Morse *t* se trouve placée sur le côté de la caisse B pour l'échange des correspondances.

Pour faire fonctionner ce système, il suffit de faire parler l'instrument dont on veut transmettre les sons devant

l'ouverture T, et cet instrument peut être une flûte, un violon ou même la voix humaine. Les vibrations de l'air déterminées par ces instruments font vibrer à l'unisson la membrane téléphonique, et celle-ci, en approchant et éloignant rapidement le disque de platine *o* de la pointe *b*, fournit une série d'interruptions de courant qui se trouvent répercutées par le fil de fer *d d* et transformées en vibrations sonores dont le nombre est égal à celui des sons successivement produits.

D'après ce mode d'action, on comprend donc qu'il soit possible de transmettre les sons avec leur valeur relative; mais l'on conçoit également que ces sons ainsi transmis n'aient pas le timbre de ceux qui leur donnent naissance, car le timbre est indépendant du nombre des vibrations, et, il faut même le dire ici, les sons produits par l'appareil de M. Reiss avaient un timbre de flûte à l'oignon qui n'avait rien de séduisant; toutefois le problème de la transmission électrique des sons musicaux était bien réellement résolu, et l'on pouvait dire en toute vérité qu'un air ou une mélodie pouvait être entendu à une distance aussi grande qu'on pouvait le désirer.

L'invention de ce téléphone date, comme on l'a déjà vu, de l'année 1860, et le professeur Heisler en parle dans son *Traité de physique technique*, publié à Vienne en 1866; il prétend même dans l'article qu'il lui a consacré que, quoique, dans son enfance, cet appareil était susceptible de transmettre non seulement des sons musicaux, mais encore des mélodies chantées. Ce système fut ensuite perfectionné par M. Yeates et par M. Van der Weyde qui, après avoir lu la description publiée par M. Heisler, chercha à rendre la boîte de transmission de l'appareil plus sonore et les sons produits par le récepteur plus forts. Voici ce qu'il dit à ce sujet dans le *Scientific American* :

« Ayant fait construire en 1868 deux téléphones du genre de celui décrit précédemment, je les montrai à la réunion du

club polytechnique de l'Institut Américain. Les sons transmis étaient produits à l'extrémité la plus éloignée du Cooper Institut, et tout à fait en dehors de la salle où se trouvaient les auditeurs de l'association; l'appareil récepteur était placé sur une table, dans la salle même des séances. Il reproduisait fidèlement les airs chantés, mais les sons étaient un peu faibles et un peu nasillards. Je songeai alors à perfectionner cet appareil, et je cherchai d'abord à obtenir dans la boîte sonore des vibrations plus puissantes en les faisant répercuter par les côtés de cette boîte au moyen de parois creuses. Je renforçai ensuite les sons produits par le récepteur, en introduisant dans la bobine plusieurs fils de fer, au lieu d'un seul. Ces perfectionnements ayant été soumis à la réunion de l'Association Américaine pour l'avancement des sciences qui eut lieu en 1869, on exprima l'opinion que cette invention renfermait en elle le germe d'une nouvelle méthode de transmission télégraphique qui pourrait conduire à des résultats importants. »

Cette appréciation devait être bientôt justifiée par la découverte de Bell.

Téléphone de MM. Cécil et Léonard Wray. — Ce système, que nous représentons figures 3 et 4, n'est qu'un

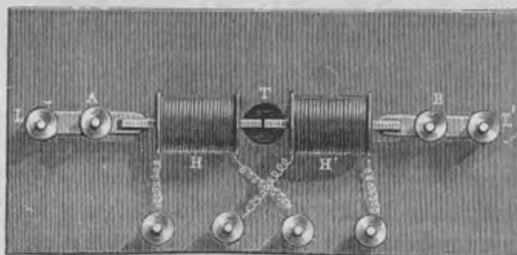


Fig. 5.

simple perfectionnement de celui de M. Reiss, imaginé en vue de rendre les effets produits plus énergiques. Ainsi le transmetteur est muni de deux membranes au lieu d'une, et son récepteur, au lieu d'être constitué par

un simple fil de fer recouvert d'une bobine magnétisante, se compose de deux bobines distinctes, II, II', (fig. 5), placées dans le prolongement l'une de l'autre, et à l'intérieur desquelles se trouvent deux tiges de fer. Ces tiges sont fixées par une de leurs extrémités à deux lames de cuivre A, B, maintenues elles-mêmes dans une position fixe au moyen de deux piliers à écrous I, I', et les deux

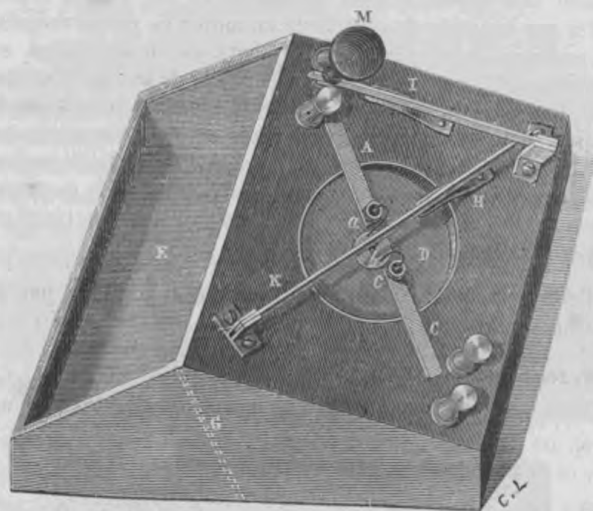


Fig. 4.

autres extrémités de ces tiges, entre les bobines, sont disposées à une très petite distance l'une devant l'autre, mais sans cependant se toucher. Le système est d'ailleurs monté sur une caisse sonore munie d'un trou T dans l'espace correspondant à l'intervalle séparant les bobines, et celles-ci communiquent avec quatre boutons d'attache qui sont mis en rapport avec le circuit de ligne, de telle manière que les polarités opposées des deux tiges soient de signes contraires et ne forment qu'un seul et même

aimant coupé par le milieu. Il paraît qu'avec cette disposition les sons produits sont beaucoup plus accentués.

La forme du transmetteur est aussi un peu différente de celle que nous avons décrite précédemment; la partie supérieure, au lieu d'être horizontale, est un peu inclinée, comme on le voit figure 4, et l'ouverture E, par laquelle les sons doivent se communiquer à la membrane vibrante, occupe une grande partie du côté le plus élevé de la caisse qui, à cet effet, se présente sous une certaine obliquité. La seconde membrane G, qui est en caoutchouc, forme une sorte de cloison qui divise en deux la caisse, à partir du bord supérieur de l'ouverture, et, d'après l'inventeur, elle aurait pour effet, tout en augmentant l'amplitude des vibrations produites par la membrane extérieure D, comme dans un tambour, de protéger celle-ci contre les effets de la respiration et plusieurs autres causes nuisibles. L'interrupteur lui-même diffère aussi de celui de l'appareil de M. Reiss. Ainsi le disque de platine *b*, appelé à fournir les contacts, n'est mis en rapport métallique avec le circuit que par l'intermédiaire de deux petits fils de platine ou d'acier qui plongent dans deux petits godets *a*, *c*, remplis de mercure et reliés à ce circuit. Par ce moyen, la membrane D se trouve libre dans ses mouvements et peut vibrer plus facilement.

L'interruption est d'ailleurs effectuée par une petite pointe de platine portée par un levier à ressort articulé KII qui se trouve au-dessus du disque, et dont l'extrémité, étant fixée au-dessous d'une sorte de clef Morse MI, permet d'effectuer à la main les fermetures de courant nécessaires à l'échange des correspondances pour la mise en train des appareils.

Téléphone de M. Elisha Gray, de Chicago. — Ce système, imaginé en 1874, n'est en réalité qu'un appareil du genre de ceux qui précèdent, mais avec des combinaisons importantes qui ont permis de l'appliquer utile-

ment à la télégraphie. Dans un premier modèle il mettait à contribution une bobine d'induction à deux hélices superposées, dont l'interrupteur, qui était à trembleur, était multiple et disposé de manière à produire des vibrations assez nombreuses pour émettre des sons. Ces sons, comme on le sait, peuvent, avec cette disposition, être modifiés suivant la manière dont l'appareil est réglé, et s'il existe à côté les uns des autres un certain nombre d'interrupteurs de ce genre, dont les lames vibrantes soient réglées de manière à fournir les différentes notes de la gamme sur plusieurs octaves, on pourra, en mettant en action tels ou tels d'entre eux, exécuter sur cet instrument d'un nouveau genre un morceau de musique dont les sons se rapprocheront de ceux produits par les instruments à anches, tels que harmoniums, accordeons, etc. La mise en action de ces interrupteurs pourra d'ailleurs être effectuée au moyen du courant primaire de la bobine d'induction qui circulera à travers l'un ou l'autre des électro-aimants de ces interrupteurs, sous l'influence de l'abaissement de l'une ou l'autre des touches d'un clavier commutateur, et les courants secondaires, qui naîtront dans la bobine sous l'influence de ces courants primaires interrompus, pourront transmettre des vibrations correspondantes à distance sur un récepteur. Celui-ci pourrait être analogue à ceux dont nous avons parlé précédemment pour les téléphones de Reiss, de Wray, etc., mais M. Gray a dû le modifier pour obtenir des effets plus amplifiés.

Nous représentons, figure 5, la disposition de ce premier système. Les vibrateurs sont en A et A', etc., les touches du clavier en M et M', etc., la bobine d'induction en B, et le récepteur en C. Ce récepteur se compose, comme on le voit, d'un simple électro-aimant NN' au-dessus des pôles duquel est adaptée une caisse cylindrique en métal C dont le fond est en fer et sert d'armature. Cette boîte, étant percée comme les violons de deux trous en S, joue

le rôle de caisse sonore, et M. Elisha Gray a reconnu que les mouvements moléculaires déterminés au sein du noyau magnétique et de son armature, sous l'influence des alternatives d'aimantation et de désaimantation, étaient suffisants pour engendrer des vibrations en rapport avec la rapidité de ces alternatives, et fournir des

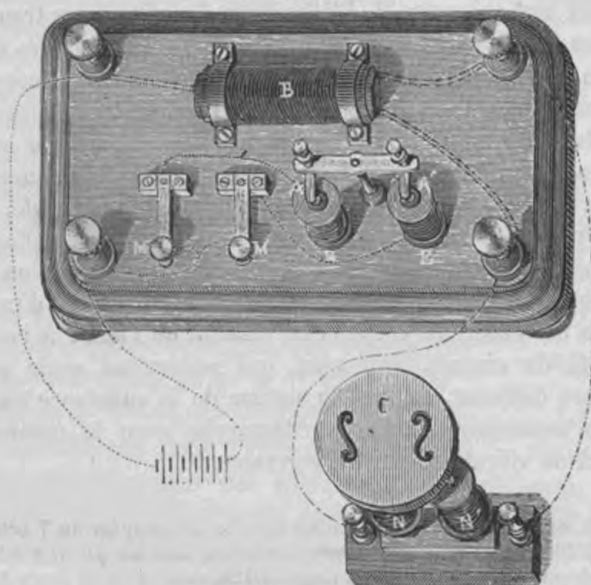


Fig. 5.

sons qui devenaient perceptibles par suite de leur amplification par la boîte sonore.

On comprend aisément que les effets obtenus dans le système représenté figure 5 pourraient être reproduits, si, au lieu d'interrupteurs ou de rhéotomes électriques, on employait à la station de transmission des interrupteurs mécaniques disposés de manière à fournir le nombre d'interruptions de courant en rapport avec les vibrations des différentes notes de la gamme. On pourrait encore,

par ce moyen, se dispenser de la bobine d'induction et faire réagir directement sur le récepteur le courant ainsi interrompu par l'interrupteur mécanique. M. Elisha Gray a du reste combiné une autre disposition de ce système téléphonique qu'il a appliquée à la télégraphie pour les transmissions électriques simultanées, et qui constitue son *télégraphe harmonique*.

S'il faut en croire M. Elisha Gray, les vibrations transmises par des courants secondaires seraient capables de faire résonner à distance, par l'intermédiaire du corps humain, des lames conductrices susceptibles d'entrer facilement en vibration et disposées sur des caisses sonores. Ainsi l'on pourrait faire produire des sons musicaux à des cylindres de cuivre placés sur une table, à une plaque métallique appliquée sur une sorte de violon, à une feuille de clinquant tendue sur un tambour ou à toute autre substance résonnante, en touchant d'une main ces différents corps et en prenant de l'autre le bout du fil du circuit. Ces sons, qui pourraient avoir un timbre différent, suivant la nature de la substance touchée, reproduiraient la note transmise avec le nombre exact de vibrations qui lui correspond¹.

¹ M. Gray, dans un article inséré dans le *Telegrapher* du 7 octobre 1876, et dont on trouvera une traduction dans les *Annales télégraphiques* de mars-avril 1877, pages 97-120, entre dans de longs détails sur ce mode de transmission des sons par les tissus du corps humain, et voici suivant lui les conditions dans lesquelles il faut être placé pour obtenir de bons résultats :

1° Les émissions électriques doivent avoir une tension considérable pour rendre l'effet perceptible à l'oreille ;

2° La substance employée pour toucher la plaque métallique doit être douce, flexible et conductrice jusqu'au point de contact ; là il faut interposer une résistance très mince, ni trop grande, ni trop petite ;

3° La plaque et la main ou autre tissu ne doivent pas seulement être en contact, il faut que ce contact résulte d'un frottement ou d'un glissement ;

4° Les parties en contact doivent être sèches, afin de conserver le degré voulu de résistance.

M. Elisha Gray a combiné, d'après ce mode de génération des sons, et en substituant à la main un simple morceau de peau humecté frottant sur un disque de métal, un nouveau système de téléphone musical ; mais comme il a pu, par une disposition nouvelle, obtenir par ce moyen la reproduction de la parole, nous n'entrerons dans quelques détails à ce sujet qu'au chapitre des téléphones parlants.

Téléphones de MM. Wright et Varley. — En 1865, M. Wright ayant reconnu que des sons pouvaient être obtenus, sous certaines conditions de charge, de la part d'un condensateur d'Épinus, imagina de substituer au récepteur de Reiss un condensateur de ce genre, et sans rien changer au transmetteur, il put obtenir par ce moyen la reproduction de mélodies musicales, comme dans le système primitif. Cet appareil est décrit dans l'ouvrage de M. Fergusson sur *l'Électricité et le magnétisme*. Longtemps après, M. C. Varley opéra la même substitution au téléphone musical de Gray, mais en plaçant le condensateur dans d'autres conditions. Il en obtint de bons résultats dans des représentations publiques, et c'est ce qui fait sans doute que le nom du premier inventeur s'est trouvé oublié dans l'historique qu'on a fait jusqu'ici des condensateurs chantants. Quoi qu'il en soit, nous croyons devoir donner quelques détails sur la disposition de ce récepteur téléphonique, qui présentait à cette époque une grande originalité.

Cette partie du système est essentiellement constituée par un véritable tambour de grandes dimensions (5 ou 4 pieds de diamètre), dans l'intérieur duquel est placé un condensateur formé de quatre feuilles de papier d'étain séparées par des feuilles en matière parfaitement isolante, et dont la surface représente à peu près la moitié de celle du tambour. Les lames de ce condensateur sont disposées parallèlement aux membranes du

tambour et à une très petite distance de leur surface, et voici comment on expliquait, dans l'origine, les effets produits dans cet appareil.

Si une charge électrique est communiquée à l'une des séries de plaques conductrices de ce condensateur, celles qui leur correspondront se trouveront attirées, et, si elles peuvent se mouvoir, elles pourront communiquer aux couches d'air interposées un mouvement qui, en se communiquant aux membranes du tambour, pourra, pour une série de charges très rapprochées les unes des autres, faire vibrer ces membranes et engendrer des sons ; or ces sons seront en rapport avec le nombre des charges et décharges qui seront produites. Comme ces charges et décharges peuvent être déterminées par la réunion des deux armatures du condensateur aux extrémités du circuit secondaire d'une bobine d'induction, dont le circuit primaire sera interrompu convenablement, on voit immédiatement que, pour faire émettre par le tambour un son donné, il suffira de faire fonctionner l'interrupteur de la bobine d'induction de manière à produire le nombre de vibrations que comporte ce son. Nous verrons plus tard que cette explication n'est pas aussi simple que nous venons de la présenter.

Le moyen employé par M. Varley pour produire les interruptions était celui qui avait été déjà mis en usage dans plusieurs applications électriques, et notamment pour les chronographes ; c'était un diapason électro-magnétique réglé de manière à émettre le son qu'il s'agissait de transmettre. Ce diapason pouvait, en formant lui-même interrupteur, réagir sur le courant primaire d'une bobine d'induction, et, s'il y avait autant de ces diapasons que de notes musicales à transmettre, et que les électro-aimants qui les animaient fussent reliés à un clavier de piano, il devenait possible de transmettre de cette manière une mélodie à distance comme dans le système de M. Elisha Gray.

La seule chose particulière dans ce système, était le fait de la reproduction des sons par l'action d'un condensateur, et nous allons voir que cette idée, reprise par MM. Pollard et Garnier, a conduit à des résultats vraiment intéressants.

Condensateur chantant de MM. Pollard et Garnier. — Cet appareil, qui étonne aujourd'hui tous ceux qui l'entendent, n'est qu'une simplification de l'appareil précédent, et pourtant celui-ci avait provoqué à Londres, il y a quelque temps, la curiosité publique.

Pourquoi cet appareil n'a-t-il pas eu plus de retentissement, alors qu'on s'est occupé de beaucoup d'autres moins curieux?... Il est difficile de le dire; peut-être sa disposition était-elle alors trop compliquée : toujours est-il que, grâce à MM. Pollard et Garnier, nous pouvons aujourd'hui voir sortir les chants d'une espèce de cahier de papier, et cela avec une force telle qu'on peut les entendre dans tout un appartement. Sans doute, ces chants ainsi reproduits ne sont pas toujours des plus purs, cependant, quand la personne qui chante dans le transmetteur est un peu musicienne et a saisi la manière de s'en servir, le condensateur en question peut émettre des sons assez doux qui se rapprochent un peu de ceux du violoncelle ou du hautbois.

L'appareil chantant consiste dans un condensateur K (fig. 6), formé de trente feuilles de papier superposées, de neuf centimètres sur treize, entre lesquelles sont intercalées vingt-huit feuilles d'étain de six centimètres sur douze, réunies de manière à constituer les deux armures du condensateur. A cet effet, les feuilles paires sont réunies ensemble à l'un des bouts du cahier de papier, et les feuilles impaires à l'autre bout. En appliquant ce système sur un carton rigide, après avoir eu soin de le ligaturer avec une bande de papier, et en serrant les feuilles d'étain réunies aux deux bouts du condensateur

avec deux garnitures de cuivre D, D', munies de boutons d'attache pour les fils du circuit, on obtient ainsi un appareil qui joue le rôle d'un véritable chanteur. Un poids assez lourd placé sur le condensateur pour serrer les lames n'en arrête nullement le fonctionnement; il en

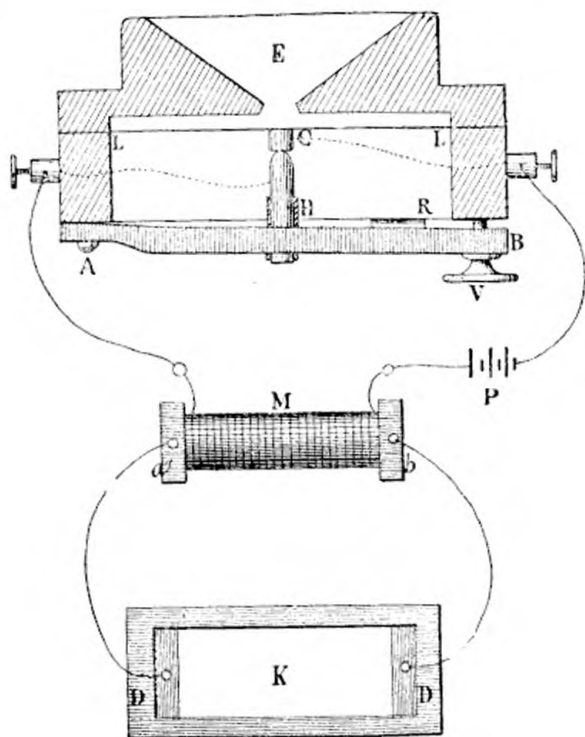


Fig. 6.

affaiblit seulement les sons, qui deviennent alors plus harmonieux, ce qui rend douteuse l'hypothèse de mouvements attractifs des lames, qu'on avait émise dans l'origine pour expliquer ces effets.

L'appareil transmetteur se compose d'une sorte de té-

l'éphone sans manche E, dont la lame vibrante est constituée par une lame de fer-blanc LL très mince, au centre de laquelle est soudé un morceau cylindrique de charbon C, et contre ce charbon appuie un autre cylindre de la même matière H, qui est porté par une traverse de bois AB, articulée d'un côté en A, sur le bord inférieur de la boîte du téléphone, et fixée de l'autre côté B sur le bord opposé de la boîte, au moyen d'une vis de réglage V. Un ressort arqué R (un bout de ressort de pendule) placé en travers de cette pièce, lui donne une certaine élasticité sous son serrage, et cette élasticité est nécessaire pour le bon fonctionnement de l'appareil qui constitue, par le fait, une sorte de microphone à diaphragme.

La lame de fer est mise en rapport avec l'un des pôles d'une pile P, de six éléments Leclanché, et le charbon inférieur H correspond à l'hélice primaire d'une bobine d'induction M déjà reliée au second pôle de la pile. Enfin, les deux bouts de l'hélice secondaire de la bobine *a* et *b* sont reliés directement aux deux armures D, D' du condensateur.

Cette hélice secondaire doit être constituée par vingt couches de fil n° 52 ou mieux du n° 42, recouvert de soie; et l'hélice primaire est formée par quatre couches de fil n° 16. La longueur de la bobine ne doit pas dépasser sept centimètres, et le diamètre du noyau de fils de fer fins doit être d'environ un centimètre.

Pour obtenir le chant sur le condensateur, il faut régler le transmetteur de manière que les deux charbons C et H ne se touchent pas à l'état normal, mais soient assez près l'un de l'autre pour que, en chantant, les vibrations de la plaque LL puissent effectuer des contacts suffisants. On arrive facilement à ce réglage par le tâtonnement et en émettant une même note jusqu'à ce que le condensateur résonne. Si trois notes, faites successivement, sont bien reproduites, l'appareil peut être considéré comme suffisamment réglé, et pour le faire fonctionner il suffit

d'enfoncer la bouche dans l'embouchure E, comme on le fait quand on chante dans un mirliton. Il faut, pour obtenir un bon résultat, que l'on entende la lame de l'appareil vibrer à la manière des flûtes à l'oignon. Au lieu de

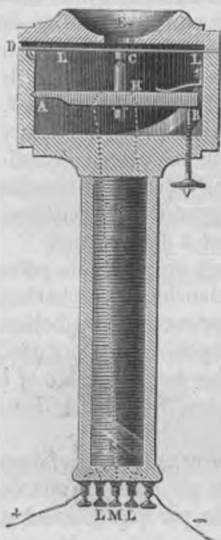


Fig. 7.

charbons, on peut employer des contacts de platine; mais avec la disposition précédente l'appareil peut être employé à divers usages, comme on le verra plus tard. Cet appareil est construit en France chez MM. Chardin, Gaïffe, Debayeux, Loiseau, de Combettes, Carpentier, etc.

Pour simplifier l'organisation des appareils, M. Janssens a réuni la bobine d'induction au transmetteur, en adaptant à celui-ci un manche, et en introduisant la bobine dans ce manche, ainsi que le montre, en KK, la figure 7. De plus, il a disposé l'appareil de manière à pouvoir être employé comme transmetteur téléphonique ordinaire, comme microphone récepteur

et même comme appareil électro-médical. Deux appareils semblables, une pile à bichromate de potasse de 2 ou 3 éléments et le condensateur, suffisent pour cela.

Comme, dans ce système, il est nécessaire de donner une issue à l'air renfermé derrière la plaque vibrante LL, afin qu'elle puisse résonner facilement, on a dû pratiquer dans la coquille de l'instrument, entre le diaphragme LL et la partie interne de l'embouchure E, une ouverture longitudinale D avec un obturateur mobile qui permet de régler la grandeur de l'ouverture. Un petit trou pratiqué dans l'épaisseur du bois, à cette ouverture,

établit d'un autre côté une communication entre l'air extérieur et le dedans de la boîte au-dessous du diaphragme. La vis de réglage VB, qui permet de régler la pression des deux charbons C, H, du système interrupteur soutenu par la traverse AB, est placée au-dessous de la coquille, et cinq boutons d'attache L, M, L, etc., adaptés au bout du manche, permettent d'effectuer les liaisons convenables pour employer l'appareil dans telles ou telles conditions.

M. R. Coulon a fait avec le condensateur chantant une foule d'expériences intéressantes que nous résumerons plus loin, et qui l'ont conduit non seulement à faire de cet appareil un instrument de physique très intéressant, mais encore à exprimer les sons par des effets lumineux très curieux. Il met pour cela à contribution une combinaison de tubes de Geisseler animés d'un mouvement de rotation et dont les apparences lumineuses varient avec les sons émis dans le transmetteur de l'appareil précédent. (Voir le Mémoire de M. Coulon sur *les Causes de la production du son dans les téléphones*. Rouen, Lecerf, 1879); voir aussi le journal *la Lumière électrique* des 15 septembre et 15 octobre 1879.)

La disposition du condensateur n'est pas sans influence sur l'importance des sons reproduits. M. Coulon a en effet démontré que la forme plane était absolument nécessaire, en raison de l'induction latérale qui se produit entre les parties en présence, quand il est recourbé ou cylindrique.

La présence, dans le voisinage de ce condensateur, d'une surface métallique ou même de verre, provoque sur cette surface une action d'induction qui produit un son léger, et ce son peut passer par toutes les notes d'une gamme chromatique de deux octaves, à mesure que la surface en question se rapproche du condensateur. Cet effet peut même se produire d'une manière double, si on place deux lames des deux côtés du condensateur, et ces sons

sont en rapport avec la masse des lames induites; mais ils s'affaiblissent à une petite distance du condensateur, et disparaissent même avant que les surfaces induites le touchent.

Nous verrons plus loin que le condensateur, par des combinaisons particulières, peut reproduire la parole. Depuis le commencement de l'année 1880, le Dr Herz avait obtenu ce curieux résultat, et l'on a pu voir à l'exposition d'Électricité de 1884 un système téléphonique de ce genre vraiment curieux.

TÉLÉPHONES PARLANTS

Les téléphones que nous venons d'étudier ne peuvent transmettre, comme on l'a vu, que des sons musicaux, puisqu'ils ne peuvent répéter que des vibrations simples, en nombre plus ou moins grand, il est vrai, mais non en combinaisons simultanées, telles que celles qui doivent reproduire les sons articulés. Jusqu'à l'époque de l'invention de M. Bell, la transmission de la parole ne pouvait donc se faire que par des tubes acoustiques ou par les téléphones à ficelle dont nous avons déjà parlé. Bien que ces sortes d'appareils n'aient aucun rapport avec ceux que nous nous proposons d'étudier dans cet ouvrage, nous avons cru devoir en dire ici quelques mots, car ils peuvent quelquefois être combinés avec les téléphones électriques, et, d'ailleurs, ils représentent la première étape de l'invention.

Téléphones à ficelle. — Les téléphones à ficelle qui pendant plusieurs années ont inondé les boulevards et les rues des différentes villes d'Europe, et dont l'invention remonte, comme on l'a vu, à l'année 1667, sont des appareils très intéressants par eux-mêmes, et nous sommes étonné qu'ils n'aient pas figuré plus tôt dans les cabinets

de physique. Ils sont constitués par des tubes cylindro-coniques en métal ou en carton, dont un bout est fermé par une membrane tendue de parchemin, au centre de laquelle est fixée par un nœud la ficelle ou le cordon destiné à les réunir. Quand deux tubes de ce genre sont ainsi réunis et que le fil est bien tendu, comme on le voit figure 8, il suffit qu'une personne applique un de ces tubes contre l'oreille et qu'une autre personne parle



Fig. 8.

très près de l'ouverture de l'autre tube, pour que toutes les paroles prononcées par cette dernière soient immédiatement transmises à l'autre, et l'on peut même converser de cette manière à voix presque basse. Dans ces conditions, les vibrations de la membrane impressionnée par la voix se trouvent transmises mécaniquement à l'autre membrane par le fil qui, comme l'avait annoncé le physicien de 1667, transmet les sons beaucoup mieux que l'air. On a pu par ce moyen converser à une distance

de plus de cent cinquante mètres, et il paraîtrait que la grosseur et la nature des fils exercent une certaine influence. Suivant les vendeurs de ces appareils, les fils de soie seraient ceux qui donneraient les meilleurs résultats, et les ficelles de chanvre les moins bons. Ce sont ordinairement des fils de coton tressés qui sont employés, afin de permettre de livrer à bon marché ces appareils.

Dans certains modèles on a disposé les tubes de manière à présenter, entre la membrane et l'embouchure, un diaphragme percé d'un trou, et l'appareil ressemble alors à une espèce de cloche dont le fond aurait été percé et recouvert, à quelques millimètres au-dessus, de la membrane de parchemin; mais je n'ai pas reconnu de supériorité bien marquée à ce modèle.

On a également prétendu que les cornets en métal nickelé étaient préférables; je n'en suis pas davantage convaincu. Quoi qu'il en soit, ces appareils ont donné des résultats qu'on était loin d'attendre, et, bien que leurs usages pratiques soient très restreints, ils constituent des instruments scientifiques très intéressants et des jouets instructifs pour les enfants. M. Arger en a construit de très bien conditionnés.

D'après M. Millar, de Glasgow, l'intensité des effets produits dans ces téléphones dépend beaucoup de la nature de la ficelle, de la manière dont elle est attachée et de la manière dont la membrane est placée sur l'embouchure.

Les effets prodigieux des téléphones Bell ont dans ces derniers temps remis à la mode les téléphones à ficelle, et la possibilité qu'ils ont donnée de transmettre à plusieurs personnes la parole reproduite sur un téléphone électrique a fait rechercher les moyens de les utiliser concurremment avec ces derniers. Pour cela on a dû d'abord examiner le moyen le plus efficace de les faire parler sur un fil présentant plusieurs coudes; nous avons vu que, dans les conditions ordinaires, ces appareils ne

parlaient distinctement que quand le fil était tendu en ligne droite. Or, pour résoudre ce problème, M. A. Bréguet a eu l'idée d'employer comme supports des espèces de petits tambours de basque par le centre desquels on fait passer le fil ; le son porté par la partie du fil en rapport avec le cornet dans lequel on parle, fait alors vibrer la membrane de ce tambour, et celle-ci communique ensuite la vibration à la partie du fil qui suit. On peut de cette manière obtenir autant de coudes que l'on veut et soutenir le fil sur toute la longueur qui peut convenir à ces sortes de téléphones.

M. A. Breguet a fait encore de ce système des espèces de relais pour arriver au même but, et pour cela il fait aboutir les fils à deux membranes qui ferment les deux ouvertures d'un cylindre de laiton ; les sons reproduits par l'une des membranes réagissent sur l'autre, et celle-ci vibre sous cette influence comme si elle était impressionnée par la voix ; le cylindre joue alors le rôle d'un tube acoustique ordinaire, et sa forme peut être aussi variée qu'on peut le désirer.

Il paraît que M. A. Badet, dès le 1^{er} février 1878, était parvenu à faire fonctionner d'une manière analogue les téléphones à ficelle, et il se servait pour cela de parchemins tendus sur des cadres qui faisaient l'office de tables résonnantes. Le fil était fixé au centre de la membrane et faisait avec elle tel angle que l'on voulait.

Plusieurs savants, entre autres MM. Wheatstone, Cornu et Mercadier, se sont occupés il y a déjà longtemps de ces sortes de transmissions par les fils, et il y a peu de temps encore MM. Millar, Heaviside et Nixon, ont fait des expériences intéressantes dont nous devons dire quelques mots. Ainsi, M. Millar a reconnu qu'avec un fil télégraphique tendu et relié par deux fils de cuivre à deux disques susceptibles de vibrer, on pouvait transporter les sons musicaux à cent cinquante mètres, et qu'en tendant les fils à travers une maison, ces fils étant reliés à des embou-

chures et à des cornets auriculaires placés dans différentes chambres, on pouvait correspondre avec toutes ces chambres de la manière la plus facile.

Il a employé pour les disques vibrants, soit du bois, soit du métal, soit de la gutta-percha, ayant la forme d'un tambour, et les fils étaient fixés au centre. L'intensité du son semblait augmenter avec la grosseur du fil.

MM. Heaviside et Nixon, dans leurs expériences à New-Castle sur la *Tyne*, ont reconnu que la grosseur du fil qui donnait les meilleurs résultats était le fil n° 4 de la jauge anglaise. Les disques qu'ils avaient employés étaient en bois de $\frac{1}{8}$ de pouce d'épaisseur, et ils pouvaient être placés en un point quelconque de la longueur du fil. Avec un fil bien tendu et tranquille, la parole a pu être entendue de cette manière à une distance de deux cents mètres; mais il paraît que M. Huntley, en employant des diaphragmes en fer très mince et en isolant le fil de ligne, sur des supports de verre, a pu la transmettre à 800 mètres, malgré les zigzags que faisait la ligne à travers ses supports.

M. Decharme a communiqué au commencement de l'année 1879, à l'Académie des sciences, une note intéressante sur les vibrations ainsi transmises mécaniquement; et il résulte de ses expériences que les différents sons produits par une plaque, un diapason ou un instrument à cordes, peuvent être facilement reproduits à distance avec un fil métallique non tendu, roulé en hélice, si ce fil est supporté par des rondelles de caoutchouc et est fixé de part et d'autre, avec de la cire molle, aux organes générateurs du son et à des *feuilles de clinquant ou d'étain* qui rendent presque tous les sons.

« Une feuille de clinquant de 0^{mm},07 à 0^{mm},1 d'épaisseur, dit M. Decharme, se comporte comme une membrane organique qui vibre à tous les sons, avec cette différence, toute à l'avantage de la feuille métallique, qu'elle n'a pas besoin d'être ten-

due et que l'humidité n'a aucune influence sur ses qualités sonores¹. On peut l'utiliser sous ce rapport en acoustique, en téléphonie et en microphonie, car elle est d'une grande sensibilité, spécialement pour certains sons qui lui sont propres. Un système de plusieurs feuilles métalliques de dimensions différentes et accouplées, peut rendre par l'une ou par l'autre de ces feuilles, avec une énergie suffisante, tous les sons émis par un corps vibrant. Si la feuille de clinquant dont il a été parlé précédemment est circulaire et réunie par son centre, au moyen d'un fil métallique non tendu, à un plateau mis en vibration, on entend parfois, avec *accroissement d'intensité*, le son fondamental de celui-ci et quelques harmoniques. » (Voir les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 26 mai et du 2 juin 1879).

Depuis quelque temps M. Trouvé applique le téléphone à ficelle pour faire entendre les sourds, et il a obtenu, dit-il, des résultats favorables sur 25 pour 100. Toutefois la plupart n'entendent qu'un *bourdonnement*, qui ne leur dit rien à l'esprit quand ils sont sourds et muets de naissance, sans doute parce que l'éducation ne leur a pas donné l'appréciation des nuances dues à l'articulation des sons.

Téléphone électrique de M. Graham Bell. — Tel était l'état des appareils téléphoniques, lorsqu'en 1876 apparut à l'Exposition de Philadelphie le téléphone de Bell, que sir W. Thomson n'a pas craint d'appeler la *merveille des merveilles*, et sur lequel l'attention du monde entier s'est trouvée immédiatement portée, bien qu'à vrai dire son authenticité ait soulevé dans l'origine bien des incrédulités. Ce téléphone, en effet, reproduisait à grande distance les mots articulés, et ce résultat dépassait tout ce que les physiiciens avaient pu concevoir. Cette fois ce n'était plus une conception que l'on pouvait, jusqu'à

¹ Là où une membrane ne fait que vibrer, le clinquant rend des sons perceptibles.

preuve contraire, traiter de fantastique : l'appareil parlait, et même parlait assez haut pour n'avoir pas besoin d'être collé contre l'oreille. Voici ce qu'en disait sir W. Thomson à l'Association britannique pour l'avancement des sciences dans sa réunion à Glasgow en septembre 1876 :

« Au département des télégraphes des États-Unis, j'ai vu et entendu le téléphone électrique de M. Elisha Gray, merveilleusement construit, faire résonner en même temps quatre dépêches en langage Morse, et avec quelques améliorations de détails, cet appareil serait évidemment susceptible d'un rendement quadruple.... Au département du Canada, j'ai entendu : *To be or not to be. — There's the rub*, articulés à travers un fil télégraphique, et la prononciation électrique ne faisait qu'accentuer encore l'expression railleuse des monosyllabes ; le fil m'a récité aussi des extraits au hasard des journaux de New-York.... Tout cela, mes oreilles l'ont entendu articuler très distinctement par le mince disque circulaire formé par l'armature d'un électro-aimant. C'était mon collègue du jury, le professeur Watson, qui, à l'autre extrémité de la ligne, proférait ces paroles à haute et intelligible voix, en appliquant sa bouche contre une membrane tendue, munie d'une petite pièce de fer doux, laquelle exécutait près d'un électro-aimant introduit dans le circuit de la ligne des mouvements proportionnels aux vibrations sonores de l'air. Cette découverte, la merveille des merveilles du télégraphe électrique, est due à un de nos jeunes compatriotes, M. Graham Bell, originaire d'Édimbourg, et aujourd'hui naturalisé citoyen des États-Unis.

« On ne peut qu'admirer la hardiesse d'invention qui a permis de réaliser avec des moyens si simples le problème si complexe de faire reproduire par l'électricité les intonations et les articulations si délicates de la voix et du langage, et pour obtenir ce résultat, il fallait trouver moyen de faire varier l'intensité du courant dans le même rapport que les inflexions des sons émis par la voix. »

S'il faut en croire M. G. Bell, l'invention du téléphone n'aurait pas été le résultat d'une conception spontanée et heureuse ; elle aurait été la conséquence de longues et

patientes études entreprises par lui sur l'acoustique et les travaux des physiciens qui s'en étaient occupés avant lui¹. Déjà son père, M. Alexandre Melville Bell, d'Édimbourg, avait fait de cette science une étude approfondie, et était même parvenu à représenter d'une manière excessivement ingénieuse la disposition des organes vocaux pour émettre des sons. Il devait naturellement inculquer à son fils le goût de ses études favorites, et ils firent ensemble de nombreuses recherches pour découvrir les relations qui pouvaient exister entre les divers éléments de la parole dans les différentes langues et les relations musicales existant entre les voyelles. Plusieurs de ces recherches avaient, il est vrai, déjà été entreprises par M. Helmholtz, et même dans de meilleures conditions, mais ces études lui furent d'une grande utilité quand il s'occupa plus tard du téléphone, et les expériences d'Helmholtz qu'il répéta avec un de ses amis, M. Ellis, de Londres, sur la reproduction artificielle des voyelles au moyen de diapasons électriques, le lancèrent dans l'étude de l'application des moyens électriques aux instruments d'acoustique. Il combina d'abord un système d'harmonica électrique à clavier, dans lequel les différents sons de la gamme étaient reproduits par des diapasons électriques de différentes tailles, accordés suivant les différentes notes, et qui, étant mis en action par suite de l'abaissement successif des touches du clavier, pouvaient reproduire les sons correspondants aux touches abaissées, comme cela a lieu dans les pianos ordinaires.

Il s'occupa ensuite, dit-il, de télégraphie, et pensa à rendre les télégraphes Morse auditifs en faisant réagir

¹ Voici les noms des physiciens qu'il cite dans son *Mémoire sur l'électricité téléphonique* : MM. Page, Marion, Beatson, Gassiot, De la Rive, Matteucci, Guillemain, Wertheim, Wartmann, Janniar, Joule, Laborde, Legat, Reiss, Pogendorff, du Moncel, Delezenne, Gore, etc. (Voy. le *Mémoire* de M. G. Bell, dans le *Journal de la Société des Ingénieurs télégraphistes de Londres*, t. VI, p. 390, 391.)

l'organe électro-magnétique sur des contacts sonores. Ce résultat, il est vrai, était déjà obtenu dans les parleurs usités en télégraphie, mais il pensa qu'en appliquant ce système à son harmonica électrique et en employant des appareils renforceurs tels que le résonnateur d'Helmholtz à la station de réception, on pourrait obtenir à travers un seul fil des transmissions simultanées, fondées sur l'emploi des moyens phonétiques. Cette idée, du reste, s'est trouvée réalisée presque simultanément par plusieurs inventeurs, entre autres par MM. Paul Lacour (de Copenhague), Elisha Gray (de Chicago), Edison et Varley.

C'est à partir de ce moment que commencèrent sérieusement les recherches de M. G. Bell sur les téléphones électriques, et des appareils compliqués il passa aux appareils simples, en faisant une étude complète des différents modes de vibrations résultant d'actions électriques différentes; voici ce qu'il dit à cet égard dans son *Mémoire* lu à la Société des ingénieurs télégraphistes de Londres, le 31 octobre 1877 :

« Si l'on représente par les ordonnées d'une courbe les intensités d'un courant électrique et les durées des fermetures de ce courant par les abscisses, la courbe fournie pourra représenter des ondes en dessus ou en dessous de la ligne des x , suivant que le courant sera positif ou négatif, et ces ondes pourront être plus ou moins accentuées suivant que les courants transmis seront plus ou moins instantanés.

« Si les courants interrompus pour produire un son sont tout à fait instantanés dans leur manifestation, la courbe représente une série de dentelures isolées comme on le voit figure 9, et si les interruptions sont faites de manière à ne provoquer que des différences d'intensité, la courbe se présente sous la forme de la figure 10. Enfin, si les émissions de courant sont effectuées de manière que les intensités soient successivement croissantes ou décroissantes, la courbe prend l'aspect représenté figure 11. Or je donne aux premiers courants le nom de

courants intermittents, aux seconds le nom de *courants d'impulsion* et aux troisièmes le nom de *courants ondulatoires*.

« Naturellement ces courants sont *positifs* ou *negatifs*, suivant leur position au-dessus ou au-dessous de la ligne des *x*, et s'ils sont alternativement renversés, les courbes se présentent sous l'aspect de la figure 12, courbes essentiellement différentes des premières, non seulement par le sens différent des dentelures, mais surtout par la suppression du courant ré-

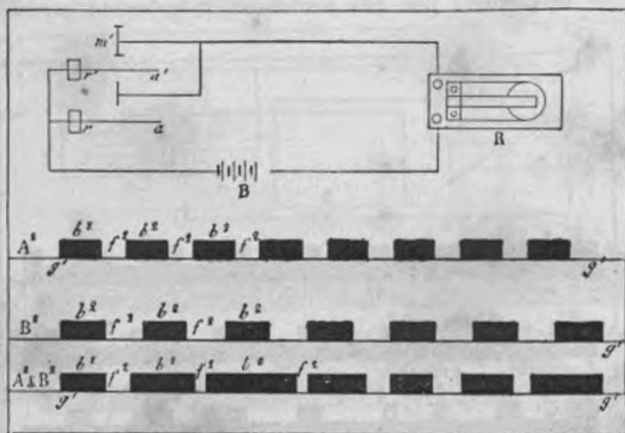


Fig. 9.

siduel qui existe toujours avec les courants d'impulsion et les courants ondulatoires.

« Les deux premiers systèmes de courants ont été employés depuis longtemps pour la transmission électrique des sons musicaux, et le téléphone de Reiss dont nous avons déjà parlé en a été une application intéressante. Mais les courants ondulatoires n'avaient pas été employés avant moi, et ce sont eux qui ont permis de résoudre le problème de la transmission de la parole. Pour qu'on puisse se rendre compte de l'importance de cette découverte, il suffit d'analyser les effets produits avec ces différents systèmes de courants, quand plusieurs sons de hauteur différente doivent entrer en combinaison.

« La figure 9 montre une combinaison dans laquelle les sty-

les a et a' de deux instruments transmetteurs provoquent l'interruption du courant d'une même batterie B , de manière que les vibrations déterminées soient entre elles dans le rapport d'une tierce majeure, c'est-à-dire dans le rapport de quatre à cinq. Dans ces conditions, les courants sont intermittents, et quatre fermetures de a se produiront dans le même espace de temps que les cinq fermetures de a' ; de plus les intensités électriques correspondantes seront représentées par les dentelures que l'on voit en A^2 et en B^2 ; la combinaison de ces intensités $A^2 + B^2$ donnera lieu aux dentelures inégalement espacées

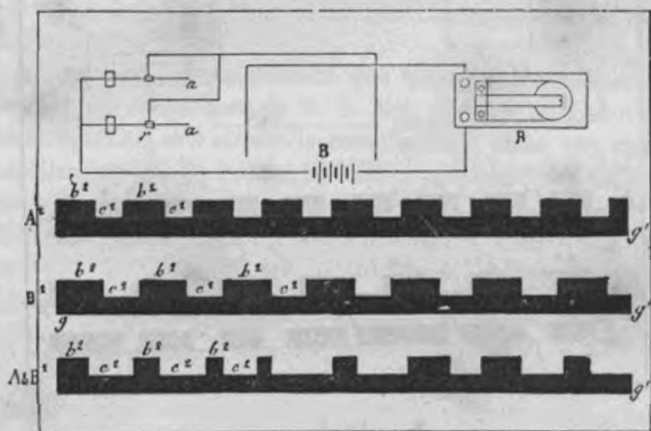


Fig. 10.

que l'on distingue sur la troisième ligne. Or l'on voit que, bien que le courant conserve une intensité uniforme, il est moins de temps interrompu quand les styles interrupteurs réagissent ensemble que quand ils réagissent isolément; de sorte que pour un grand nombre de fermetures simultanées effectuées par des styles animés de différentes vitesses, les effets produits équivalent à celui d'un courant continu. Toutefois le nombre maximum des effets distincts qui pourront être obtenus de cette manière, dépendra beaucoup du rapport existant entre les durées des fermetures et des interruptions du courant. Plus les fermetures seront courtes et les interruptions longues, plus

les effets transmis sans confusion seront nombreux, et *vice versa*.

« Avec les courants d'impulsion, la transmission des sons musicaux s'effectue comme l'indique la figure 10, et l'on voit que, quand ils sont produits simultanément, l'effet résultant $A^2 + B^2$ est analogue à celui qui serait produit par un courant continu d'intensité minima.

« Avec les courants ondulatoires, les choses se passent autrement, mais pour les produire il est nécessaire d'avoir recours

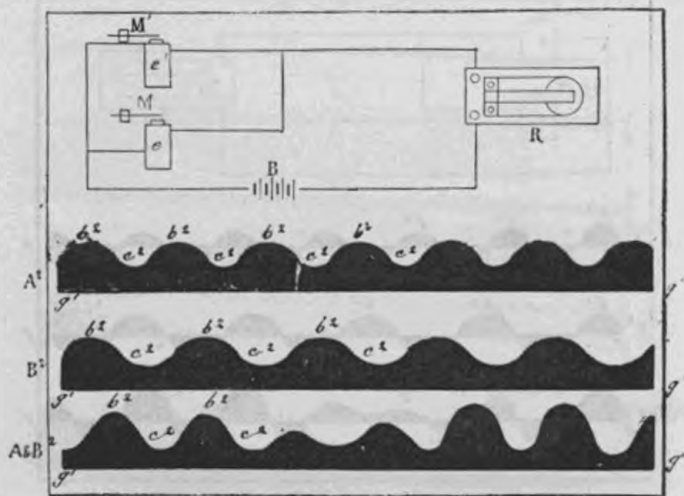


Fig. 11.

aux effets d'induction, et la figure 11 indique la manière dont l'expérience doit être faite. Dans ce cas, les courants réagissant sur le récepteur musical R résultent de renforcements et d'affaiblissements produits par l'action d'armatures M, M', vibrant devant des électro-aimants, e, e', placés dans le circuit de la batterie B, et comme ces renforcements et affaiblissements successifs sont en rapport avec les positions respectives des armatures par rapport aux pôles magnétiques, les courants qui en résultent peuvent avoir leur intensité représentée par des lignes ondulées, comme on le voit en A¹ et en B¹; or ces on-

dulations, pour la tierce dont il a été question précédemment, seront telles qu'il s'en produira quatre en A^2 , dans le même temps qu'il s'en produira cinq en B^2 , et il résultera de la combinaison de ces deux effets une résultante qui pourra être représentée par la courbe $A^2 + B^2$, laquelle représente la somme algébrique des courbes A^2 et B^2 . Un effet analogue est produit quand on emploie des courants ondulatoires alternativement renversés, comme on le voit figure 12, et pour les obtenir il suffit d'opposer aux armatures de fer M , M' , employées dans la

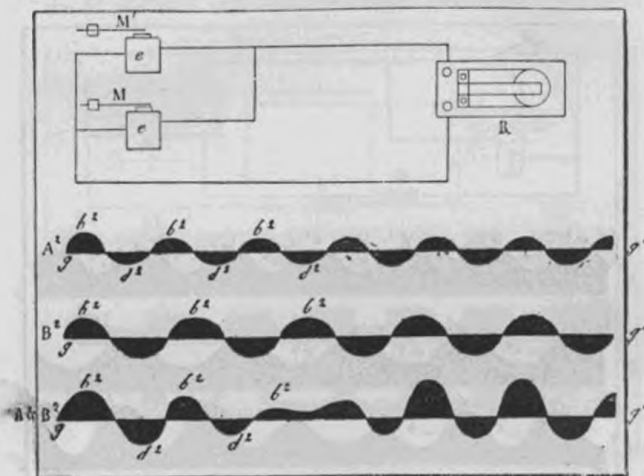


Fig. 12.

précédente expérience, des aimants permanents, et de supprimer la batterie voltaïque B.

« Pour peu qu'on étudie les figures 11 et 12, continue M. G. Bell, on reconnaît aisément que la transmission simultanée, par un même fil, de sons de différente force et de différente nature, ne peut, dans le cas qui nous occupe en ce moment, altérer le caractère des vibrations qui les ont provoqués, comme cela a lieu avec les courants intermittents ou avec les courants d'impulsion; elle ne fait que changer la forme des ondulations, et ce changement se produit de la même manière que dans le

milieu aériforme qui transmet à l'oreille la combinaison des sons émis. On peut donc de cette manière transmettre à travers un fil télégraphique le même nombre de sons qu'à travers l'air. »

Après avoir appliqué les principes précédents à la construction d'un système télégraphique à transmissions multiples, M. G. Bell ne tarda pas à en tirer parti dans

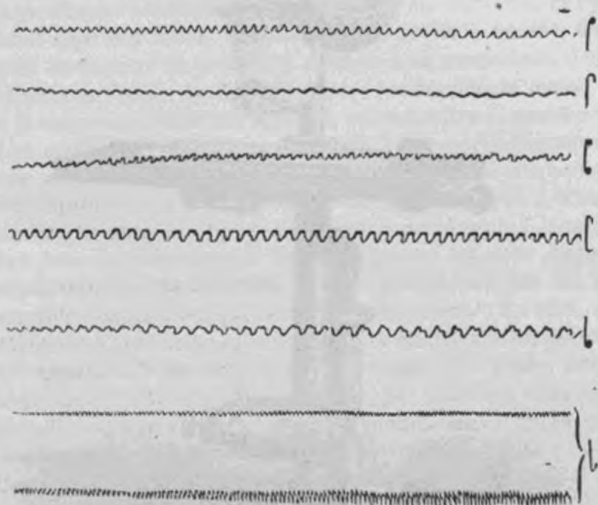


Fig. 15.

de nouvelles recherches qu'il fit alors pour perfectionner l'éducation vocale des sourds et muets, et il fut conduit à la suite de ces recherches à étudier d'une manière toute particulière les relations qui pouvaient exister entre les sons produits et leur représentation graphique.

« J'employai à cet effet, dit-il, la capsule manométrique de M. Kœnig et le phonautographe de M. Léon Scott, auquel M. Maurey, de Boston, avait appliqué un enregistreur assez sensible pour être mis en action par la voix. Cet enregistreur consistait

d'ailleurs dans un style de bois de un pied de longueur environ, qui était fixé directement sur la membrane vibrante du phonautographe et qui pouvait fournir sur une surface plane de verre noirci des traces assez amplifiées pour être d'une distinction facile. Quelques-unes de ces traces sont représentées



Fig. 14.

figure 13. Je fus très frappé des résultats produits par cet instrument, et il me sembla qu'il y avait une grande analogie entre lui et l'oreille humaine. Je cherchai alors à construire un phonautographe modelé davantage sur le mécanisme de l'oreille, et j'eus pour cela recours à un célèbre médecin spé-

cialiste de Boston, M. le docteur Clarence J. Blake. Il me proposa de me servir de l'oreille humaine elle-même comme de phonautographe plutôt que de chercher à l'imiter, et, d'après cette idée, il construisit l'appareil représenté figure 14, auquel fut adapté un style traçant. En enduisant la membrane du tympan et le pavillon circulaire avec un mélange de glycérine et d'eau, on communiqua à ces organes une souplesse suffisante pour que, en chantant dans la partie extérieure de cette sorte de membrane artificielle, le style fût mis en vibration, et l'on obtint ainsi des traces sur une plaque de verre noircie, disposée au-dessous de ce style et soumise à un mouvement d'entraînement rapide. La disproportion considérable de masse et de grandeur qui, dans cet appareil, existait entre la membrane et les osselets mis en vibration par elle, attira particulièrement mon attention et me fit penser à substituer à la disposition compliquée que j'avais employée pour mon téléphone à transmission de sons multiples, une simple membrane à laquelle était fixée une armature de fer. Cet appareil fut alors disposé comme l'indique la figure 15, et je croyais obtenir par lui les courants ondulatoires qui m'étaient nécessaires¹. En effet, en articulant à la branche sans bobine d'un électro-aimant boiteux une armature de fer doux A, reliée par une tige à une membrane en or battu n, je devais obtenir, par suite des vibrations de celles-ci, une série de courants induits ondulatoires qui, réagissant sur l'électro-aimant d'un appareil semblable placé à distance, devaient faire reproduire à l'armature de celui-ci les mouvements de la première armature, et par conséquent faire vibrer la membrane correspondante, exactement comme celle ayant provoqué les courants. Toutefois les résultats que j'obtins de cet arrangement ne furent pas satisfaisants, et il me fallut encore entreprendre bien des essais qui m'amènèrent à réduire autant que possible les dimensions et le poids des armatures et même à les constituer avec des ressorts de pendule de la grandeur de l'ongle de mon pouce. Dans ces conditions, au lieu d'articuler ces armatures, je les attachai au centre des membranes, et mon appareil fut alors disposé comme l'indique la figure 16².

¹ C'est cette disposition qui est représentée dans le brevet de M. Bell, de février 1876.

² Cet appareil était constitué par un système électro-magnétique

Nous pûmes alors, mon ami M. Thomas Watson et moi, obtenir des transmissions téléphoniques qui nous montrèrent que nous étions dans la bonne voie. Je me souviens d'une expérience faite alors avec ce téléphone, qui me remplit de joie. Un des deux appareils était placé, à Boston, dans une des salles de conférences de l'Université, l'autre dans le soubassement d'un bâtiment adjacent. Un de mes élèves observait ce dernier appareil, et je tenais l'autre. Après que j'eus prononcé ces mots : *Comprenez-vous ce que je dis ?* quelle a été ma joie quand je pus entendre moi-même cette réponse à travers l'instrument : « Oui, je vous comprends parfaitement. » Certainement l'articulation de la parole n'était pas alors parfaite, et il fallait

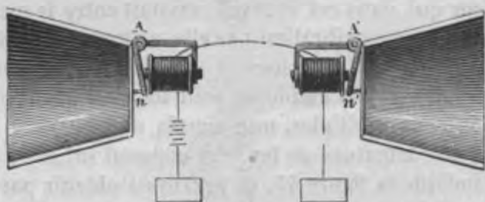


Fig. 15.

l'extrême attention que je prêtai pour distinguer les mots de cette réponse ; cependant l'articulation de ces mots existait, et je pouvais croire que leur manque de clarté devait être rapporté uniquement à l'imperfection de l'instrument. Sans entrer dans le détail de tous les essais que je dus entreprendre pour améliorer la construction de cet appareil, je dirai qu'au bout de quelque temps je fus conduit à employer comme téléphone de réception l'appareil représenté figure 17, et c'est ce modèle, joint à celui de la figure 16, combiné comme transmetteur, qui fut admis à l'Exposition de Philadelphie.

composé d'un électro-aimant M recouvert par une bobine d'induction et devant les pôles duquel était placée la membrane avec son disque de fer. Cette membrane pouvait être plus ou moins tendue au moyen des vis *v, v, v*, adaptées à une sorte d'entonnoir E formant cornet acoustique, et servant d'embouchure : le système électro-magnétique était soutenu par une vis qui permettait de l'éloigner plus ou moins de la membrane et, par conséquent, du disque de fer qui servait d'armature.

« Dans ce nouveau modèle de récepteur, la membrane était remplacée par une lame vibrante de fer L fixée sur l'enveloppe cylindrique d'un électro-aimant tubulaire C, et le système était

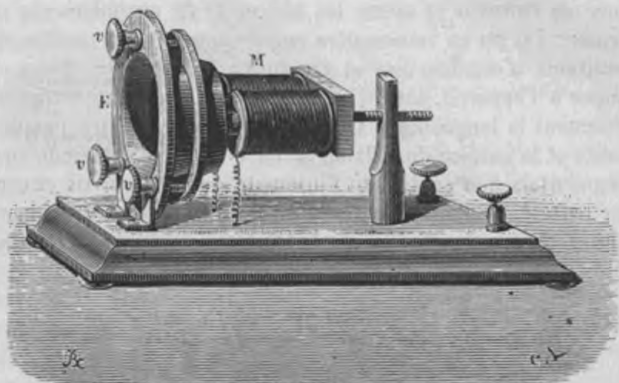


Fig. 16.

monté sur un pont P qui servait de caisse sonore. Les articulations produites par cet appareil étaient bien distinctes ; mais

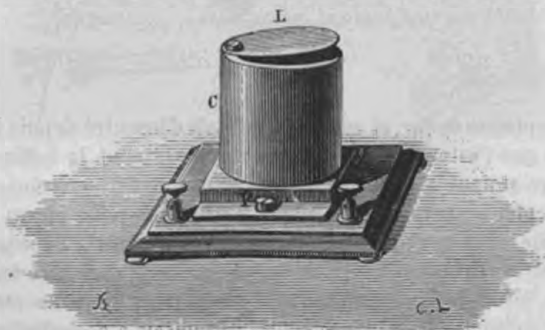


Fig. 17.

son grand défaut était qu'il ne pouvait servir d'appareil transmetteur : il était donc nécessaire d'avoir deux appareils à chaque station, l'un pour la transmission, l'autre pour la réception.

« Je cherchai alors à changer la disposition du téléphone transmetteur en variant les conditions de ses éléments constitutants, tels que les dimensions et la tension de la membrane, le diamètre et l'épaisseur de l'armature, la grandeur et la puissance de l'aimant et même les hélices de fil enroulées sur ce dernier; j'ai pu en reconnaître empiriquement les meilleures conditions d'organisation et combiner la meilleure forme à donner à l'appareil. Ainsi j'avais reconnu, par exemple, qu'en diminuant la longueur de la bobine du fil de l'hélice magnétisante et la surface de la lame de fer attachée à la membrane, j'augmentais non seulement l'intensité des sons, mais encore leur netteté d'articulation; ce qui me fit naturellement abandonner la membrane en or battu pour n'employer qu'une

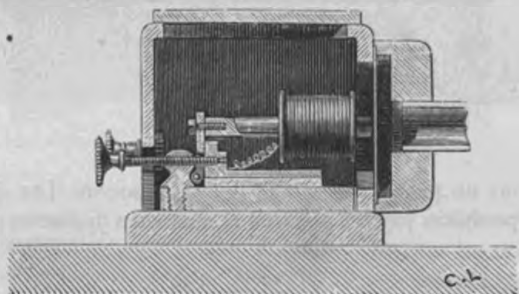


Fig. 18.

simple plaque de fer, et comme il m'était démontré depuis longtemps que l'intervention du courant traversant la bobine de l'électro-aimant n'était utile que pour magnétiser celui-ci, je me décidai à supprimer la pile et à employer pour noyau magnétique un aimant permanent. Toutefois, comme à l'époque où ces instruments devaient être exposés pour la première fois en public, les résultats obtenus avec ce dernier système étaient moins satisfaisants qu'avec celui qui mettait à contribution la batterie voltaïque, je ne voulus exposer que cette dernière disposition d'instrument, ce qui donna l'occasion à certaines personnes, et entre autres au professeur Dolbear, du collège de Tufts, de réclamer la priorité pour l'introduction des aimants permanents dans le téléphone; mais j'en avais eu l'idée dès le

commencement de mes recherches et alors que je m'occupais des transmissions simultanées des sons musicaux.

« La figure 18 représente le premier perfectionnement que j'ai apporté à l'appareil exposé à Philadelphie, et la figure 19 en représente un autre qui a fourni des effets très puissants. Dans ce dernier, l'aimant était en fer à cheval et disposé à la manière de celui que M. Hughes a employé pour

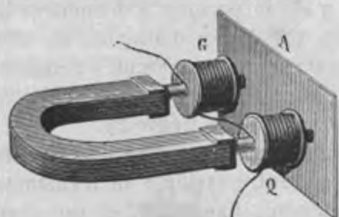


Fig. 19.

son télégraphe imprimeur. Avec cet appareil, les sons pouvaient être entendus (faiblement, il est vrai), par une nombreuse assemblée: il fut exposé le 12 février 1877 à l'institut d'Essex, à Salem (Massachusetts), et y reproduisit devant un auditoire de 600 personnes un discours prononcé à Boston dans un appareil semblable. Les intonations de la voix de celui

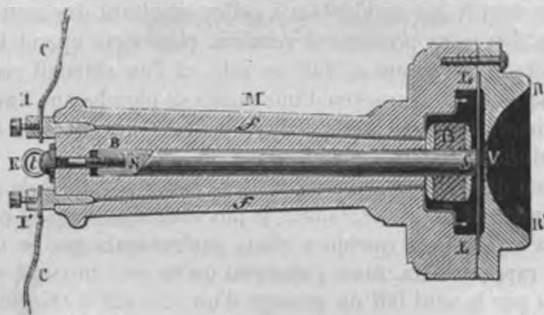


Fig. 20.

qui parlait ont pu être distinguées par l'auditoire. Toutefois l'articulation n'était distincte qu'à une distance de 6 pieds de l'instrument. Il fut fait à cette occasion un rapport qu'on transmit par l'appareil à Boston, et qui fut reproduit le lendemain dans les journaux de cette ville.

« Entre la forme de la figure 16 et celle de l'appareil actuel, représenté figure 20, il n'y a qu'une différence bien légère, et cette dernière forme n'a été combinée que pour rendre l'appareil plus portatif et d'un usage plus commode. Sous ce rap-

port, je dois exprimer ma reconnaissance à plusieurs de mes amis, entre autres à MM. les professeurs Peirce et Blake, le docteur Channing, M. Clarke et M. Jones, pour l'aide qu'ils m'ont prêté. Ainsi M. Peirce a été le premier à démontrer la possibilité de l'emploi dans les téléphones d'aimants de très petites dimensions. C'est lui également qui a donné à l'embouchure recouvrant la plaque vibrante la forme que j'ai adoptée pour le modèle définitif qui est représenté figure 20.

« Outre le modèle représenté figure 16, il se trouvait encore à l'Exposition de Philadelphie un autre système de transmetteur téléphonique qui est reproduit figure 21, et qui était fondé sur l'action directe des courants voltaïques. Un fil de platine p fixé à une membrane tendue LL complétait par son immersion dans de l'eau V le circuit réunissant les deux appareils en correspondance. En parlant en E devant la membrane tendue, les vibrations communiquées à la pointe de platine modifiaient la résistance du circuit dans des conditions telles, que le courant réagissait sur le récepteur par impulsions ondulatoires tout à fait semblables à celles résultant des courants induits. Les sons produits devenaient plus forts quand le liquide était légèrement acidulé ou salé, et l'on obtenait encore de bons résultats au moyen d'une pointe de plombagine immergée dans du mercure, dans de l'eau acidulée ou salée, ou dans une solution de bichromate de potasse.

« Bien que mes recherches eussent pour but final le perfectionnement de la télégraphie, je pus constater dans le cours de mes expériences quelques effets intéressants que je crois devoir rapporter ici. Ainsi j'observai qu'un son musical était produit par le seul fait du passage d'un courant à travers un morceau de plombagine ou de charbon de cornue. Des effets extrêmement curieux résultaient aussi du passage de courants intermittents alternativement renversés à travers le corps humain. Ainsi un rhéotome étant placé dans le circuit primaire d'un appareil d'induction, et les deux bouts du fil du circuit secondaire étant réunis à deux électrodes de cuivre dont une était placée près de l'oreille, on percevait des sons très distincts aussitôt que l'on touchait de la main l'autre électrode. En touchant des deux mains les deux électrodes et plaçant les doigts contre l'oreille, des craquements se faisaient entendre et semblaient venir des doigts, comme s'ils étaient

la répercussion du tremblement musculaire résultant du passage des courants induits. Ces bruits pourtant n'existaient que pour la personne sur laquelle l'expérience était faite. Quand deux personnes se tenant par la main étaient interposées dans le circuit au lieu d'une seule, un son se produisait au contact des mains réunies, mais il fallait pour cela que les mains ne fussent pas humides. Ce phénomène se reproduisait, du reste, quand le contact de ces deux personnes était effectué sur une partie quelconque de leur corps. Au contact des bras, le bruit

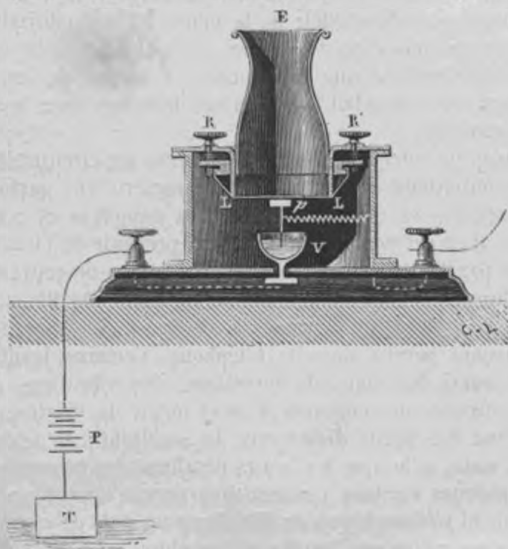


Fig. 21.

était assez intense pour être entendu à plusieurs pieds de distance, et il était alors presque toujours accompagné d'une légère secousse. L'introduction d'une feuille de papier entre les deux parties en contact n'interrompait pas la production du son, mais elle supprimait l'effet désagréable de la secousse. Quand on faisait passer le courant intermittent de la bobine de Ruhmkorff à travers le bras d'une personne, on pouvait, en y appliquant l'oreille, entendre un son qui semblait provenir des muscles de l'avant-bras et du biceps.

« Du reste, des sons musicaux très nets se font entendre quand on fait fonctionner l'interrupteur du circuit primaire de l'appareil de Ruhmkorff, et s'il y a deux interrupteurs, on obtient deux sons différents, ce qui montre que ces sons proviennent de l'étincelle.

« Voici encore une expérience très intéressante faite par le professeur Blake avec un téléphone dont le barreau aimanté était remplacé par une tige de fer doux de six pieds de longueur. Ce téléphone, étant réuni électriquement à un téléphone ordinaire du modèle de la figure 20, reproduisait très bien les sons émis dans ce dernier ; mais leur intensité variait suivant la direction que l'on donnait à la tige de fer, et le maximum correspondait à la position de la tige dans le méridien magnétique.

« Quand on interpose un téléphone dans un circuit télégraphique, on entend des bruits d'un caractère très particulier dont l'origine me paraît encore assez complexe et souvent obscure. Il en est pourtant qui doivent provenir de l'induction exercée par les fils voisins et des dérivations de courant qui se produisent toujours à travers les supports des fils, car les signaux télégraphiques échangés à travers ces fils voisins sont parfaitement perçus dans le téléphone. Certains bruits résultent aussi des courants terrestres, des vibrations du fil sous l'influence des courants d'air et même des frictions produites par des joints défectueux. La sensibilité du téléphone est, du reste, telle, que les bruits résultant des transmissions télégraphiques voisines peuvent être perçus quand on substitue au fil télégraphique du téléphone un rail de chemin de fer, et alors même que les fils télégraphiques les plus voisins de ce rail sont éloignés de quarante pieds. D'un autre côté, M. Peirce a reconnu que des sons peuvent être produits dans un téléphone, quand le fil télégraphique auquel cet appareil est réuni est impressionné par une aurore boréale. Quelquefois aussi des airs chantés ou joués sur un instrument de musique se sont trouvés transmis par le téléphone sans qu'on ait pu savoir leur provenance ; mais ce qui montre le plus la merveilleuse sensibilité de cet appareil, c'est la possibilité qu'il donne de reproduire la parole à travers des corps que l'on pourrait croire à peu près non-conducteurs. Ainsi la communication à la terre d'un circuit téléphonique peut être faite par l'inter-

médiaire du corps humain malgré l'interposition des bas et des chaussures; et elle peut même être effectuée, si, au lieu d'être sur le sol, on est placé sur un mur en briques. Il n'y a que la pierre de taille et le bois qui constituent un obstacle assez grand pour couper la communication; mais il suffit que le pied touche le terrain avoisinant, soit même une touffe de gazon, pour qu'aussitôt les effets électriques manifestent leur présence.

« D'après ces résultats, une question toute naturelle pouvait se poser à l'esprit : quelle est la longueur maxima de circuit à laquelle les transmissions téléphoniques peuvent atteindre?... Mais il est difficile d'y répondre, en raison des conditions différentes dans lesquelles peut être placée l'expérience. Dans les essais de laboratoire on est parvenu à échanger sans difficulté des correspondances sur des circuits de 60 000 ohms de résistance, soit 6000 kilomètres de fil télégraphique, et je suis parvenu à transmettre sur un circuit dans lequel étaient interposées 16 personnes se tenant par la main, lequel circuit avait une résistance d'environ 6 400 kilomètres. Toutefois la plus grande longueur de circuit télégraphique sur laquelle j'aie pu obtenir une transmission nette de la parole n'a pas dépassé 250 milles. Dans cette expérience, aucune difficulté ne survint, tant que les lignes télégraphiques voisines n'étaient pas en activité; mais, aussitôt que les correspondances s'échangèrent à travers ces lignes, les sons vocaux, quoique encore perceptibles, étaient bien diminués d'intensité, et l'on aurait cru entendre une conversation échangée au milieu d'un orage. On a pu également transmettre la parole à travers les câbles sous-marins, et M. Peirce m'informe que des résultats satisfaisants ont été obtenus à travers un câble de 60 milles de longueur, immergé entre Dartmouth et l'île de Guernesey, et cela avec des téléphones à main du modèle ordinaire. »

Histoire de la découverte de M. Bell. — Dans l'exposé modeste qui précède, M. Graham Bell n'avait pas indiqué les différentes expériences successives qui l'avaient conduit à l'invention du téléphone; aucune réclamation de priorité ne s'étant alors produite, il n'avait pas à entrer

dans ces détails, et d'ailleurs son caractère extrêmement réservé ne l'y portait pas ; mais quand MM. Edison et Elisha Gray voulurent poser leurs droits à cette découverte¹, quand deux procès survinrent à cette occasion, ces détails n'étaient plus inutiles, et il fallut les rechercher de tous côtés. Or il est résulté de toutes les enquêtes faites pendant le cours du procès et qui remplissent quatre gros volumes, des documents d'un grand intérêt pour l'histoire de cette découverte, et que nous croyons intéressant de résumer ici, ne serait-ce que pour montrer par quels chemins tortueux une grande découverte doit passer avant d'arriver aux résultats importants qu'elle est appelée à réaliser.

Nous devons commencer par dire, tout d'abord, qu'il est résulté des enquêtes du procès et des pièces justificatives qui ont été produites, que dès l'année 1874 M. Graham Bell s'occupait de la transmission électrique de la parole. Ses premières recherches dans ce but remontent, en effet, au 26 juillet 1874. Mais ce n'est que le 2 octobre de cette même année que ses idées purent se préciser et prendre un certain corps. Après avoir étudié les beaux travaux de M. Helmholtz sur la combinaison des sons, il pensa que si deux électro-aimants placés aux deux extrémités d'un circuit avaient pour armatures une série de tiges de fer de différentes longueurs et placées exactement dans les mêmes conditions aux deux stations, les sons de la parole pourraient impressionner telles ou telles de ces tiges, suivant qu'elles s'accorderaient plus ou moins avec leur son fondamental, et qu'il pourrait

¹ Ce qui est curieux, c'est que ces revendications n'ont été faites que plus d'un an après la description, par tous les journaux du monde entier, des expériences de M. Bell, ce qui montre que les auteurs de ces revendications n'avaient, dans l'origine, attaché qu'une bien médiocre importance à cette invention, et il a fallu que le succès couronnât l'œuvre de Bell, pour les faire sortir de leur indifférence à ce sujet.

résulter des vibrations de ces tiges, au poste transmetteur, des extra-courants d'induction capables de faire reproduire pareilles vibrations sur les tiges de longueur correspondante au poste de réception. C'était, comme on le voit, le germe des télégraphes harmoniques à transmissions multiples, et il paraît qu'à cette époque (juillet 1874), M. Bell avait déjà constaté, pour ce genre de reproduction des sons combinés, *la nécessité de courants continus et ondulatoires*. Quoi qu'il en soit, il fit part de ses idées à M. Clarence Blake et lui demanda même s'il croyait *qu'une simple lame attachée à une membrane ne pourrait pas suffire pour produire les effets décrits précédemment*. A cette époque M. Bell n'était pas Électricien et cherchait des conseils. Aussi allons-nous voir son idée se développer successivement.

Dans une lettre écrite à M. Hubbard au commencement de 1875, M. Bell lui fait part d'une conversation qu'il avait eue à ce sujet avec M. Henreish, qui lui conseillait de donner suite à son idée, et dans une autre lettre écrite également à M. Hubbard le 4 mai 1875, il lui indique le moyen qu'il avait conçu de transmettre électriquement la parole en faisant en sorte que *les vibrations déterminées par le transmetteur pussent provoquer dans la résistance du circuit des changements proportionnels à ces vibrations*. Se reportant à un mémoire scientifique qu'il avait lu, il croyait pouvoir résoudre ce problème en faisant réagir un diaphragme devant lequel il parlait sur un fil tendu traversé par le courant transmis, et il admettait que les différences de tension de ce fil, sous l'influence des vibrations produites, devaient entraîner dans la résistance du fil des changements proportionnels aux vibrations. Il paraît que les expériences qu'il entreprit alors réussirent, car le 24 mai 1875 il écrivait à son père une lettre dans laquelle il lui annonçait qu'il était bien près de résoudre le problème qu'il cherchait. Nous ajouterons que, dans les expériences précédentes, il em-

ployait comme récepteur une disposition absolument semblable à celle du transmetteur.

Le 2 juin 1875 il constata qu'en employant deux électro-aimants boiteux dont les armatures étaient susceptibles de vibrer, il pouvait, en reliant électriquement ces électro-aimants, et en intercalant une pile dans le circuit, faire en sorte que les vibrations de l'une de ces armatures fussent reproduites par l'autre, *sous l'influence des extra-courants qui résultaient des rapprochements et des éloignements de l'armature vibrante*. Or cette expérience le conduisit immédiatement à penser qu'il pourrait obtenir *la transmission des sons sans pile, en remplaçant le noyau de fer des électro-aimants précédents par un noyau d'acier aimanté*. Telle est l'origine du téléphone électromagnétique de M. Bell, auquel il s'est particulièrement attaché. Effectivement, peu de temps après cette expérience, c'est-à-dire le 1^{er} juillet 1875, il disposa ses électro-aimants comme l'indique la figure 15, de manière que leur armature fût reliée à une membrane tendue sur une sorte d'entonnoir, et il obtint des résultats tellement encourageants, qu'il put croire le problème bien prêt d'être résolu.

Au mois de septembre 1875, la question avait bien progressé, car parmi les pièces du procès, on trouve une lettre de M. Bell à M. Hubbard datée du 28 septembre, dans laquelle il lui parle d'une visite qu'il vient de faire à M. Brown, premier ministre des États du Canada, qui était alors à Toronto, dans le but de lui expliquer ses idées relativement à la transmission électrique de la parole, et au désir qu'il avait de le charger de prendre en son nom des brevets en Angleterre et en Europe, alors qu'il les prendrait lui-même en Amérique. Il avait été convenu dans cette visite qu'il se mettrait de suite à rédiger le brevet, et effectivement cette rédaction fut faite immédiatement et envoyée; mais bien qu'elle n'ait pas été retrouvée parmi les papiers de M. Brown, qui avait

été assassiné quelques mois après, on a pu s'assurer de son existence par quelques fragments des minutes qui avaient servi à la faire, et qu'on a pu retrouver sur des envers de lettres écrites de Philadelphie, lesquelles en reportaient la date avant le 4 novembre 1875.

Nous insistons sur ces détails pour démontrer que la rédaction du brevet de M. Bell était bien antérieure à la date qu'on aurait pu lui supposer d'après celle de son dépôt, et voici pourquoi celui-ci ne fut pas fait plus tôt.

Continuant à ne pas recevoir de réponse de M. Brown, M. Bell retourna au Canada avant de prendre son brevet américain, et après avoir bien expliqué de nouveau son affaire à M. Brown, et lui avoir remis, le 29 décembre, les dessins nécessaires pour qu'il pût la bien comprendre, il fut convenu qu'à son prochain voyage en Angleterre, qui devait se faire sous peu de jours, M. Brown prendrait définitivement les brevets et qu'il en donnerait avis. Toutefois cette convention ne fut pas exécutée parce que les Électriciens anglais auxquels M. Brown s'était adressé n'avaient pas trouvé l'invention assez sérieuse; de sorte que, après avoir attendu quelque temps encore, M. Bell dut se décider à présenter sa demande de brevet à l'office des patentes Américaines, et ce fut le 20 janvier 1876 que cette demande eut lieu; mais le brevet ne fut présenté officiellement avec les formes de rigueur que le 14 février, et c'est ce même jour, deux heures après le dépôt de ce brevet, que fut présenté le *caveat* de M. Elisha Gray!!! Dans ce *caveat* il n'était question que du téléphone parlant, mais cet appareil fonctionnait sous l'influence des variations de résistance d'une colonne liquide interposée dans le circuit téléphonique, comme dans le système représenté figure 21, et le dessin annexé à ce *caveat* que nous représentons ci-dessous, figure 22, ne peut laisser aucun doute sur la parfaite identité des deux systèmes. Il est toutefois résulté de l'enquête qu'à la date des deux brevets aucun des deux sys-



tèmes n'avait été exécuté, et que les premières expériences seules de M. Bell avaient pu démontrer la possibilité de la transmission de la parole. Mais M. Bell fit construire en mars 1876 son appareil à liquide, et au 10 mai de cette même année, cet appareil fut l'objet d'une communication de l'auteur à l'Académie Américaine de Boston. Il figura ensuite avec ses autres appareils à l'Exposition de Philadelphie au mois de juin 1876.

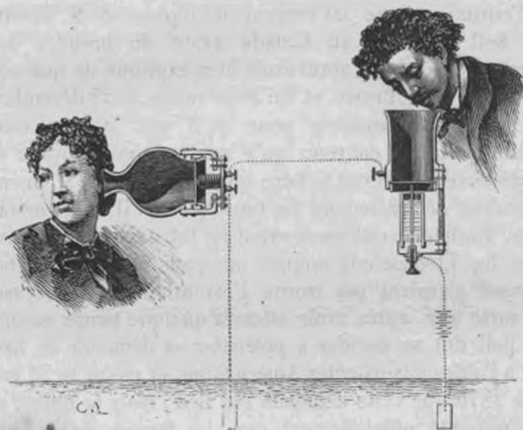


Fig. 22.

En résumé il a été démontré, dans les deux procès aujourd'hui terminés, que c'est bien M. Bell qui le premier a pu faire parler le téléphone, en lui appliquant des courants continus et ondulatoires, fonction des vibrations de la voix, et qu'il a résolu le problème, soit avec des courants induits résultant des vibrations mêmes de l'appareil transmetteur, soit par des variations de résistance d'un conducteur imparfait mis en rapport avec le circuit et résultant elles-mêmes des effets vibratoires.



Un fait assez curieux à rappeler ici, c'est que M. Yeates de Dublin avait, dès 1865, en essayant de perfectionner le téléphone de Reiss, réalisé en quelque sorte le transmetteur à liquide de MM. Bell et Gray, car il avait introduit entre les contacts de platine de l'appareil de Reiss une goutte d'eau, ce qui le rendait propre à la reproduction des sons articulés. Toutefois ce résultat ne fut pas alors observé.

EXAMEN DES PRINCIPES FONDAMENTAUX SUR LESQUELS REPOSE
LE TÉLÉPHONE DE M. BELL

Bien que l'histoire qui précède soit suffisant pour faire comprendre aux personnes initiées dans la science électrique le principe du téléphone de Bell, il pourrait bien ne pas en être de même pour la plupart des personnes auxquelles notre livre s'adresse, et nous croyons en conséquence devoir entrer dans quelques détails physiques sur l'origine des courants électriques qui sont en jeu dans les transmissions téléphoniques. Ces détails nous paraissent d'autant plus nécessaires qu'il est beaucoup de personnes qui croient encore que les téléphones de Bell ne sont pas électriques, parce qu'ils ne mettent pas une pile à contribution, et le plus souvent elles les confondent avec les téléphones à ficelle, s'étonnant de la différence de prix qui existe entre les appareils que l'on vend dans les rues et ceux que l'on vend chez les constructeurs.

Sans définir ici ce que c'est qu'un courant électrique, ce qui serait par trop élémentaire, nous pourrions dire que les courants électriques peuvent provenir de beaucoup d'effets divers, et qu'en dehors de ceux qui résultent des piles il en est d'aussi énergiques qui peuvent provenir d'une action exercée par des aimants sur un circuit conducteur convenablement combiné. Ces cou-

rants sont alors appelés *courants d'induction*, et ce sont eux qui sont en jeu dans les téléphones de Bell. Pour qu'on puisse comprendre comment ils se développent dans ces conditions, il sera nécessaire que nous examinions d'abord ce qui arrive quand, devant un circuit fermé, on avance ou l'on retire le pôle d'un aimant, et pour cela nous supposerons qu'un fil de cuivre sur lequel est interposé un galvanomètre est enroulé en cercle, et qu'on dirige vers le centre de ce cercle l'un des pôles d'un aimant permanent. Or, voici ce que l'on observera :

1^o Au moment où l'on approchera l'aimant, un courant électrique prendra naissance et fera dévier le galvanomètre d'un certain côté. Cette déviation sera d'autant plus grande que le mouvement accompli sera plus étendu, et la tension de ce courant sera d'autant plus élevée que le mouvement sera plus brusquement effectué. Ce courant, toutefois, ne sera jamais qu'instantané.

2^o Au moment où l'on éloignera l'aimant, un nouveau courant du même genre prendra naissance, mais il se manifestera en sens inverse du premier. Il sera ce que l'on appelle un *courant direct*, parce qu'il est de même sens que le courant magnétique de l'aimant qui lui donne naissance, tandis que l'autre courant sera dit *inverse*.

3^o Si, au lieu d'avancer ou de retirer l'aimant par l'effet d'un seul mouvement, on le fait avancer par saccades, on reconnaît qu'il se détermine une succession de courants dans le même sens dont la présence peut être constatée sur le galvanomètre, quand les mouvements sont suffisamment espacés, mais qui se confondent en se superposant quand ces espacements sont très faibles, et comme des effets inverses résultent des mouvements de l'aimant effectués dans un sens contraire, il arrive que l'aiguille du galvanomètre suit les mouvements de l'aimant et les stéréotype en quelque sorte.

4^o Naturellement, si, au lieu de réagir sur un simple

circuit fermé, l'aimant exerce son action sur un nombre considérable de circonvolutions de ce circuit, c'est-à-dire sur une bobine de fil enroulé, les effets seront considérablement augmentés, et ils le seront encore plus, si à l'intérieur de cette bobine se trouve un noyau magnétique, car l'action inductive s'effectuera alors de plus près et sur toutes les parties de la bobine. Comme le noyau magnétique, en s'aimantant ou en se désaimantant plus ou moins sous l'influence du rapprochement ou de l'éloignement de l'aimant inducteur subit le contre-coup de tous les accidents qui peuvent se manifester pendant le mouvement de cet aimant, les courants induits qui en résultent les accusent parfaitement.

5^e Au lieu d'admettre que l'aimant inducteur est mobile, on peut le supposer fixe au centre de la bobine, et l'on peut dès lors déterminer les courants induits dont nous avons parlé en modifiant son énergie. Il suffit pour cela de réagir sur ses pôles au moyen d'une armature de fer. Quand cette armature est approchée de l'un de ces pôles ou de tous les deux en même temps, il acquiert de l'énergie et produit un courant inverse, c'est-à-dire un courant dans le sens qui aurait correspondu à un rapprochement de l'aimant du circuit fermé. Quand elle s'éloigne, l'effet inverse se produit; mais, dans les deux cas, les courants induits sont en rapport avec l'étendue et le sens des mouvements accomplis par l'armature, et par conséquent ils peuvent reproduire par leurs effets les mouvements de cette armature. Or, si cette armature est une lame de fer et que cette lame vibre sous l'influence d'un son quelconque devant un système électromagnétique disposé comme il vient d'être dit plus haut, les allées et venues de cette lame se traduiront par des courants induits, plus ou moins forts, plus ou moins accidentés, suivant l'amplitude et la complexité des vibrations, mais qui seront *ondulatoires*, puisqu'ils résulteront toujours de mouvements successifs et continus.

et seront, par conséquent, dans les conditions voulues pour transmettre la parole, ainsi qu'on l'a vu précédemment.

Quant à l'action déterminée sur le récepteur, c'est-à-dire sur l'appareil qui reproduit la parole, elle est assez complexe, et nous aurons occasion de la discuter plus tard; mais, au premier abord, on peut la concevoir, si l'on considère que les effets produits par ces courants induits d'intensité variable qui traversent la bobine du système électro-magnétique doivent déterminer par les magnétisations et démagnétisations qui en résultent des vibrations plus ou moins amplifiées, plus ou moins accidentées de la lame armature, lesquelles représentent exactement celles de la lame devant laquelle on a parlé, mais qui n'en peuvent être qu'une réduction. Toutefois les effets sont par le fait plus compliqués, quoique se produisant dans des conditions analogues, et ce sont eux que nous discuterons plus tard quand nous en serons aux expériences faites avec le téléphone. Nous ferons observer néanmoins, dès maintenant, que pour ces reproductions de la parole, il n'est pas nécessaire que le noyau magnétique soit en fer doux, car les effets vibratoires peuvent résulter aussi bien d'aimantations différentielles que d'aimantations directes.

DISPOSITION ORDINAIRE DES TÉLÉPHONES BELL

La disposition la plus généralement employée pour les téléphones est celle que nous avons représentée figure 25. C'est une sorte de petite boîte circulaire en bois adaptée à l'extrémité d'un manche M, également de bois, qui renferme dans son intérieur le barreau aimanté NS. Ce barreau est fixé au moyen d'une vis *t*, et est disposé de manière à pouvoir être avancé ou reculé quand on serre ou l'on desserre la vis, condition nécessaire pour le ré-

glage de l'appareil. A l'extrémité libre du barreau est fixée la bobine magnétique B qui, d'après MM. Pollard et Garnier, doit, pour fournir le maximum d'effet, être construite avec du fil n° 42 et présenter un grand nombre de spires¹. Les bouts du fil de cette bobine aboutissent le plus généralement à l'extrémité inférieure du manche par deux tiges de cuivre *f, f*, qui traversent celui-ci dans sa longueur et viennent se relier à deux boutons d'attache I, I', où l'on fixe les fils C, C du circuit. Cependant, dans les appareils construits par M. Bréguet, il n'y a pas de boutons d'attache, et c'est une petite torsade

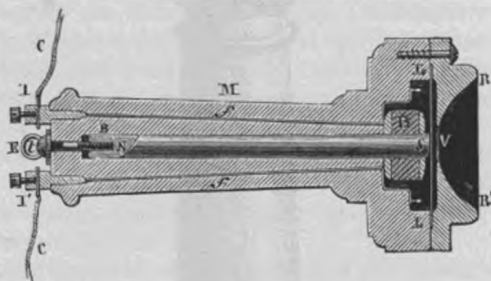


Fig. 25.

de deux fils flexibles recouverts de gutta-percha et de soie qui est fixée aux deux tiges ; un capuchon en bois se visse alors à l'extrémité du manche, et la torsade passe par un trou pratiqué dans ce capuchon ; de sorte que l'on n'est nullement gêné dans la manipulation de l'appareil. Des serre-fils adaptés aux extrémités des fils de la torsade permettent d'ailleurs de les réunir à ceux du circuit. La figure 24 représente cet appareil.

¹ M. Maiche, au contraire, préfère employer du gros fil ; mais il est évident que la grosseur et la longueur de ce fil doit dépendre de la résistance du circuit et de la nature des courants électriques transmis.

Dans une autre disposition, les fils de la bobine aboutissent directement à des boutons d'attache placés au-



Fig. 24.

dessous de la boîte de bois ; mais cette disposition est incommode.

Au-dessus de l'extrémité polaire du barreau aimanté est placée la lame vibrante en fer LL qui est recouverte

soit de vernis noir ou jaune, soit d'étain, soit d'un oxyde bleu, mais qui doit toujours être très mince. Cette lame a la forme d'un disque, et c'est par les bords de ce disque, appuyés sur une bague en caoutchouc, qu'elle est fixée fortement sur les bords circulaires de la boîte de bois, qui est à cet effet composée de deux parties. Ces parties s'ajustent l'une sur l'autre soit au moyen de vis, soit au moyen d'un pas de vis, ménagé à mi-épaisseur de bois. Cette lame doit être la plus rapprochée possible de l'extrémité polaire de l'aimant, mais pas assez pour que les vibrations de la voix déterminent le contact de ces deux pièces. Enfin, l'embouchure RR', figure 25, par laquelle on parle et qui a la forme d'un entonnoir très évasé, termine la partie supérieure de la boîte et doit être disposée de manière à laisser un certain vide entre la lame et les bords du trou V, qui est ouvert à son centre. La capacité intérieure de la boîte doit être calculée de manière à pouvoir jouer le rôle de caisse sonore, sans cependant provoquer d'échos et d'interférences de sons.

Quand l'appareil est bien exécuté, il peut produire des effets très accentués, et voici ce que m'écrivait à ce sujet, au commencement de l'année 1878, M. Pollard, qui est un des premiers qui se soit occupé en France de téléphonie :

« L'appareil que j'ai confectionné donne des résultats réellement étonnants : d'abord, au point de vue de la résistance, 5 ou 6 personnes introduites dans le circuit n'affaiblissent pas sensiblement l'intensité des sons. Quand on met un appareil sur chaque oreille, on a absolument la même sensation que si le correspondant parlait derrière vous à quelques mètres. L'intensité, la netteté, la pureté du timbre, sont irréprochables.

« Je puis parler à mon collègue à voix complètement basse, avec le souffle pour ainsi dire, et causer avec lui sans que des personnes placées à deux mètres de moi puissent saisir un seul mot de notre conversation.

« Au point de vue de la réception, lorsqu'on m'appelle en élevant la voix, j'entends cet appel de tous les points de mon bureau, du moins quand le silence y règne : dans tous les cas, lorsque je suis assis à ma table et que l'instrument est à quelques mètres de moi, je m'entends toujours appeler. Pour augmenter l'intensité des sons, j'adapte à l'embouchure un cornet en cuivre de forme conique, et dans ces conditions on entend, au bout de la ligne, parler dans mon bureau à 2 ou



Fig. 25.

5 mètres de l'embouchure : de ma place, à 1 mètre environ du cornet, je puis entendre et parler sans effort à mon collègue. »

Pour se servir du téléphone ordinaire de Bell, il faut parler nettement devant l'embouchure du téléphone qu'on tient à la main, pendant que l'auditeur placé à la station correspondante tient contre son oreille l'embouchure du téléphone récepteur. Ces deux appareils composent un circuit fermé avec les deux fils qui les relient,

mais un seul suffit pour réaliser complètement la transmission, si l'on a soin de mettre en communication les deux appareils avec la terre qui, de cette manière, tient lieu de second fil. M. Bourbouze prétend qu'en employant ce moyen, l'intensité des sons dans le téléphone est grandement augmentée; mais nous croyons que cette augmentation dépend des conditions du circuit, quoiqu'à



Fig. 26.

prétende qu'on puisse la constater sur un circuit ne dépassant pas 70 mètres.

Dans la pratique, il convient d'avoir à sa disposition deux téléphones à chaque station, afin d'en avoir un à l'oreille pendant qu'on parle dans l'autre, comme on le voit figure 25. On entend aussi beaucoup mieux quand on applique un téléphone contre chaque oreille. On tient alors les deux téléphones, comme on le voit figure 26. Afin d'éviter la fatigue des bras, on a disposé un modèle

qui les tient suspendus devant les oreilles au moyen d'une sangle à ressort qui entoure la tête.

Il y a du reste des différences considérables dans le pouvoir de transmission téléphonique des différentes voix. Suivant M. Preece, crier ne sert à rien : il faut, pour obtenir de bons résultats, que l'intonation soit claire, que l'articulation soit distincte, et que les sons émis se rapprochent le plus possible des sons musicaux.

J'ai entendu, dit-il, M. Wilmot, l'un des électriciens de l'administration des postes, sur des circuits à travers lesquels aucunes autres voix n'auraient pu se faire entendre. Les sons des voyelles viennent toujours le mieux, et parmi les autres lettres, *e*, *g*, *j*, *k*, *q*, sont toujours les plus mal répétées. L'oreille aussi demande à être exercée, et les facultés auditives varient d'une manière surprenante suivant les personnes. Le chant est toujours entendu avec une grande netteté, ainsi que les sons des instruments à vent et surtout ceux du cornet à piston, qui, de Londres, pourraient être entendus par des milliers de personnes à la fois à travers le large Corn Exchange de Basingstoke.

Suivant M. Rollo Russel, le circuit d'un téléphone n'aurait pas besoin d'isolation sur une longueur relativement petite ; ainsi avec un circuit de 418 mètres, on a pu employer un fil de cuivre nu déposé sur un gazon sans que les transmissions téléphoniques résultant d'une petite boîte à musique fussent annulées, mais à la condition que les deux fils ne fussent pas en contact. On a pu même obtenir des transmissions quand ce circuit était enterré dans de la terre mouillée sur une longueur de 30 mètres, ou immergé dans un puits sur une longueur de 40 mètres. La parole transmise dans ces conditions ne semblait même pas différente de ce qu'elle était quand le circuit était isolé.

Le téléphone peut se faire entendre simultanément à plusieurs auditeurs, soit en prenant sur les deux fils réu-

nissant les deux téléphones en correspondance (près du téléphone récepteur) des dérivations aboutissant à différents téléphones qui peuvent facilement être au nombre de 5 ou 6, sur les courts circuits, soit au moyen d'une petite caisse sonore fermée par deux membranes légères dont l'une est fixée sur la lame vibrante. En faisant aboutir à cette caisse un certain nombre de tubes acoustiques, plusieurs personnes pourraient, suivant M. Mac. Kendrick, entendre très distinctement.

On peut obtenir encore des auditions simultanées du téléphone en les interposant dans un même circuit, et les expériences faites à New-York ont montré qu'on pouvait ainsi en faire parler cinq échelonnés en différents points d'une ligne télégraphique. Dans des essais téléphoniques faits sur les lignes des écluses du département de l'Yonne, on a constaté que, sur un fil de 12 kilomètres où l'on avait placé à des distances différentes plusieurs téléphones, trois ou quatre personnes ont pu causer entre elles à travers ces téléphones, chacune entendant ce que disaient les autres. Les réponses et les demandes, tout en se croisant, restaient perceptibles. On a pu même, en plaçant un téléphone sur un second fil de 10 kilomètres éloigné du premier de 50 centimètres, et le suivant sur une longueur de 2 kilomètres seulement, saisir la conversation échangée sur l'autre fil. On pouvait même distinguer très bien les timbres des voix des deux interlocuteurs.

Depuis l'apparition du téléphone en Europe, beaucoup d'inventeurs prétendent être parvenus à faire parler un téléphone de manière qu'il soit entendu des différents points d'une vaste salle. Nous avons vu que M. Bell avait déjà obtenu ce résultat, et sous ce rapport on est arrivé dans ces derniers temps à des résultats qu'on prétend meilleurs. Mais ce qui est certain, c'est qu'un téléphone ordinaire peut parfaitement émettre des sons musicaux susceptibles d'être entendus dans une pièce assez grande,

tout en étant attaché à la muraille. On doit se rappeler les résultats obtenus par MM. Pollard et Garnier, lors des essais qu'ils firent à Cherbourg, en 1878, pour relier la digue à la préfecture maritime de cette ville.

La digue de Cherbourg est, comme on le sait, une sorte d'île factice créée de main d'homme devant cette ville pour constituer une rade. Les forts établis sur cette digue sont reliés par des câbles sous-marins au port militaire et à la préfecture maritime. Un jour qu'après des expériences faites dans le cabinet du préfet sur l'un de ces câbles, au moyen de téléphones, plusieurs des personnes présentes causaient ensemble dans la pièce, elles furent très étonnées d'entendre le clairon sonner la retraite, et les sons semblaient venir de l'un des points de la pièce. On cherche, et l'on reconnaît bientôt que c'est le téléphone pendu à la muraille qui se livrait à cet exercice. On s'informe, et l'on apprend que c'était un des expérimentateurs de la station de la digue qui avait fait la plaisanterie de sonner du clairon devant le téléphone de cette station. Or la digue est éloignée de Cherbourg de plus d'une lieue, et la préfecture maritime est au milieu de la ville. Les téléphones étaient pourtant construits grossièrement dans les ateliers du port de Cherbourg, ce qui prouve une fois de plus combien ces appareils exigent peu de précision pour fonctionner.

En dehors du modèle que nous avons décrit précédemment, M. Bell en avait fait construire de plus énergiques où il employait des aimants en fer à cheval réagissant sur le diaphragme par les deux pôles à la fois. Ils se présentaient alors sous la forme de la figure 27 : c'était le grand modèle Carré de Bell, et les appareils construits à Boston étaient remarquablement bons. On a copié ce modèle en France, et pendant quelque temps on en a vendu chez M. Roosevelt. Aujourd'hui on semble avoir abandonné cette forme, qui avait pourtant ses avantages, pour en prendre d'autres plus ou moins fantaisistes,

mais en somme c'est toujours la même chose. On a aussi cherché à en restreindre les dimensions en leur donnant la forme de tabatières, comme on le voit figure 28. Dans ce modèle l'aimant est contourné en spirale, afin de conserver sa longueur sous une forme ronde. Le pôle qui occupe la partie centrale de cette spirale est alors muni d'un noyau de fer, sur lequel est fixée la bobine d'induction, et le couvercle de la tabatière porte la lame vibrante ainsi que l'embouchure. Dans un autre modèle, dit *téléphone-miroir*, le dispositif précédent est adapté sur un manche comme la glace d'un miroir portatif, et, l'embouchure se présentant sur l'une des faces latérales, on parle avec cet instrument comme si l'on parlait devant un écran de cheminée.

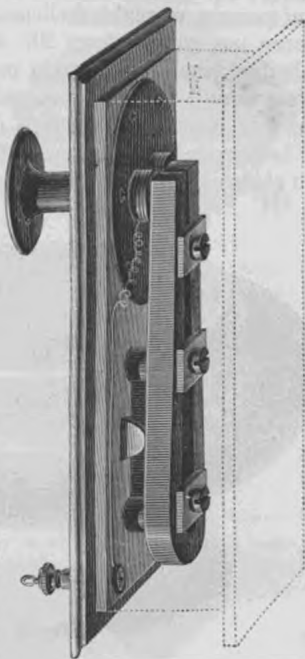


Fig. 27.

Parmi les constructeurs français qui exécutent le mieux les téléphones Bell, nous devons citer M. Trouvé, qui est arrivé à construire pour ses téléphones des aimants droits très puissants qui conservent admirablement leur magnétisme, et des boîtes de téléphones en bois durci de M. Lamy qui ne jouent pas plus que des boîtes métalliques. Nous représentons figure 29 le modèle qu'il a

adopté. Nous verrons plus tard qu'il a combiné encore d'autres modèles qui renferment en eux l'avertisseur et qui peuvent se régler facilement. Nous citerons encore parmi nos constructeurs MM. Gaiffe, Ducretet, Courtot, Aboilard, etc. M. Ducretet a même ajouté à la coque de ses appareils un sifflet pour provoquer les signaux d'appel à la manière des appareils de M. Siemens.

La réussite des téléphones Bell tient beaucoup plus au réglage qu'à la bonté des appareils, et, comme ce ré-



Fig. 28.

glage doit varier suivant les conditions d'installation de la ligne téléphonique, on ne doit pas être étonné que des téléphones achetés pour fournir des indications dans une maison ne soient pas susceptibles de donner de bons résultats quand on les applique sur une ligne d'une certaine longueur. La lettre suivante, que nous a adressée M. le colonel de Champvallier, met ce fait hors de doute et nous montre de plus que le téléphone, tel qu'il est aujourd'hui, est susceptible de nombreuses applications :

Vous savez peut-être, par une communication antérieure accueillie favorablement par l'Académie, et que vous avez reproduite en partie dans votre dernier ouvrage, que l'École d'artillerie de Clermont se sert couramment du téléphone Bell, non seulement pendant les écoles à feu, mais encore pour communiquer de mon bureau au champ de tir situé à 15 kilomètres.

Depuis plus d'un an, cette ligne téléphonique est installée, et les communications n'ont jamais été interrompues un seul instant.

Nous parlons à voix basse, et tout le monde se sert indistinctement de nos téléphones, sans jamais perdre un mot de son correspondant. Il est si facile de parler et d'entendre, que pendant l'hiver un sous-officier faisait chaque matin une dictée de deux pages au canonnier, assez illettré, qui garde notre poste à 1000 mètres d'altitude; celui-ci épelait tous les mots, et on a pu ainsi lui donner avec suc-

cès des leçons d'orthographe et même de prononciation. Or, la dictée et la répétition ne prennent jamais plus d'une demi-heure, juste le temps qu'il faudrait pour les mêmes opérations, si le maître et l'élève étaient dans la même pièce.

Chaque poste téléphonique comprend trois téléphones: un, muni d'un cornet de 30 centimètres de long pour parler, est placé dans une position invariable à 45°, sur la table; les deux autres téléphones, adaptés à un chapeau spécial qui les place de lui-même aux deux oreilles, permettent d'entendre au mi-



Fig. 29.

lieu du bruit et sans que les personnes placées dans le bureau téléphonique soient obligées d'interrompre leurs conversations. Les deux correspondants ont ainsi leurs mains libres.

Notre fil n'est pas seul sur les poteaux qui le supportent, et, tout en écoutant le correspondant téléphonique, on entend les dépêches Morse ou Hughes qui passent sur les fils voisins, **et même les dépêches téléphoniques échangées sur le fil qui relie l'observatoire du Puy-de-Dôme à l'observatoire de Clermont.**

Tous ces bruits étrangers nous gênent peu; j'ai même pu causer à *mi-voix* à 65 kilomètres, entre Saint-Germain-des-Fossés et Clermont, malgré un tic-tac très fort, produit par le passage des dépêches Morse continues sur plus de dix fils voisins.

Tous ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus dans la plupart des stations téléphoniques, où l'on a presque renoncé à l'usage de ce merveilleux instrument, parce qu'on trouve que, très nette et très sensible d'abord, l'audition devient par la suite difficile et irrégulière.

Le secret de notre succès, vous l'avez deviné, vient uniquement de notre méthode de réglage, et c'est là le but unique de ma communication.

Les téléphones ordinaires portent une vis de réglage que l'on est obligé de faire marcher avec un tourne-vis sans jamais savoir où l'on en est, et si même on ne force pas l'aimant contre la plaque vibrante en détériorant celle-ci, ce qui arrive fréquemment dans les stations qui, comme la nôtre, sont livrées à tous : habiles et maladroits ou ignorants.

Avec le concours d'un habile électricien amateur de Clermont, M. Chatard, nous avons remplacé la tête de la vis de réglage par un bouton moleté qui porte à la base de son axe une aiguille perpendiculaire à cet axe. Cette aiguille se meut à la surface d'un cercle de cuivre dont la circonférence est divisée en douze parties égales, portant les numéros 1, 2, 3, etc.

On commence par régler le téléphone en faisant lire sur le même ton son correspondant, et en tournant le bouton régulateur jusqu'au maximum de netteté de l'audition; si le téléphone ne doit servir qu'à entendre (ce qui est préférable dans un bureau bien installé), le téléphone se trouve réglé.

S'il doit servir uniquement à parler, on le règle par l'opé-

ration inverse, en lisant soi-même et en tournant à droite ou à gauche le bouton, jusqu'à ce que le correspondant vous avertisse que vous êtes arrivé au maximum de netteté dans la parole.

Si le téléphone doit servir à parler et à entendre, après l'avoir réglé des deux manières ci-dessus décrites, et noté les deux positions de l'aiguille sur la circonférence du limbe, positions toujours très voisines, mais différentes, on donne à la pointe de l'aiguille une position intermédiaire.

Quoi qu'il en soit, une fois le téléphone bien réglé, il faudra très peu éloigner ou rapprocher l'aimant de la plaque vibrante pour le régler à nouveau suivant la température, l'état électrique ou humide de l'air, la force d'aimantation changeante du barreau, etc. L'expérience nous a appris que, avec le pas de vis adopté par nous, une demi-circonférence parcourue par la pointe de l'aiguille à droite ou à gauche était toujours suffisante pour revenir à un réglage parfait.

Nous plaçons alors un arrêt sur la limite à 180° de la position de l'aiguille quand le téléphone est réglé pour la première fois, et nos plaques vibrantes se trouvent à l'abri de toutes les maladresses, volontaires ou non, des visiteurs et des indiscrets.

Chaque téléphone porte un numéro d'ordre, et sur un registre matricule ouvert *ad hoc*, vis-à-vis du numéro du téléphone, on inscrit dans une première colonne son point de réglage, c'est-à-dire la division où se trouve la pointe de l'aiguille.

Si le réglage doit être changé, ce qui est rare, on s'y décide après examen, et on l'inscrit dans la colonne suivante avec la date.

Grâce à ce procédé si simple, on peut livrer à tous et sans surveillance les téléphones, et on peut toujours, sans hésitation, replacer l'aimant à sa position sans tâtonnement. Tous ceux qui voudront, comme nous, employer le procédé précité, arriveront à se servir sans mécompte du merveilleux instrument inventé par M. Bell, le meilleur et le plus simple de tous, et qu'il est, selon moi, inutile de perfectionner, au moins pour les petites distances.

Que peut-on demander, en effet, de plus à un instrument que de transmettre à 15 ou 20 kilomètres la voix, avec son

timbre et sensiblement toute sa puissance, même quand on la fait entendre à la fois, comme je l'ai fait, à vingt personnes, en plaçant dans le même circuit vingt téléphones?

Pour avertisseur, nous employons tout simplement une sonnerie électrique avec pile. Bien que, en ajoutant un système convenable de cornets, nous puissions faire entendre dans toute une salle à 5 et 6 mètres des téléphones un commandement militaire, ou le son d'une trompette émis à 15 et même à 65 kilomètres, ce moyen d'avertir est peu pratique, et je préfère la sonnerie, même à la bobine Ruhmkorff, qui est difficile à régler par le premier venu.

M. Trouvé construit aujourd'hui des téléphones disposés comme l'indique M. de Champvallier, mais dont le cadran indicateur porte deux butoirs, pour qu'on reste toujours entre des limites convenables. M. Trouvé a remarqué, en effet, qu'on ne peut dépasser ces limites sans fausser la plaque ou sans déplacer la bobine sur l'aimant. Dans ces conditions, M. Trouvé a reconnu que ces appareils ont une supériorité très marquée, au point de vue du rendement, sur les téléphones Bell ordinaires.

De son côté, M. Dufourcet de Dax, qui s'est occupé un des premiers en France du téléphone, a publié dans le *Bulletin* de la Société de Borda à Dax¹, plusieurs mémoires intéressants desquels on peut déduire les conclusions suivantes, qui peuvent être utiles pour les constructeurs d'appareils :

1° Les appareils en correspondance doivent être accordés et avoir la même tonalité;

2° Les parois de la boîte sonore doivent être aussi minces que possible, et quand on emploie du bois, c'est le cèdre rouge qui donne les meilleurs effets;

3° Plus la distance est grande entre les deux postes correspondants, plus la plaque doit être serrée, plus l'aimant doit être rapproché de cette plaque; en d'autres

¹ Voir le *Bulletin* de l'année 1879 et de l'année 1881.

termes les téléphones doivent être accordés sur un ton dont l'élévation devra augmenter en raison directe de la distance ;

4^e La longueur et la section du fil de la bobine doivent, elles aussi, être proportionnées au parcours ;

5^e Plus la plaque vibrante est serrée, plus les sons sont aigus ; plus elle est lâche, plus ils sont graves ; plus l'aimant est près de la plaque, plus le ton est haut ; plus il est éloigné, plus les notes deviennent basses, plus aussi la sensibilité de l'appareil diminue.

MODIFICATIONS APORTÉES A LA CONSTRUCTION DES TÉLÉPHONES BELL.

Comme pour toutes les découvertes importantes, le téléphone de M. G. Bell a été, depuis son introduction en Europe, l'objet d'une foule de recherches faites en vue de le perfectionner ; mais l'auteur l'avait conduit lui-même à un si haut degré de perfection, qu'il n'a guère laissé de latitude pour les chercheurs. Néanmoins on a donné à l'appareil des dispositions très différentes dont plusieurs ont eu un réel succès, et ce sont de ces dispositions dont nous allons maintenant nous occuper.

Système Siemens. — L'une des dispositions les plus importantes est celle qu'a combinée M. Siemens, et qui permet de se servir du téléphone lui-même comme d'avertisseur. Bien que comme disposition l'appareil ne présente rien de nouveau, il est remarquable par la puissance des sons qu'il émet, et c'est lui qui est appliqué le plus souvent à la guerre et à la marine. On a pu en voir de nombreux modèles à l'Exposition d'électricité de 1881. Ils ont la forme adoptée par M. Bell, mais ils sont de grandes dimensions et assez lourds, ce qui tient à ce que les aimants employés sont toujours en fer à cheval et sont renfermés dans le manche. Nous représentons cette

disposition figure 50. HII est l'aimant dont nous venons de parler; il ressemble, comme on le voit, à un aimant

Hughes dont les noyaux polaires u^1, u^2 sont placés à l'intérieur des branches et portent en s^1, s^2 les bobines électro-magnétiques. Cet aimant, au moyen de deux traverses XX et d'une excentrique y , peut être élevé ou abaissé par rapport au diaphragme PP, et les fils des bobines aboutissent aux bornes d'attache $K^1 K^2$ fixées sur la boîte de bois UU, qui soutient l'embouchure VV du téléphone.

L'avertisseur consiste dans un sifflet Q vissé sur l'orifice du téléphone et disposé de manière qu'une tige fixée à l'ancre du sifflet appuie sur le diaphragme PP. Quand on veut appeler, il suffit de souffler dans ce sifflet, et immédiatement les vibrations de l'ancre se trouvant communiquées au diaphragme PP, lui font déterminer des courants induits assez forts pour réagir sur le récepteur téléphonique mis en corres-

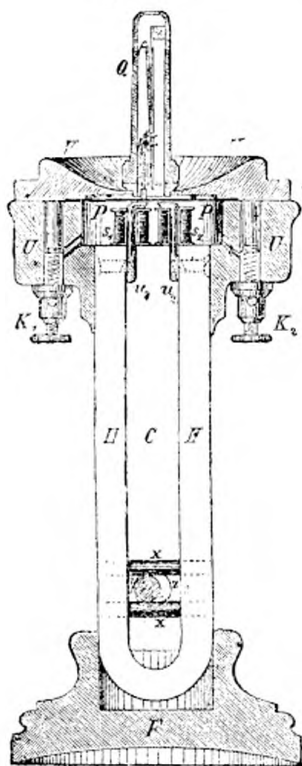


Fig. 50.

pondance avec cet appareil, et lui faire produire un appel susceptible d'être entendu d'assez loin. Quand on veut parler avec l'appareil, on dévisse le sifflet Q, et l'on se

trouve en possession d'un excellent téléphone ordinaire. L'appareil peut d'ailleurs être soutenu dans un pied F, dans lequel est introduite la partie recourbée de l'aimant en fer à cheval. Le plus souvent l'aimant est enveloppé entièrement dans un manche de carton comme dans les téléphones ordinaires. Ces appareils sont du reste admirablement construits.

D'après M. Zetzche l'oreille peut, au moyen de ce téléphone, comprendre la parole à une assez grande distance de l'embouchure V, et la bouche de celui qui parle a pu, au cours des expériences qui ont été faites avec ce téléphone au Polytechnicon de Dresde (même avec une résistance de 5000 unités Siemens dans le circuit induit), être éloignée d'un mètre; ce n'est que quand l'éloignement de la bouche a atteint deux mètres, que la parole n'a plus été compréhensible.

Système Gower. — Ce système, dont on a beaucoup parlé à une certaine époque, et qui avait été la base de l'organisation du système téléphonique du bureau central de la Compagnie des téléphones de la rue des Petits-Champs, à Paris, se faisait remarquer par la puissance des sons qu'il émettait, et certains modèles de ces appareils ont pu faire entendre la reproduction de la parole dans une vaste enceinte, comme la salle des Séances de l'Institut et celle de la Société d'encouragement, sans la présence d'aucune pile. Malheureusement la construction de ces appareils est assez délicate et on n'a pu en construire que peu de modèles aussi parfaits. On a reconnu d'un autre côté que, si le développement des sons était plus considérable dans cet appareil que dans plusieurs autres, la parole était moins nette et était accompagnée d'un timbre métallique très prononcé. C'est ce qui fait que la vogue a un peu abandonné en France ces appareils, bien que dans certains pays on en soit très satisfait, surtout depuis qu'on leur a appliqué des transmetteurs microphoniques.

Dans ce système, l'amplification des sons est due à ce que M. Gower a augmenté considérablement le diamètre du diaphragme, et à ce qu'il l'a assez solidement fixé par ses bords pour qu'il soit capable d'émettre par lui-même un son fondamental assez prononcé. Ce diaphragme est d'ailleurs d'une épaisseur plus grande que les plaques dont on se sert ordinairement, et étant fixé dans une boîte métallique sonore comme la caisse d'un tambour, on a pu obtenir ainsi une sorte de résonateur qui amplifie

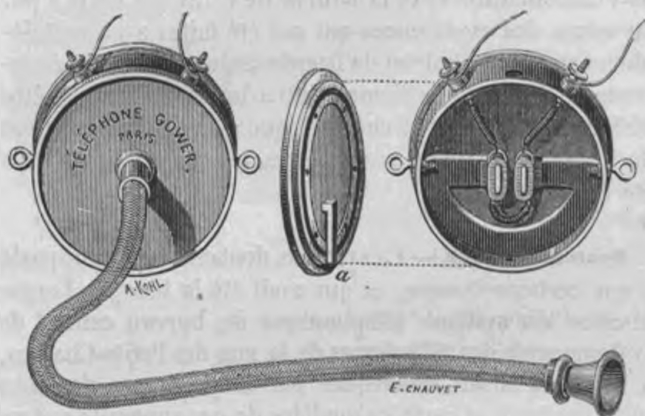


Fig. 51.

Fig. 52.

Fig. 53.

considérablement les sons. M. Gower a aussi donné à l'aimant une forme particulière dans laquelle les deux pôles se trouvent placés l'un vis-à-vis de l'autre, comme dans le système d'électro-aimant de Faraday. Les figures 51, 52 et 53 peuvent, du reste, donner une idée complète de cet appareil.

L'aimant a été construit avec beaucoup de soin et possède une force assez considérable pour porter 5 kilogrammes; il est disposé au fond de la boîte cylindrique, et ses pôles, terminés par des noyaux de fer oblongs,

entourés d'hélices de fil très fin, se trouvent placés au centre du diaphragme.

Nous représentons (fig. 55) la disposition de cet aimant dont les pôles, munis de leurs bobines, se voient au centre de la figure.

L'avertisseur est constitué, du moins pour le poste de transmission, par une ouverture pratiquée dans le diaphragme et derrière laquelle se trouve fixée par une équerre *a* (fig. 52) une anche d'harmonium. Pour le faire fonctionner, on adapte à l'embouchure de l'appareil un tube acoustique. Quand on souffle dans ce tube, l'anche est mise en vibration, et cette vibration, étant communiquée directement au diaphragme du téléphone, lui fait produire des courants induits assez énergiques pour fournir sur l'appareil récepteur un son relativement fort, qui ressemble assez à l'appel des cors des tramways. Pour obtenir la transmission de la parole, il suffit de parler devant l'embouchure du tuyau acoustique, comme on le fait dans les systèmes ordinaires.

La figure 51 représente cette disposition, et la figure 52 toute la partie correspondante au diaphragme.

L'appareil peut, du reste, être combiné de manière à reproduire la parole à haute voix, ou simplement à voix basse comme dans les systèmes ordinaires. Quand il doit reproduire la parole à haute voix, l'embouchure de l'appareil récepteur doit être munie d'un porte-voix, comme dans le phonographe d'Edison, et il faut parler dans le transmetteur, en appliquant la bouche contre l'embouchure du tuyau acoustique; naturellement, la parole doit être alors exprimée sur un ton très élevé.

Quand l'appareil doit servir de téléphone ordinaire, on substitue au porte-voix du récepteur un tuyau acoustique que l'on place contre l'oreille; alors les paroles prononcées à voix très basse dans le transmetteur sont entendues avec une certaine amplification; on peut même, si l'appareil est muni du porte-voix dont il a été question,

entendre les paroles prononcées à voix ordinaire à plus de 12 mètres de l'appareil transmetteur, comme cela a eu lieu à la Société d'encouragement. Mais peu de modèles sont susceptibles de produire ces effets, et on conserve comme une curiosité ceux qui ont produit tous les effets que nous avons signalés. Avec ces appareils, j'ai pu être témoin de ce résultat curieux : échanger une conversation sans se déranger de son fauteuil, l'appareil étant placé à plusieurs mètres. Dans ce cas, par exemple, il fallait que le correspondant parlât et écoutât dans le tube acoustique adapté à l'appareil.

Le téléphone Gower, combiné à un transmetteur microphonique dont nous parlerons plus tard, a formé le système *Gower-Bell*, qui a donné de très bons résultats et qui est exploité par une Compagnie anglaise qui porte ce nom. C'est lui qui est employé en Espagne, en Égypte et dans plusieurs pays.

Système de M. Ader. — Afin de rendre le récepteur téléphonique de M. Bell plus puissant, M. Ader a cherché à surexciter les effets magnétiques par la réaction d'une armature de fer, et voici une expérience qui montre bien les effets avantageux que l'on peut obtenir de ce genre de réaction.

Supposons que devant les pôles d'un aimant en fer à cheval NS (fig. 54) soit appuyée, contre deux colonnettes CC, une lame de ressort LL suffisamment distante des pôles NS pour ne pas être attirée : si l'on approche de cette lame LL une armature massive de fer A, on voit aussitôt la lame LL attirée par l'aimant, et celle-ci revient à sa position normale aussitôt qu'on éloigne l'armature. Il s'est donc produit sous l'influence de l'armature A une surexcitation de l'aimant qui l'a rendu apte à attirer la lame. Comment cette action se manifeste-t-elle?... c'est ce que nous allons chercher d'expliquer.

On sait que les conditions de maximum de force des aimants dans les réactions échangées entre eux et leurs

armatures, comportent, eu égard à leurs dimensions respectives, l'égalité de masse entre ces deux organes. Conséquemment, la lame LL agissant seule, a une masse trop petite pour utiliser complètement le magnétisme de l'aimant, et l'armature A étant plus massive, doit produire une réaction plus forte ; mais si l'on considère que la lame LL étant intermédiaire entre l'armature A et l'aimant pourrait, jusqu'à un certain point, servir d'écran

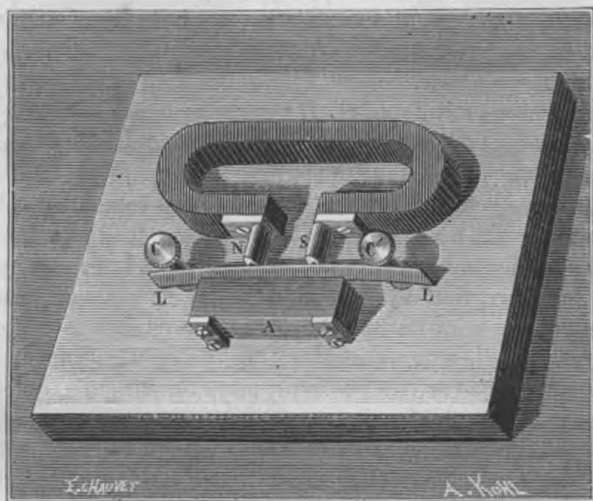


Fig. 34.

dans la réaction échangée entre ces deux pièces magnétiques, il y a lieu d'examiner comment se trouve alors distribué le magnétisme sur la lame. Dans les conditions ordinaires, avec une lame épaisse, l'effet inverse à celui constaté précédemment devrait évidemment être produit, car il aurait dû se développer entre l'armature A et la lame des polarités de noms contraires. Mais dans les conditions dont il est question, les polarités développés sur

la lame LL en face des pôles NS étant de noms contraires à ces pôles et pénétrant la lame de part en part, en raison de son peu d'épaisseur, ne peuvent s'opposer à ce que les polarités développées sur l'armature A, du côté de NS, soient différentes de ce qu'elles seraient sans l'intervention de la lame LL¹. Il en résulte donc que de ce côté on a en présence des polarités de même nom qui tendent à exercer une répulsion et à augmenter, par suite, l'effet produit du côté opposé. Avec ce système il y a donc non seulement surexcitation produite par l'accroissement de la masse de l'armature, mais encore tendance à faciliter les mouvements vibratoires par la disposition des polarités développées. Tel est le principe sur lequel M. Ader a établi son récepteur téléphonique, dont nous donnons les dessins et les coupes (fig. 55).

Dans ce système, l'aimant est circulaire comme dans le *ponny-Crown* de Phelps, mais on utilise les deux pôles magnétiques auxquels on adapte des appendices polaires en fer doux, tout à fait oblongs, et sur lesquels on place des bobines à fil fin BB. Ces bobines occupent le centre d'une petite caisse résonnante circulaire MM fermée par le diaphragme, et c'est au-dessus de ce diaphragme, qu'est placée l'armature excitatrice constituée par un anneau de fer doux XX logé à la base de l'embouchure E. Cette embouchure est en ébonite, et toutes les pièces métalliques sont nickelées. Dans les deux figures du dessous, on voit, à gauche, les deux pôles oblongs de l'aimant vus par-dessus, et, à droite, le diaphragme avec l'anneau de fer X qui le surmonte.

Ce sont ces appareils qui sont aujourd'hui les plus recherchés, et ce sont eux qui ont servi à l'audition des

¹ Si on étudie le fantôme magnétique d'un pareil système avec ou sans lame interposée, on trouve exactement la même disposition des lignes de force magnétique, ce qui prouve bien qu'elles traversent la lame.

représentations théâtrales que l'on a organisées à l'Exposition, au Ministère des postes et des télégraphes, et chez le Président de la République. Ils peuvent parfaitement fonctionner comme les télégraphes Bell sans aucun transmetteur microphonique; cependant c'est avec un trans-

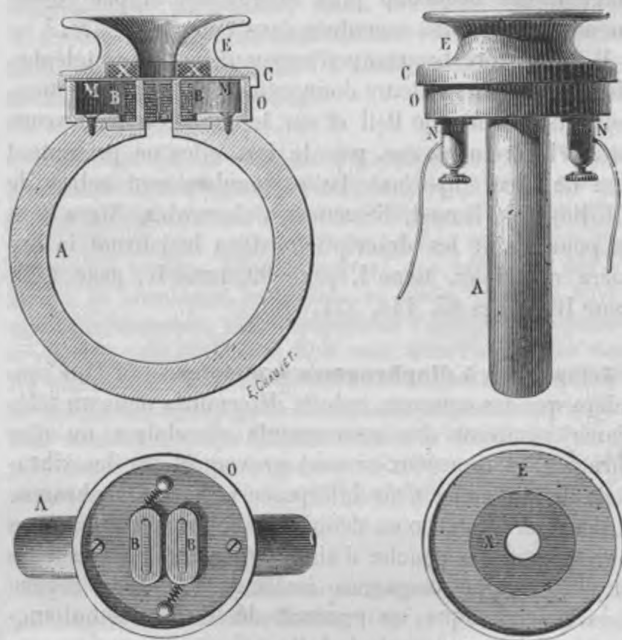


Fig. 53.

metteur de ce genre, combiné par M. Ader, qu'ils fournissent les meilleurs résultats.

Système de M. Muller. — Nous devons aussi mentionner une disposition téléphonique combinée pour la première fois par M. Muller de Breslau qui, pour donner au téléphone plus de sensibilité, a adapté au centre de la plaque vibrante un petit noyau de fer entrant dans une

bobine particulière placée au-dessus de celle du noyau magnétique lui-même. Les fils des deux bobines sont réunis par un de leurs bouts, mais le courant y circule de manière à déterminer sur les deux noyaux magnétiques des polarités contraires; d'où il résulte des effets magnétiques beaucoup plus énergiques et par conséquent des sons plus accentués dans l'appareil.

Il y a encore beaucoup d'autres dispositions téléphoniques que leurs auteurs donnent comme des perfectionnements de celle de Bell et sur lesquelles nous devons passer légèrement, car, par le fait, elles ne présentent rien de bien important. De ce nombre sont celles de MM. Hopkins, Russel, Sasserath, Ochorowicz, Nigra dont on pourra voir les descriptions dans le journal la *Lumière électrique*, tome I, page 99, tome II, page 217; tome III, pages 65, 144, 221.

Téléphones à diaphragmes multiples. — Si l'on considère que les courants induits déterminés dans un téléphone résultent des mouvements vibratoires du diaphragme, et que ceux-ci sont provoqués par les vibrations de la couche d'air interposée entre ce diaphragme et l'organe vocal, on en déduit naturellement que, si ces vibrations de la couche d'air réagissaient sur plusieurs diaphragmes accompagnés isolément de leur organe électro-magnétique, on pourrait déterminer simultanément plusieurs courants induits qui, étant associés convenablement, pourraient fournir des effets d'autant plus intenses sur le récepteur que les sons qui seraient engendrés résulteraient de plusieurs sources sonores combinées. Plusieurs inventeurs, en partant de ce raisonnement, ont combiné des appareils plus ou moins ingénieux que nous allons maintenant passer en revue, sans pouvoir cependant indiquer celui qui le premier a réalisé cette idée. Elle est, en effet, tellement simple, qu'elle est venue vraisemblablement à l'esprit de plusieurs inven-

teurs au même moment, et nous voyons que, tandis que M. Trouvé indiquait en France, au mois de novembre 1877, ce perfectionnement, on le mettait en essai en Amérique, et on le discutait en Angleterre, et même on ne le regardait pas, dans ce dernier pays, comme appelé à donner des résultats favorables; voici, en effet, ce que dit M. Preece à cet égard, dans un mémoire publié par lui le 4 avril 1878, et intitulé : *On some physical points connected with the telephone* :

Tous ceux qui se sont occupés de perfectionner le téléphone n'ont éprouvé que des désappointements et des insuccès désespérants. Un des premiers essais de ce genre fut entrepris par M. Wilmot, qui pensait obtenir un bon résultat en augmentant le nombre des diaphragmes, des hélices et des aimants, en réunissant les hélices en séries et en les faisant agir simultanément, afin d'augmenter l'énergie des courants développés sous l'influence de la voix; mais l'expérience montra que lorsque l'appareil agissait directement, l'effet vibratoire de chacun des diaphragmes décroissait proportionnellement à leur nombre, et l'effet général restait le même qu'avec un seul diaphragme. L'instrument de M. Wilmot a été construit au commencement d'octobre 1877, et celui de M. Trouvé n'en est qu'une dérivation.

D'un autre côté, nous voyons que si, en Angleterre, les téléphones à membranes multiples n'ont pas produit de bons résultats, il n'en a pas été de même en Amérique, car ces téléphones avaient fourni dans ce pays de bons résultats, avec les dispositions que leur avaient données MM. Elisha Gray et Phelps. Il y a évidemment dans la disposition de ces appareils des détails de construction qui peuvent paraître insignifiants théoriquement, et qui ont pourtant une grande importance au point de vue pratique, et nous croyons que c'est surtout à cette circonstance que les appareils de ce genre doivent leur réussite ou leur non-réussite. Ainsi, par

exemple, il paraît que les vibrations de l'air, déterminées dans l'embouchure, doivent être dirigées sur les diaphragmes normalement à leur surface et par l'intermédiaire de canaux distincts; il faut que les espaces vides autour des diaphragmes soient assez étroits, afin d'éviter les échos et les interférences, à moins que la caisse ne soit assez grande pour que ces effets ne soient pas à craindre. Il faut surtout que les matières employées pour la fixation des organes ne soient pas susceptibles de jouer, et c'est pour cela qu'on emploie de préférence le fer ou l'ébonite. Ce qui paraît certain, c'est que, quand l'appareil est bien construit, il donne des effets supérieurs aux téléphones Bell, et, s'il faut en croire le *Telegraphic Journal*, un appareil de ce genre, expérimenté devant la Société royale de Londres, le 1^{er} mai 1878, aurait déterminé des effets d'une intensité proportionnelle au nombre des diaphragmes. Cet appareil avait été combiné par M. Cox Walker de York, en Angleterre, et possédait huit diaphragmes. C'est, d'après lui, la disposition qui donne les meilleurs résultats.

Système de M. Elisha Gray.— Le dernier système de M. Elisha Gray, que nous représentons figure 56, est un de ceux qui avaient donné les meilleurs effets. Il est constitué, comme on le voit, par deux téléphones juxtaposés auxquels correspondent deux tuyaux V, issus d'une embouchure commune E. L'un de ces téléphones est vu en coupe sur la figure, l'autre en élévation, et ils correspondent aux deux branches d'un aimant en fer à cheval nickelé NUS, qui peut servir d'anneau pour le suspendre. Dans le côté de la figure qui montre la coupe, on peut voir en B la bobine d'induction et en A le noyau magnétique qui est en fer doux et vissé sur l'extrémité polaire S de l'aimant; la lame vibrante est en LL, et, comme on le voit, le tuyau de l'embouchure y aboutit normalement à sa surface.

Dans un autre modèle, il existe quatre téléphones juxtaposés au lieu de deux, et il donnait des effets encore plus marqués.

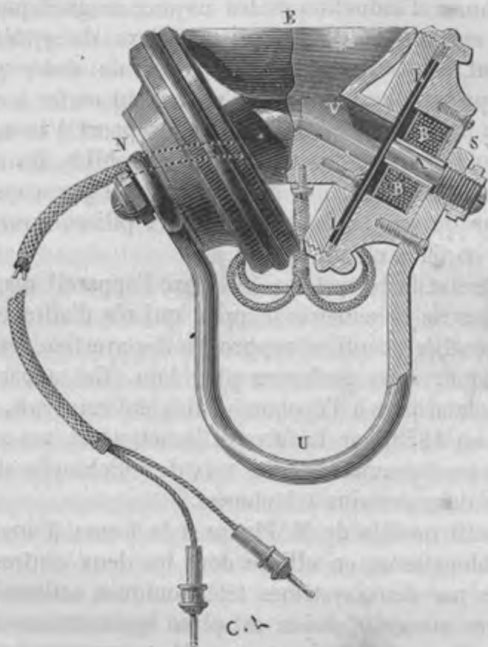


Fig. 36.

Système de M. Phelps. — Ce système n'est qu'une dérivation du précédent, mais il y a deux modèles : dans le grand, qui permet d'entendre comme si la personne avec laquelle vous entrez en correspondance parlait à haute voix et de très près, les deux téléphones sont placés parallèlement l'un devant l'autre et de manière à présenter verticalement leur diaphragme. L'intervalle compris entre ces deux lames est occupé par un tuyau vertical terminé inférieurement par un tuyau horizontal corres-

pendant aux centres des deux diaphragmes, et c'est sur ce tuyau qu'est adaptée l'embouchure qui ressort extérieurement de la boîte carrée où est renfermé l'appareil. Les bobines d'induction et les noyaux magnétiques qui les traversent sont placés suivant l'axe du système et semblent constituer une sorte d'axe de roue qui se trouve polarisé par les pôles d'un aimant en fer à cheval dont on peut régler la position, par rapport à la surface des diaphragmes, au moyen d'écrous mobiles. On dirait, en voyant l'appareil, une sorte de tore de giroscope soutenu par un axe horizontal sur deux piliers issus d'un aimant en fer à cheval aplati.

Au-dessus de ce système se trouve l'appareil magnéto-électrique de la sonnerie d'appel, qui n'a d'ailleurs rien de particulier et qui se rapproche des avertisseurs Allemands dont nous parlerons plus loin. Cet appareil se faisait remarquer à l'époque où il a été construit, c'est-à-dire, en 1878, par la force et la netteté de ses sons et surtout par l'absence de cette voix de Polichinelle si désagréable dans certains téléphones.

Le petit modèle de M. Phelps a la forme d'une tabatière oblongue ou en ellipse dont les deux centres sont occupés par deux systèmes téléphoniques actionnés par un même aimant. Celui-ci est placé horizontalement au-dessous de la tabatière, et ses pôles correspondent aux noyaux magnétiques des bobines. Ces noyaux sont constitués par des tubes de fer fendus longitudinalement pour faire disparaître les réactions d'induction insolites, et les diaphragmes de fer sont appuyés sur cinq ressorts à boudin qui tendent à les soulever au-dessus du système magnétique. Du côté opposé, ces diaphragmes sont munis de bagues en matière semi-élastique, qui empêchent les vibrations centrales des lames de se compliquer de celles des bords. Sur ces lames est ensuite appliqué le couvercle qui est creusé de cavités très évasées et peu profondes, avec couloirs de communication, qui con-

stituent la caisse sonore. L'embouchure correspond à l'une des cavités, et l'autre est fermée par un petit bouchon métallique que l'on retire pour régler l'appareil quand besoin en est. Les vibrations de l'air se trouvant transmises par les couloirs aux deux cavités, les deux téléphones fonctionnent simultanément, quoique, à première vue, un seul des téléphones semble être appelé à produire l'effet.

Suivant M. Pope, la perfection de cet appareil tient à la simultanéité des effets produits sur les deux appareils, à la petite bague semi-élastique qui circonscrit les contours de chaque lame vibrante et qui joue le rôle du marteau de l'oreille, c'est-à-dire celui d'étouffoir, aux fentes longitudinales du noyau tubulaire magnétique et à la petitesse des cavités laissées au-dessus des lames vibrantes. L'appareil est d'ailleurs en ébonite et strié sur sa surface pour lui donner plus de fixité dans la main.

Dans un nouveau modèle de M. Phelps dit *téléphone à couronne* qui a été employé en Amérique avec le concours du transmetteur à charbon de M. Edison, chacun des deux systèmes du grand modèle que nous avons décrit précédemment est animé par six aimants en fer à cheval rayonnant autour du noyau magnétique et disposés de manière que les pôles nord, par exemple, correspondent à ce noyau et les autres pôles au bord circulaire du diaphragme. Par ce moyen, le champ magnétique est considérablement amplifié et les sons notablement renforcés. C'est un bon système, mais la pratique a démontré qu'il pouvait être considérablement simplifié, et aujourd'hui il a été remplacé par ce qu'on a appelé le *ponny Crown* qui ne met plus à contribution qu'un seul aimant; encore celui-ci, au lieu de réagir sur le diaphragme par son pôle libre, ne fait que constituer un simple crochet pour suspendre l'instrument. Nous en donnons une représentation figure 57. On voit en C le noyau de fer fixé au pôle actif de l'aimant circulaire et qui est

entouré d'une hélice de fil fin H. Le diaphragme est en P, et la caisse résonnante paraît plus développée que dans les autres systèmes.

Dans des expériences faites avec le premier de ces instruments en 1878, à l'église du docteur Well à Brooklin.

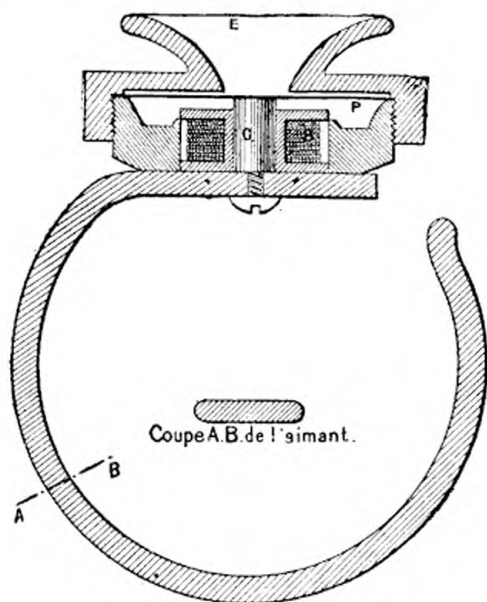


Fig. 57.

à New-York, une assemblée de trois cents personnes a pu entendre distinctement, dit-on, la parole et la musique vocale ou instrumentale en différents points de la salle.

Système de M. Cox Walker. — Ce système, dont nous avons dit précédemment quelques mots, a à peu près la disposition de celui de M. Elisha Gray. Les aimants qui agissent sur les diaphragmes sont en fer à cheval, et des

conduits séparés, issus d'une embouchure commune, dirigent les vibrations de l'air sur les diaphragmes. Ceux-ci, par exemple, sont découpés de manière à correspondre, chacun, à deux pôles de noms contraires, et les aimants sont disposés de manière que les pôles voisins soient de même nom, pour que les deux diaphragmes contigus présentent d'un même côté la même polarité.

Système de M. Trouvé. — M. Trouvé a rendu très simple la disposition des téléphones à double diaphragme, en combinant son appareil de manière à faire réagir sur

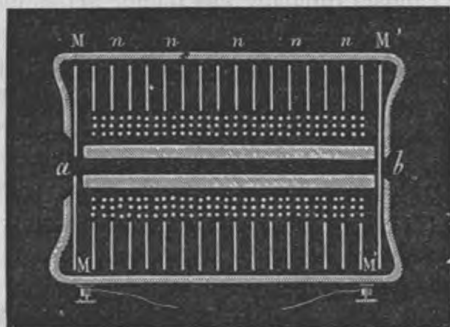


Fig. 58.

plusieurs lames l'aimant droit de Bell par ses deux pôles à la fois. A cet effet, il emploie un aimant tubulaire et enroule l'hélice sur toute sa longueur, comme on le voit figure 58. Cet aimant est maintenu dans une position fixe au centre d'une petite boîte cylindrique dont les bases sont taillées de manière à former légèrement entonnoir, et ce sont elles qui servent d'embouchure et de cornet acoustique. Elles sont en conséquence percées d'un trou central plus large en *a*, du côté où l'on parle, que du côté opposé *b*. Entre ces bases et les pôles de l'aimant, sont disposées deux lames vibrantes en fer *M*, *M'*, dont

L'une, M, est percée d'un trou *a*, de même diamètre que la partie creuse de l'aimant et plus petit par conséquent que celui de l'embouchure. Enfin entre ces deux lames, se trouvent échelonnées plusieurs autres lames *n, n, n*, disposées parallèlement de manière à laisser passer au travers l'aimant et son hélice.

Quand on parle devant l'embouchure *a*, les ondes sonores, en rencontrant les bords de la lame M, la mettent en vibration, et, continuant leur route dans l'intérieur du tube aimant, viennent faire vibrer la lame pleine M' qui vibre alors synchroniquement avec la lame M. Il en résulte sur l'aimant tubulaire une double action inductrice qui se traduit par des courants induits développés dans l'hélice, et qui sont d'autant plus énergiques, que chacune des lames renforce les effets magnétiques produits au pôle opposé à celui qu'elles actionnent, comme cela a toujours lieu avec les aimants droits dont le pôle inactif est garni d'une armature. Cet avantage peut même être constaté avec les téléphones ordinaires, quand on met seulement la vis qui tient l'aimant en contact avec une masse de fer doux.

Avec la disposition de M. Trouvé, les courants induits déterminés sont donc plus énergiques; mais, suivant l'auteur, les sons reproduits seraient aussi plus forts par la multiplicité des effets vibratoires et par l'amplification des effets magnétiques résultant de la disposition plus avantageuse des pièces magnétiques.

L'oreille placée en *a*, dit M. Trouvé, perçoit directement les sons produits par la première lame M, et ceux de la seconde lui arrivent par l'intérieur du tube aimant. Cette nouvelle disposition est des plus heureuses pour comparer expérimentalement les résultats fournis par un téléphone à membrane unique (téléphone Bell), et ceux fournis par un téléphone à membranes multiples. En effet, il suffit d'écouter alternativement aux deux faces de ce téléphone pour s'apercevoir immédiatement de la différence d'intensité des sons perçus. Ceux recueillis en *a*, du

côté de la membrane percée, paraissent sensiblement doubles en intensité de ceux recueillis en *b* du côté de la membrane pleine qui constitue le téléphone ordinaire.

La différence est encore plus frappante, si, en transmettant ou recevant un son invariable d'intensité à travers un téléphone multiple, on empêche à plusieurs reprises la membrane pleine *M'* de vibrer.

Avant cette disposition, M. Trouvé en avait imaginé une autre qu'il présenta à l'Académie des sciences le 26 novembre 1877, et qui est celle à laquelle nous avons fait allusion au commencement de ce chapitre. Il la décrit en ces termes :

Pour augmenter l'intensité des effets produits dans le téléphone Bell, j'ai substitué à la membrane unique de ce téléphone une chambre cubique dont chaque face, à l'exception d'une, est constituée par une membrane vibrante. Chacune de ces membranes, mise en vibration par le même son, influence un aimant fixe également muni d'un circuit électrique. De cette façon, en associant tous les courants engendrés par ces aimants, on obtient une intensité unique qui croît proportionnellement au nombre des aimants influencés. On peut remplacer le cube par un polyèdre dont les faces seraient formées d'un nombre indéfini de membranes vibrantes, afin d'obtenir l'intensité voulue.

Système de M. Demoget. — Plusieurs autres systèmes de téléphones à membranes multiples ont encore été proposés.

L'un d'eux, imaginé par M. Demoget, consiste à placer en avant et à un millimètre de la plaque vibrante du téléphone ordinaire de Bell, une ou deux plaques vibrantes semblables, en ayant soin de percer dans la première et au centre un orifice circulaire d'un diamètre égal à celui du barreau aimanté, et dans la seconde un orifice d'un diamètre plus grand.

Suivant l'auteur, on augmente ainsi non seulement l'intensité des sons transmis, mais encore leur netteté.

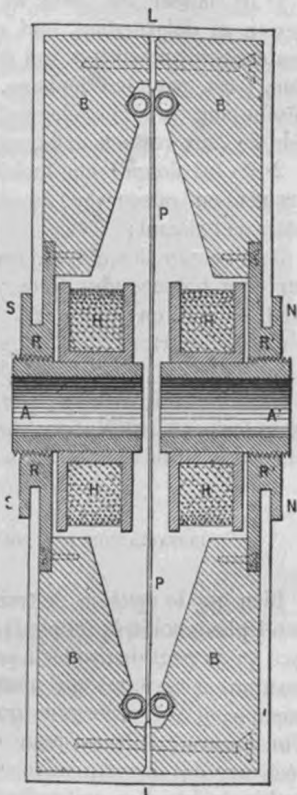
Par cette disposition, dit M. Demogét, la masse vibrante magnétique en regard de l'aimant étant plus grande, la force électro-motrice des courants engendrés est augmentée, et par conséquent les vibrations des plaques du deuxième téléphone sont plus perceptibles.

Système de M. Mac Tighe. — Dans ce téléphone, qui est à diaphragmes multiples, l'aimant est en fer à cheval, et les bobines, au lieu d'être placées sur les pôles de cet aimant, sont remplacées par une bobine unique fixée sur un noyau de fer qui est interposé entre de larges appendices polaires adaptés aux deux pôles de l'aimant. Ces appendices sont constitués par des lames minces qui jouent le rôle de lames vibrantes.

Téléphone de M. de Sars. — Dès la première année de l'introduction du téléphone en France, plusieurs inventeurs, entre autres MM. Fichet et d'Arsonval, eurent l'idée de renforcer les effets téléphoniques en faisant réagir sur le diaphragme téléphonique les deux pôles de l'aimant inducteur. J'ai parlé d'un système de ce genre dans la première édition de cet ouvrage page 115. Depuis, M. de Sars a donné suite à cette idée et a combiné un système que nous représentons figure 59 et qui a fourni, paraît-il, de bons résultats.

A, A' sont deux noyaux tubulaires en fer doux adaptés à deux ondelles de fer RR, R, R' qui réunissent les pôles d'une série de lames d'acier S, L, N, recourbées rectangulairement et aimantées à saturation. Ces lames sont rangées circulairement, les pôles de même nom placés les uns à côté des autres, et de manière à constituer dans leur ensemble une sorte de boîte polygonale à l'intérieur de laquelle se trouve une véritable boîte en bois BBBB.

laquelle est évidée à son centre, comme on le voit sur la figure. Il résulte de cette disposition que les noyaux de fer A, A' constituent, à l'intérieur de la boîte, deux pôles magnétiques très énergiques, et c'est entre ces pôles qu'est adaptée la lame vibrante PP qui est maintenue par ses bords circulaires entre des tubes de caoutchouc et qui, de cette manière, peut avoir un diamètre presque aussi grand que celui de la boîte cylindrique. Les bobines d'induction sont en H, H, et toute la partie évidée de la boîte de bois forme caisse résonnante. Pour lui donner une meilleure apparence, M. de Sars place l'appareil entier dans une boîte cylindrique de cuivre, percée à son centre de deux trous correspondant à ceux des noyaux tubulaires A, A' et dans lesquels on visse deux tubes acoustiques, comme dans l'appareil de M. Gower. On peut, de cette manière, avec un seul téléphone, entendre avec les deux oreilles. Il est du reste facile de comprendre que, au lieu de tubes acoustiques, on peut placer simplement des embouchures téléphoniques.



Suivant M. de Sars, cette disposition présente les avantages suivants :

1^o De laisser les faces de la plaque vibrante sans flexion ni déformation, tout en la maintenant soumise à des actions préventives qui facilitent sa mise en vibration. C'est, pour le téléphone, la réalisation du problème résolu pour les relais télégraphiques rapides par l'adjonction de deux ressorts antagonistes ;

2^o De lui donner une mobilité relative beaucoup plus grande, en raison de l'équilibre magnétique entre les pôles de l'aimant ;

3^o D'obtenir des effets d'induction plus considérables sur deux bobines plus fortes et mieux placées pour cet effet, et cela en raison des vibrations faciles du diaphragme, surtout dans l'instrument employé comme récepteur ;

4^o De pouvoir recevoir, par les deux oreilles, l'instrument formant un téléphone double. M. de Sars assure, de plus, que la voix est de cette manière plus naturelle.

INSTALLATION DES POSTES TÉLÉPHONIQUES

Bien que le système de transmission des messages par le téléphone soit très simple il exige pourtant, pour le service qu'on peut demander à cet instrument, certaines dispositions accessoires qui sont indispensables. Ainsi, par exemple, il est nécessaire qu'on soit appelé au moyen d'un appareil d'alarme pour qu'on puisse savoir quand l'échange des correspondances doit avoir lieu, et il faut également que l'on soit prévenu si l'appel a été entendu. Une sonnerie électrique ou un avertisseur électrique est donc le complément indispensable du téléphone, et comme le même circuit peut être employé pour les deux systèmes d'appareils à la condition de se servir d'un commutateur, on dut, pour conserver au système sa sim-

plicité de manipulation qui en faisait le principal mérite, rechercher un moyen de faire réagir ce commutateur automatiquement, et pour ainsi dire à l'insu de ceux appelés à faire usage de l'appareil. Le dispositif de suspension des téléphones représenté figure 40 et combiné par MM. Pollard et Garnier fut une des premières solutions de ce problème, mais la disposition qui a été la plus généralement employée, sous une forme ou sous une autre, est celle que nous représentons figure 41, telle

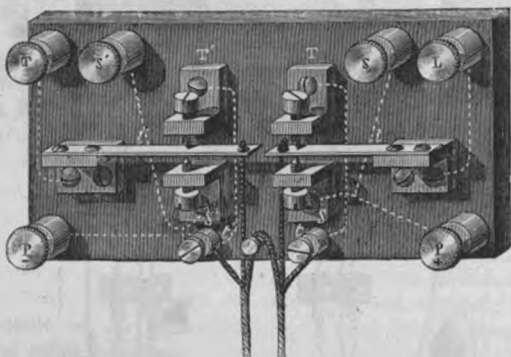


Fig. 40.

qu'elle a été primitivement appliquée par MM. Breguet et Roosevelt.

Dans ce système, les téléphones à l'état normal sont suspendus à deux crochets ou fourches de suspension F , F' fixés sur une planchette d'acajou et dont l'un est adapté à un commutateur à bascule cb , destiné à mettre la ligne tantôt en rapport avec la sonnerie d'appel quand les téléphones ne servent pas, tantôt en rapport avec les téléphones correspondants quand la correspondance doit avoir lieu. La sonnerie d'appel est placée en S , et le bouton d'appel se voit précisément au-dessous.

Enfin on aperçoit encore deux téléphones supplémentaires qui n'existent plus dans les nouveaux modèles. Toutes les liaisons électriques entre ces différents organes et les

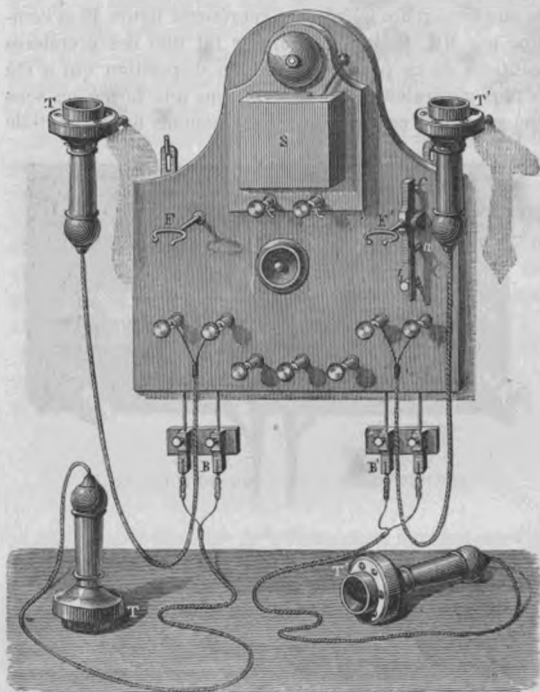


Fig. 41.

téléphones sont effectuées au moyen de conducteurs métalliques flexibles.

Le commutateur A se compose d'une bascule métallique *a c* portant au-dessus de son point d'articulation la

fourche de suspension F' de l'un des téléphones; elle se termine par deux taquets a et c au-dessous desquels sont fixés les deux contacts du commutateur, et un ressort presse le bras inférieur de la bascule de manière à faire appuyer constamment l'autre bras contre le contact supérieur. Pour plus de sûreté, une languette d'acier ab adaptée à l'extrémité inférieure de la bascule frotte contre une colonnette b munie de deux contacts isolés qui correspondent à ceux de la planchette. La bascule est en communication avec le fil de la ligne par l'intermédiaire du bouton d'appel, et les deux contacts dont nous venons de parler correspondent, l'un, le supérieur, avec l'un des fils des téléphones qui sont intercalés dans le même circuit, l'autre, avec la sonnerie S , qui elle-même communique à la terre. Il résulte de cette disposition que, lorsque le téléphone de droite appuie de tout son poids sur son support, la bascule du commutateur est inclinée sur le contact inférieur, et, par conséquent, la ligne est mise directement en rapport avec la sonnerie, ce qui permet d'appeler la station. Quand, au contraire, le téléphone est enlevé de son support, la bascule est sur le contact supérieur, et les téléphones sont reliés à la ligne.

Pour appeler la station en correspondance, il suffit d'appuyer sur le bouton transmetteur; alors la liaison de la ligne avec les téléphones est brisée et établie avec la pile du poste, laquelle envoie un courant à travers la sonnerie du poste correspondant. Pour obtenir ce double effet, le ressort de contact du bouton transmetteur appuie en temps ordinaire contre un contact adapté à une équerre qui l'enveloppe par sa partie antérieure, et, au-dessous de ce ressort, se trouve un second contact qui communique avec le pôle positif de la pile du poste. L'autre contact correspond au fil de ligne, et une liaison est établie entre le fil de terre et le pôle négatif de la pile du poste, ce qui fait que ce fil de terre est commun à trois circuits :

1° Au circuit des téléphones, 2° au circuit de la son-

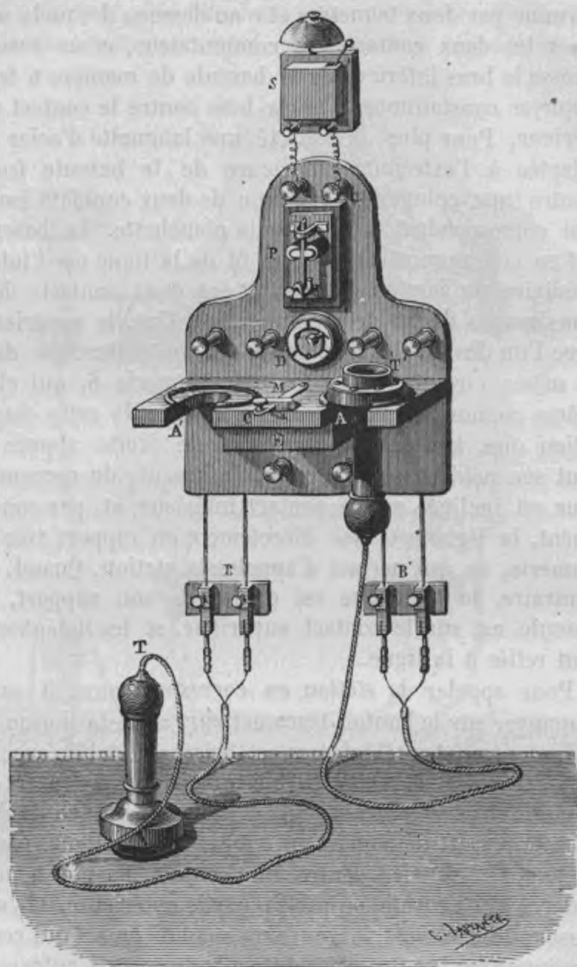


Fig. 42.

nerie, 3° au circuit de la pile locale. Toutefois ce dernier circuit pourrait être isolé de la terre.

La seconde fourche qui sert de support au téléphone de droite est fixée sur la planchette et n'a aucun rôle électrique à remplir.

Il est facile de comprendre que ce dispositif peut être varié de mille façons différentes, mais nous nous bornerons au modèle que nous venons de décrire, qui est le plus pratique.

Dans les premiers systèmes américains que nous représentons figure 42, le commutateur automatique n'existait pas, mais en revanche ils possédaient un relais télégraphique ou parleur P et une clef Morse M qui servaient à préparer la correspondance; on employait alors un commutateur à chevilles D, et les téléphones étaient soutenus dans des trous A et A' percés dans une planchette. Depuis ces premiers appareils, on a varié beaucoup leur disposition, et parmi les modèles les plus intéressants, nous citerons ceux de MM. Delou, Ducretet, Trouvè, etc., que nous avons décrits dans notre dernière édition; mais depuis l'emploi presque général des téléphones à pile, on donne aux dispositifs précédents la forme d'un pupitre que l'on accroche à un mur, et sur les côtés duquel on suspend les téléphones en faisant réagir l'un des crochets de suspension sur un commutateur plus ou moins semblable à celui que nous avons décrit. Nous indiquerons ces différentes dispositions à mesure que nous décrirons les différents systèmes que nous avons à passer en revue.

Sonneries d'appel et avertisseurs. — L'un des grands avantages que l'on avait trouvés, dans l'origine, au système téléphonique de Bell, était de permettre de se passer de pile, et alors on avait dû s'ingénier à combiner des systèmes d'avertisseurs fonctionnant sans pile. Plusieurs systèmes de ce genre, plus ou moins ingénieux, ont été successivement essayés, et bien que quelques-uns d'entre eux soient encore mis en pratique en Allemagne, on y a généralement renoncé dans les bureaux publics, parce que la pratique a montré que les sons ainsi produits n'étaient

jamais assez forts. On est donc revenu aux sonneries électriques et par conséquent à l'emploi d'une pile. Néanmoins, dans l'intérieur des maisons, et dans les endroits silencieux, ces avertisseurs sont bien suffisants, et comme ils peuvent être employés quelquefois, nous allons donner une description rapide des principaux systèmes.

En dehors des systèmes Siemens et Gower dont nous avons précédemment parlé et dans lesquels l'avertisseur fait partie du téléphone lui-même, ce sont généralement deux timbres entre lesquels oscille un marteau dont le support est constitué par l'armature polarisée d'un électro-aimant, qui sont le plus souvent mis à contribution. Au-dessous de ce système est disposé l'appareil magnéto-électrique qui, étant tourné à l'aide d'une manivelle, envoie les courants alternativement renversés, nécessaires pour communiquer au marteau un mouvement vibratoire, et ce mouvement est suffisant pour faire carillonner les deux timbres. Au-dessous de la manivelle de ce système magnéto-électrique, se trouve un commutateur à deux contacts qui dispose l'appareil pour la réception ou la transmission.

M. Mandroux a simplifié ce système et l'a réduit à de très petites dimensions par la disposition suivante. Sur chacun des deux pôles d'un aimant en fer à cheval composé de deux barreaux réunis par une culasse de fer, il fixe deux noyaux magnétiques munis de bobines, et entre les pôles épanouis de ces quatre noyaux il introduit une armature soutenue intérieurement par un ressort d'acier adapté à l'un des pôles. De cette manière, cette armature est polarisée, et peut osciller sous l'influence de courants renversés transmis par un appareil de même genre muni d'un excitateur d'induction. Or, ces oscillations peuvent avoir pour résultat de faire retentir un timbre d'appel, et le système excitateur d'induction peut consister dans une sorte de manipulateur-clef, adapté à un double sys-

tème d'armature appliqué en temps normal contre les pôles des noyaux magnétiques pris deux par deux. En communiquant à ce manipulateur une série de mouvements, on détermine une série de courants induits de sens inverse qui font fonctionner l'armature du poste correspondant, ainsi qu'on l'a vu précédemment, et qui peuvent même fournir, au besoin, une série de signaux Morse par une manipulation convenable. Ce système, en raison de ses petites dimensions, pourrait être appliqué aux services téléphoniques de l'armée.

Système de M. de Weinhold. — M. Zetzche parle avec éloge d'un avertisseur, combiné par le professeur A. de Weinhold, qui est, du reste, analogue à celui de M. Lorenz, que nous représentons figure 45, et dont l'organe sonore est un timbre d'acier T de 15 à 14 centimètres de diamètre accordé à environ 420 doubles vibrations par seconde.

« Ce diamètre et cet accordement, dit-il, ne semblent pas sans quelque importance, et l'on ne peut s'en éloigner beaucoup sans nuire à l'effet. Le timbre a son orifice tourné en bas, et est fixé par son milieu sur un support. Ce dernier est traversé par une barre aimantée, recourbée légèrement, pourvue à ses deux extrémités d'appendices en fer entourés de bobines d'induction N, S. Le barreau aimanté du téléphone se termine également par un appendice en fer renfermé dans une bobine. Dans les deux cas, les changements qui se produisent dans l'état magnétique paraissent être plus intenses que dans les aimants dépourvus d'appendices. La barre aimantée est placée à l'intérieur de la cloche dans le sens d'un de ses diamètres, de sorte que les appendices en touchent presque la paroi.

« Lors donc que le timbre vient à être frappé à un endroit distant d'environ 90° de ce diamètre, au moyen d'un battant en bois M, mû par un ressort et que la main ramène en arrière en tendant le ressort (comme avec les timbres de table) pour le relâcher ensuite, les vibrations qui lui sont communiquées en-

voient des courants dans les bobines, et ces courants produisent dans la plaque de fer du téléphone des vibrations identiques, qu'un résonnateur conique adapté au téléphone renforce suffisamment, pour qu'on puisse encore les entendre facilement à quelques pas de distance. Pour les usages ordinaires, la bobine du timbre est fermée en court circuit au moyen d'un ressort métallique R, et par conséquent, lorsqu'on frappe le timbre,



Fig. 43.

ce ressort doit être baissé pour faire cesser cette fermeture en court circuit. Un appareil du même genre a encore été combiné par M. W. E. Fein, à Stuttgart. »

Système de M. Perrodon. — Vers la fin de 1878, le capitaine d'artillerie Perrodon a combiné un système d'avertisseur téléphonique qui a fourni de bons résultats dans son application au service militaire, et qui a pour organe excitateur une sorte de trembleur électro-magnétique

constitué par le téléphone lui-même. C'est un système qui paraît simple en lui-même; toutefois, c'est grâce à des dispositions ingénieuses combinées par M. Trouvé, le constructeur de ces appareils, que l'on a pu obtenir les bons résultats dont nous venons de parler. La figure 44 ci-contre représente une coupe de l'appareil, dont on a dévissé l'embouchure pour permettre d'en mieux comprendre le mécanisme. Cette embouchure se voit d'ailleurs au-dessus. Le barreau aimanté du téléphone est en B, la bobine en C, et le mécanisme avertisseur en K. Ce mécanisme est commandé par une tige à manette E qui pivote horizontalement et qui porte en F et en G des cames perpendiculaires entre elles. Lorsque l'instrument est disposé pour parler, ce qu'indique la position de la manette *a*, qui est alors dirigée vers la lettre T inscrite sur la boîte du téléphone, la came G presse un ressort H fixé au fond de la boîte du téléphone, et qui communique avec le fil de la bobine C. Quand, au contraire, l'instrument est disposé pour



Fig. 44.

la came G presse un ressort H fixé au fond de la boîte du téléphone, et qui communique avec le fil de la bobine C. Quand, au contraire, l'instrument est disposé pour

fournir l'avertissement, ce qui suppose la manette disposée en sens inverse de la position précédente, c'est le came F qui vient toucher un petit talon qui fait corps avec le levier à ressort K fixé en L et le soulève. Ce levier soulevé en K, et dont l'extrémité est en platine, va toucher le diaphragme vers son centre, juste sur un petit grain de platine rivé à ce diaphragme, ce qui constitue l'interrupteur du trembleur dont nous avons déjà parlé. Les communications électriques sont établies de telle manière, que lorsque le contact a lieu entre le diaphragme et le ressort dont il vient d'être question, le courant d'une pile locale traverse la bobine du téléphone de manière à produire un affaiblissement d'aimantation du noyau magnétique, et il en résulte alors un éloignement du diaphragme qui rompt le contact et par conséquent provoque une nouvelle attraction de la membrane, laquelle rétablit le contact et détermine une nouvelle rupture. Il se produit donc alors un mouvement de vibration très caractérisé qui entraîne des émissions successives de courants à travers la ligne, assez multipliées pour faire produire au diaphragme du téléphone correspondant des sons relativement intenses et capables de fournir un appel. Cet effet n'a lieu, bien entendu, que lorsque la manette *a* est tournée du côté de la lettre A. Quand elle est tournée en sens opposé, la pile locale est retirée du circuit, et la ligne se trouve mise directement en rapport avec la bobine B par la tige E et le ressort II ; alors les deux appareils téléphoniques correspondent directement ensemble pour l'échange de la conversation.

M. Trouvé a modifié un peu cette disposition en rendant le trembleur tout à fait indépendant du téléphone, et pour cela il emploie le petit trembleur qu'il avait déjà appliqué à son appareil explorateur destiné à la recherche des projectiles enfoncés dans les plaies causées par les armes à feu. Ce petit appareil est renfermé, comme on

le sait, dans une boîte à double glace transparente, et il est introduit dans le circuit de la pile et des téléphones; il peut même servir de commutateur, car l'axe entraîné par la manette est muni de cames à cet effet. La position de la manette perpendiculaire à l'armature correspond à l'avertissement et montre, par conséquent, que la pile, le trembleur et les téléphones se trouvent dans le même circuit. La position oblique de la manette, soit à droite, soit à gauche, établit la correspondance téléphonique, seulement en supprimant la pile. La disposition du trembleur avertisseur dont nous venons de parler conviendrait peu à l'armée et aux usages domestiques; aussi M. Trouvé, pour ces nouvelles applications, n'a-t-il pas hésité à sacrifier l'élégance à la solidité et à la sûreté, et il a en conséquence renfermé son petit électro-trembleur, non plus dans une petite boîte de montre à double glace transparente, mais dans une petite auge rectangulaire en caoutchouc durci, de 5 à 4 centimètres de longueur sur 1 centimètre et demi de côté, et complètement étanche. Dans ces conditions, il peut supporter des chocs violents, subir les intempéries de l'atmosphère, la chaleur, l'humidité, et même être exposé à la pluie sans que son fonctionnement en soit nullement modifié. En raison de son petit volume, M. Trouvé l'a souvent placé directement dans le manche du téléphone.

Avertisseurs à friction. — Puisque des interruptions brusques de courant peuvent provoquer dans un téléphone des sons énergiques, susceptibles d'être entendus d'assez loin, on a pu conclure qu'en effectuant mécaniquement ces interruptions, soit par le frottement d'une roue dentée contre un ressort fixe, soit par la friction d'un ressort sur une grosse lime, on pourrait se passer de sonnerie d'appel dans un poste téléphonique, et réduire par suite les frais d'installation de ces postes. Dès le mois de juin 1878, M. Conrad Cooke avait combiné un

système de ce genre, à roue dentée, qui pouvait fournir des appels sur une ligne de 2 milles de longueur, et qui n'exigeait, en dehors du système téléphonique, qu'une pile et un commutateur. Plus tard, en 1880, cette idée a été reprise par M. Godefroy, en n'employant qu'une simple lime et un ressort de friction relié au circuit de pile, et que l'on promenait à plusieurs reprises sur la lime. Un commutateur à manette, comme dans les autres systèmes, interposait dans le circuit de ligne l'interrupteur avec sa pile ou le téléphone, et les bruits étaient suffisants pour qu'avec trois éléments Leclanché on pût entendre l'appel à travers des portes fermées. A l'Exposition d'électricité, plusieurs dispositifs de ce genre ont été également exposés, et pourtant on en est toujours revenu, dans la pratique, aux sonneries électriques. C'est qu'en effet ces appareils, aujourd'hui à très bon marché dans le commerce, réalisent beaucoup mieux le problème, et ce n'est pas une économie de quelques francs dans une installation qui doit être prise en considération; une simplification dans la manipulation est bien plus importante en pratique qu'une simplification d'instruments, et on préférera toujours n'avoir qu'à appuyer le doigt sur un bouton de sonnerie et prendre ensuite son téléphone sans avoir à se préoccuper d'aucun commutateur, que de tourner une roue ou de frotter un ressort sur une lime. Donc tous ces avertisseurs, fondés sur la suppression des sonneries, n'ont guère de chance de réussite, à moins d'être employés dans des installations volantes, comme celles qui se font en campagne, et alors les systèmes de MM. Perrodon, Siemens ou Gower peuvent avoir leur importance.

Ces considérations nous dispensent de faire ici la description des nouveaux avertisseurs qui ont été récemment proposés, et de ceux de MM. Dutertre et Gouault, Puluje et A. Chiddey, dont nous avons parlé dans nos précédentes éditions.

DEUXIÈME PARTIE

LES TÉLÉPHONES A PILE

COUP D'ŒIL GÉNÉRAL

SUR LES PERFECTIONNEMENTS ACCOMPLIS DANS LA TÉLÉPHONIE
DEPUIS LES PREMIERS APPAREILS DE BELL

Les perfectionnements apportés au téléphone primitif de Bell, quoique importants, sont loin d'atteindre la hauteur à laquelle les réclames pompeuses de certains inventeurs voudraient les élever. Il est certain que peu d'inventions ont été présentées au début dans des conditions plus complètes et plus favorables, et si l'on pouvait comparer certains téléphones réputés parfaits à ceux que M. Bell a expérimentés en Amérique avant leur introduction en Europe, on trouverait que la différence n'est pas aussi grande qu'on pourrait le penser, du moins comme appareils répéteurs des sons. Pour les transmissions, c'est tout autre chose, et c'est surtout sur ce point que nous allons insister.

Si on avait comme conducteurs des lignes téléphoniques des fils complètement isolés, ne subissant aucunes réactions extérieures, il est certain que de bons appareils

Bell pourraient parfaitement suffire, même à des distances assez grandes; mais la présence de courants anormaux dans les fils, les effets d'induction déterminés par les fils voisins, les dérivations, par les supports et par la terre, des courants télégraphiques, sont des causes perpétuelles de perturbation qui, par les bruits qu'elles provoquent dans le téléphone, finissent par entraîner l'annulation des sons résultant des courants si faibles émanés des appareils téléphoniques. On a donc dû penser sérieusement à abandonner le système si simple des courants induits téléphoniques, pour le remplacer par le système à pile. Avec ce système, on avait, en effet, beaucoup plus de chances de lutter victorieusement contre les courants anormaux, et c'est dans cette voie qu'ont porté la plupart des perfectionnements importants apportés au téléphone.

Le premier perfectionnement du système à pile a été la substitution au conducteur liquide employé par MM. Bell et Gray dans leur transmetteur, d'un conducteur solide dont la résistance pouvait être modifiée sous l'influence des vibrations de la plaque du transmetteur, et c'est M. Edison qui, comme on l'a vu, a eu le premier l'idée de cette substitution, en employant des matières charbonnées; mais le problème était assez compliqué, et les nombreuses recherches qui ont été faites successivement ont montré dans quelles conditions cette substance devait être employée pour fournir les meilleurs effets. Nous aurons occasion de passer en revue toutes ces recherches, mais ce système une fois trouvé, on reconnut bientôt que les variations de résistance que l'on pouvait obtenir de la part d'un corps conducteur, sous l'influence des mouvements d'un diaphragme vibrant, devaient, sur les lignes un peu longues, s'effacer devant la résistance totale du circuit, et on a été conduit à rechercher des moyens d'amplification de ces variations.

Le premier auquel on a eu recours a été de transformer les courants ainsi modifiés par le transmetteur vocal, en

courants induits intenses, en les faisant traverser l'hélice primaire d'une bobine d'induction, laissant aux courants induits développés dans l'hélice secondaire le soin de traverser la ligne et d'agir sur le récepteur. Comme les courants induits ont une très grande tension et qu'en raison de leur instantanéité de production et de leurs inversions successives ils peuvent se prêter beaucoup plus que les courants voltaïques à des variations de tension rapides, telles que celles qui conviennent aux transmissions d'ondes sonores, on devait obtenir de cette transformation de bien meilleurs effets sur de longs circuits, et c'est en effet ce que l'expérience a démontré; de sorte que les bobines d'induction sont devenues l'accessoire important des transmetteurs téléphoniques à charbon.

C'est encore M. Edison qui a eu la première idée de cette substitution dans le téléphone parlant, mais c'est M. E. Gray qui l'a mise le premier en pratique dans son téléphone musical, comme on l'a vu du reste page 18. Cette idée était du reste venue simultanément à l'esprit de plusieurs savants, entre autres le colonel Navez et M. Pollard, comme on le verra plus loin.

Après l'adjonction de la bobine d'induction aux systèmes téléphoniques, le meilleur moyen d'amplification des variations de résistance du transmetteur a été la multiplicité des contacts sur le conducteur imparfait appelé à les fournir. On pouvait, de cette manière, amplifier les variations d'intensité presque proportionnellement à leur nombre, du moins jusqu'au point où ce que l'on gagnait sous ce rapport était contre-balancé par ce que l'on perdait par l'accroissement de résistance du circuit. M. Navez est entré le premier dans cette voie, et nous voyons qu'on y a persévéré, car ce sont les transmetteurs à contacts multiples qui sont les plus employés et qui donnent les meilleurs effets. Les transmetteurs de MM. Crossley, Ader, Maiche, du Dr Herz et du Dr Boudet de Paris sont là pour le démontrer; mais il y a lieu de

considérer le mode d'emmanchement des pièces qui les composent, leur mode de groupement, et c'est dans la plus ou moins bonne entente de ces dispositions que git la différence de perfection entre ces divers appareils.

On a cherché aussi à augmenter l'amplitude des variations de l'intensité des courants transmis, en disposant les transmetteurs à charbon sur des dérivations effectuées à partir de la pile.

Les lois des courants électriques nous apprennent, en effet, que les variations de résistance effectuées dans ces conditions se trouvent grandement augmentées, et, par conséquent, ne s'effacent plus devant la résistance d'une ligne un peu longue. M. Herz a employé le premier cette disposition dans ses grandes expériences entre Paris et Bordeaux.

Enfin, en dehors de ces moyens d'amplification des variations d'intensité des courants, on a cherché à résoudre le problème en renforçant les effets des courants induits par des superpositions d'actions électriques résultant d'effets d'inversions, ou par l'intervention de deux hélices primaires agissant en sens inverse l'une de l'autre. Ces systèmes ont encore très bien réussi, et nous aurons occasion d'en parler plus tard.

On voit que les recherches ont été nombreuses en ce qui concerne les téléphones à pile, et par les merveilleux effets d'auditions théâtrales que tout le monde a pu admirer à l'Exposition d'électricité, on peut reconnaître que les progrès ont été réels.

Quant aux récepteurs téléphoniques, malgré quelques tentatives de modifications et d'améliorations, on en est revenu à peu près au dispositif primitif. On leur a donné, il est vrai, une forme ou une autre, mais en principe c'est toujours le système Bell plus ou moins renforcé. Nous avons vu cependant que M. Ader y avait apporté une amélioration qui a été très appréciée, mais qui ne change en rien la disposition générale.

Les diverses tentatives qu'on a faites pour renforcer les effets de ces appareils en faisant réagir la voix sur plusieurs diaphragmes, n'ont pas été, à ce qu'il paraît, très appréciées, puisqu'on en est toujours revenu aux téléphones simples, et nous avons vu que parmi ces derniers qui ont eu le plus de succès, on pouvait citer ceux de MM. Ader, Siemens et Gower. On attend encore un téléphone qui parle réellement haut d'une manière régulière, et bien que quelques expériences aient montré que ce résultat pouvait être obtenu, on n'est pas encore arrivé à une réussite assez satisfaisante pour faire abandonner les systèmes ordinaires.

Toutefois, si les recherches faites pour améliorer les récepteurs téléphoniques n'ont pas conduit à d'importants perfectionnements au point de vue pratique, elles ont apporté à la science un contingent considérable de faits nouveaux des plus remarquables, qui ont ouvert à la physique une nouvelle voie où l'on pourra trouver encore bien des résultats inattendus. Ils ont pu démontrer que les théories de l'acoustique jusqu'à présent admises étaient tout à fait incomplètes, et que l'on se trouvait en face de vibrations d'un ordre particulier dont l'étude approfondie pourra conduire à pénétrer un jour plus avant dans le mystère de la structure intime des corps.

Au début du téléphone, on avait cru tout expliquer en disant que les vibrations déterminées par la voix étaient reproduites dans le téléphone par suite d'attractions du diaphragme servant d'armature au système magnétique; j'avais pour mon compte contesté cette explication dès l'origine, et, comme on le verra plus tard, plusieurs expériences faites par un grand nombre de savants vinrent me donner raison, en démontrant que les sons pouvaient être reproduits sans l'intervention d'aucun diaphragme. En me reportant aux expériences de M. Page de 1837, et à celles de M. de la Rive de 1846, je pensais, comme ce dernier savant, que les sons produits dans les

conditions des téléphones de Bell devaient être surtout rapportés à des vibrations moléculaires, résultant de contractions et de dilatations des molécules magnétiques sous l'influence des alternatives d'aimantation et de désaimantation des noyaux magnétiques, et dans le but de s'assurer de la vérité de mes allégations plusieurs savants et inventeurs, entre autres MM. Coulon et Ader, en France; MM. Perceival-Jenns et Lockwood, en Amérique, construisirent des appareils téléphoniques où les sons ne pouvaient être reproduits que de cette manière.

La réussite fut complète, et l'un de ces appareils, celui de M. Lockwood, fut même expérimenté avec succès entre Philadelphie et New-York. De son côté, M. Ader faisait parler très distinctement un fil de fer entouré d'une hélice et montrait, chose excessivement curieuse, que l'intensité des sons ainsi reproduits pouvait être considérablement amplifiée, en terminant le fil de fer par une masse métallique pesante. Il démontra encore qu'une simple hélice de fil pouvait reproduire la parole quand ses spires étaient lâches et qu'un fil de fer fin traversé par un courant électrique pouvait également reproduire la parole, quand ce fil était soudé à une masse métallique. D'un autre côté, voulant m'assurer si des courants aussi faibles que ceux développés dans un téléphone Bell, sous l'influence des vibrations de la voix, étaient suffisants pour faire reproduire la parole à un fil métallique simplement entouré d'une hélice magnétisante, j'ai été conduit à modifier les expériences de M. Ader, et j'ai reconnu qu'avec un bout de ressort de montre fortement aimanté, ayant sa bobine fixée près de son point d'attache avec la planchette servant alors de diaphragme sonore, on pouvait entendre la parole en employant comme transmetteur un téléphone Bell ordinaire; mais j'ai reconnu également que ces courants étaient insuffisants quand, au lieu d'une lame aimantée, on employait une lame non aimantée.

Pour s'assurer s'il y avait réellement contraction et dilatation magnétiques des molécules, M. Ader construisit un appareil au moyen duquel il mit ce fait hors de doute; ce qui lui fit en même temps découvrir un autre principe scientifique non moins curieux, c'est que la magnétisation d'un corps magnétique a pour effet de tendre à annuler les effets mécaniques qui pourraient être exercés sur lui. M. Righi, de son côté, a étudié les mêmes effets et a reconnu, comme la plupart des physiciens qui se sont occupés de cette question, que la magnétisation et la démagnétisation d'un corps magnétique déterminait une modification de volume du corps, modification qui, étant répétée à de très courts intervalles, pouvait engendrer un mouvement de vibration. Il était réservé à M. Hughes de faire une étude complète de ces mouvements moléculaires, et ses beaux mémoires communiqués à la Société Royale de Londres au commencement de l'année 1881 montrent combien le champ des études physiques s'est étendu depuis la découverte du téléphone.

Peu de temps après mes recherches sur l'origine des sons dans le téléphone, M. Wiesendanger pensa que les variations des effets calorifiques des courants résultant des variations de leur intensité pourraient bien intervenir dans la reproduction des sons dans le téléphone, et il construisit un système téléphonique basé sur ce principe; mais ce fut M. Preece qui put démontrer le plus complètement cette manière de voir, en faisant parler un fil de platine traversé par un courant et tendu contre un diaphragme vibrant. M. Graham Bell lui-même, dans ses dernières recherches sur la radiophonie, a mis ce fait hors de doute; de sorte que nous voilà déjà avec deux causes de vibrations sonores qui interviennent forcément dans les reproductions téléphoniques, et que l'on était bien loin d'avoir soupçonnées dans l'origine. Mais ces causes ne sont pas les seules.

A la suite d'expériences multipliées, on a pu s'assurer que la parole pouvait être reproduite par les appareils microphoniques mêmes qui servaient aux transmissions téléphoniques, et que l'on pouvait augmenter dans une très grande proportion l'effet sonore, en interposant le microphone employé comme organe récepteur, dans un circuit local complété par une pile et une bobine d'induction. Cette fois, il n'y a plus de magnétisme en jeu; deux charbons en contact et un courant ondulatoire qui les traverse, voilà tout l'appareil. On a voulu expliquer cet effet par des actions calorifiques, comme dans les expériences citées précédemment, mais cette explication est bien nuageuse. Quoi qu'il en soit, ces recherches, faites avec un soin extrême par MM. Berliner, Hughes, Boudet de Paris, sont du plus grand intérêt, et ont été une acquisition très importante pour la science. D'un autre côté, en reprenant les expériences que MM. Wright, Varley et Pollard avaient faites avec les condensateurs pour la reproduction des sons musicaux, on a pu se convaincre que ces appareils pouvaient, sous certaines conditions, reproduire aussi la parole; il suffisait, pour cela, que les lames du condensateur fussent polarisées préventivement par des charges électriques constantes. C'est M. le Dr Herz qui, le premier, au commencement de l'année 1880, a obtenu ce résultat important, et M. Du-nand, de son côté, a réalisé le même problème dans d'autres conditions, à la fin de cette même année. En 1881 nous avons trouvé, à l'exposition américaine, un système de ce genre combiné par M. Dolbear, qui montre tout le parti qu'on peut tirer de ce mode d'action téléphonique, système qui, comme celui de M. Herz, a l'avantage d'amoindrir les bruits anormaux des lignes téléphoniques, par la coupure du circuit sur le récepteur.

Pour terminer avec ces systèmes de téléphones où l'action électro-magnétique n'entre pour rien, nous allons parler du plus curieux d'entre eux, de celui auquel

M. Edison a appliqué le principe de l'*électro-motographe*. La cause des effets produits dans ce système est encore bien obscure, mais on peut la préciser en disant que certains corps, tels que de la chaux imprégnée d'hydrate de potasse, jouissent de la singulière propriété d'avoir leur surface modifiée par le passage d'un courant, de telle manière qu'un corps frottant sur cette surface peut glisser plus ou moins facilement, suivant que le courant passe ou ne passe pas. On peut dès lors concevoir qu'en construisant un cylindre avec un bloc de chaux ainsi préparé, et en faisant appuyer sur sa surface un ressort fixé par un bout à un diaphragme téléphonique, on pourra obtenir à la suite du passage d'un courant interrompu à travers ce ressort et le bloc de chaux, et en tournant le cylindre, une série d'allées et de venues du ressort frotteur qui seront en rapport avec les courants transmis, et qui détermineront des vibrations rendues sonores par le diaphragme. Les effets produits dans ces conditions sont tellement énergiques que ces appareils téléphoniques parlent haut, et se font entendre dans toute une grande salle.

Si l'on joint à ces appareils ceux dans lesquels on obtient la reproduction de la parole par l'intervention des actions électro-capillaires, comme dans les téléphones à mercure de M. A. Bréguet, ceux au moyen desquels les bruits de l'étincelle d'induction sont transformés en sons articulés, comme dans les appareils de M. Coulon, et ceux dans lesquels la parole sort d'un doigt que l'on appuie sur un cylindre de zinc tournant, comme dans les appareils de M. Elisha Gray, on aura une idée à peu près complète de tous les effets téléphoniques jusqu'ici observés. Sans doute tous ces appareils ne sont pas très pratiques, mais ils montrent que, dans un téléphone, bien des actions sont en jeu, et que, suivant leurs conditions de construction, c'est l'un ou l'autre de ces effets qui est prédominant.

Je dois encore attirer l'attention sur un système téléphonique de M. Ader auquel on n'a pas accordé toute l'importance qu'il méritait et qui est extrêmement curieux au point de vue scientifique.

Ce système est basé sur les chocs produits entre corps magnétiques. Déjà MM. Desportes et Tréve avaient montré qu'une percussion exercée sur un corps magnétique, relié à un téléphone, déterminait des sons dans ce téléphone, mais M. Ader a été plus loin, et il est parvenu à transmettre la parole par ce système, et sans l'intervention d'aucune pile. Pour obtenir ce résultat, il suffit de souder, au centre du diaphragme d'un téléphone ordinaire, un bout de fil de fer, de l'introduire à l'intérieur d'une petite hélice de fil fin, et de le mettre en contact, au sein même de l'hélice, avec un certain nombre de petits morceaux de fil de fer placés les uns à la suite des autres. Sous l'influence des vibrations du diaphragme déterminées par la voix, il se développe des courants électriques, fonction de ces vibrations, qui, en réagissant sur un téléphone ordinaire, peuvent lui faire reproduire très nettement la parole. Dans ces conditions, il est difficile d'expliquer la production des courants électriques, car on démontre que le simple déplacement du fil de fer, dans la bobine, ne peut les déterminer. Cependant les expériences de M. Hughes sur les courants *développés dans les corps magnétiques à la suite d'actions mécaniques exercées sur eux* pourraient en rendre compte.

Comme perfectionnement de détail important pour les transmetteurs téléphoniques, nous devons signaler, surtout au point de vue de la netteté des sons, la substitution aux embouchures téléphoniques primitivement employées de planchettes en bois de sapin disposées horizontalement, avec un système de contacts multiples placé directement au-dessous de la planchette. Cette disposition, combinée pour la première fois par M. Ader, a été employée depuis par plusieurs inventeurs, et c'est dans ces conditions qu'ont

été disposés les transmetteurs téléphoniques de l'Opéra et autres théâtres qui réalisaient ces beaux effets que tout le monde a admirés à l'Exposition.

On a encore apporté aux transmetteurs téléphoniques d'autres perfectionnements de détail qui ont plus ou moins bien réussi; c'est grâce à eux que les transmetteurs de MM. Blake et Crossley ont eu longtemps la vogue, et aujourd'hui on parle de ceux de MM. Ader, Maiche, Herz et Loch-Laby. Chacun vante naturellement son système, et c'est à la pratique de décider. Bien que les transmetteurs téléphoniques à conducteurs pulvérulents aient été un peu mis de côté à cause des crachements qu'ils produisaient, on en a vu figurer quelques types à l'Exposition d'électricité, dont un, combiné par M. Machalski, a donné des effets intéressants. C'était un appareil de ce genre qu'employait M. Righi pour faire reproduire très haut la parole dans toute une enceinte, et les transmetteurs de MM. Huning et Lehmann, dont on a parlé beaucoup en Angleterre et en Allemagne, n'étaient pas autre chose.

TÉLÉPHONES A CHARBON

On a vu que dès l'origine M. Bell avait combiné des téléphones à piles, et qu'il avait même été conduit à employer comme interrupteur du courant, dans ces sortes de téléphones, une pointe de graphite immergée dans du mercure; mais les résultats qui furent alors obtenus étaient si peu importants, qu'il ne donna aucune suite à ses essais. Dans la première moitié de l'année 1876, M. Edison, frappé des avantages que pouvaient présenter, pour ce genre d'application, les interrupteurs à charbon dont il avait constaté, une année avant, les propriétés dans un rhéostat qu'il avait essayé, disposa, comme on l'a vu, dans ces conditions, le transmetteur de Gray et de Bell, et il obtint un téléphone excellent qui ne

tarda pas à faire beaucoup de bruit dans le monde scientifique. Mais l'importance de ce genre de transmetteur téléphonique fut bien autrement appréciée encore quand M. Hughes imagina le *microphone*, appareil merveilleux qui permit, dans certaines conditions, d'amplifier les sons transmis. Nous aurons occasion d'entrer plus tard dans de grands détails sur cet ingénieux instrument, et nous ne le signalons ici que parce qu'il est fondé sur le même principe que le transmetteur téléphonique de M. Edison, et parce qu'il a été l'occasion d'une discussion regrettable entre les deux inventeurs, discussion que les journaux ont envenimée et qui n'avait pas pourtant sa raison d'être. Le principe sur lequel ces deux appareils sont fondés était en effet *connu depuis longtemps*, et la disposition première du microphone était tout à fait différente de celle du transmetteur téléphonique d'Edison. La manière d'agir sur les deux appareils n'était pas la même, et les effets qu'on leur demandait généralement étaient d'une nature très différente; c'était plus qu'il n'en fallait pour constituer deux inventions séparées. Si, dans ces derniers temps, ces deux inventions se sont fondues dans beaucoup des applications qui en ont été faites, c'est que les limites où s'arrête la transmission des sons articulés et des sons résultant d'effets mécaniques pouvaient se rapprocher par la combinaison des deux systèmes. Nous verrons, en effet, que le premier transmetteur à charbon de M. Edison, pour lequel il a fait tant de bruit, a été transformé dans ces derniers temps par lui en un *transmetteur microphonique*, et d'un autre côté, on a pu reconnaître qu'un transmetteur microphonique, pour la parole, pouvait constituer un microphone propre à amplifier des sons très faibles produits mécaniquement. Nous sommes donc dès maintenant obligé de confondre un peu, dans ce chapitre, les deux inventions, et d'y rapporter tous les parleurs microphoniques que nous avons décrits dans nos autres éditions, au chapitre du micro-

phone. La question a du reste progressé dans ces derniers temps, et ce qui pouvait être un effet extraordinaire et spécial au microphone à une époque où le téléphone ne parlait pas haut, est aujourd'hui un fait acquis à tous les transmetteurs téléphoniques à charbon bien disposés. Mais, pour qu'on puisse bien comprendre tous ces effets, il importe que nous insistions un peu sur le *principe* qui a servi de point de départ à ces divers systèmes et dont on ne s'était guère préoccupé avant les résultats si extraordinaires que MM. Edison et Hughes ont obtenus.

Principe des téléphones à charbon. — C'est en 1856 que j'ai constaté le premier le principe sur lequel sont fondés le microphone et le transmetteur à charbon de M. Edison. J'avais, en effet, remarqué à cette époque que l'intensité d'un courant dans un circuit complété par un interrupteur était très modifiée suivant le degré de la pression exercée au point de contact des pièces conductrices de cet interrupteur¹.

Pendant longtemps, on avait cru qu'il suffisait de faire toucher deux métaux pour les rendre susceptibles de conduire entièrement un courant électrique, et l'on admettait que l'intensité de celui-ci dépendait uniquement

¹ Voici textuellement ce que j'en dis dans mon *Exposé des applications de l'électricité* (2^e édition, tome I, page 246), publié en 1856 :

« Une chose curieuse à constater et qui paraît être, au premier abord, en contradiction avec la théorie que l'on s'est faite de l'électricité, c'est que la plus ou moins grande pression exercée entre les pièces de contact des interrupteurs influe considérablement sur l'intensité des courants qui les traversent. Cela tient souvent à ce que les métaux ne sont pas toujours dans un état parfait de décapage au point de contact, mais peut-être aussi à une cause physique encore mal appréciée. Ce qui est certain, c'est que, dans les interrupteurs où la pièce mobile de contact est sollicitée par une force extrêmement minime, le courant éprouve souvent des affaiblissements assez notables pour faire manquer la réaction électrique qu'on attend d'eux. »

de la section et de la longueur de ces conducteurs; mais, à l'époque dont il vient d'être parlé, je reconnus, à la suite de nombreuses recherches que je dus faire sur les interrupteurs électriques, qu'il était loin d'en être ainsi, et qu'il se produisait une résistance au passage entre les deux conducteurs qui pouvait être, dans certains cas, considérable. *J'en déduisis que la pression exercée au point de contact entre deux corps conducteurs appuyés l'un sur l'autre pouvait influencer considérablement sur l'intensité électrique développée.* J'avais cru, au premier moment, que cet effet était le résultat d'une cause physique encore mal appréciée; mais plus tard, je fus conduit à admettre qu'il devait provenir d'une dépression plus ou moins grande des deux corps à leur point de contact, d'où devait résulter *une adhésion de ces deux corps sur une surface moléculaire plus ou moins grande.* Nous verrons plus tard, d'après les recherches intéressantes faites par M. Ochorowicz, que je n'étais pas éloigné de la vérité. Quoi qu'il en soit, toujours est-il que l'accroissement de l'intensité d'un courant avec la pression exercée au point de contact *est d'autant plus grande que les conducteurs présentent plus de résistance, qu'ils sont plus ou moins durs et qu'ils sont plus ou moins bien décapés.* Avec les corps mous, tels que les corps ligneux, les poussières conductrices, etc., les effets de la pression se développent dans des proportions énormes; mais on les retrouve également avec des métaux parfaitement décapés, et voici plusieurs manières de constater cet effet d'une façon très nette et très intéressante :

1° Si sur un tube de verre on enroule une hélice de fil fin de cuivre parfaitement décapé et qu'on serre plus ou moins les extrémités de cette hélice au moyen d'écrous mis en rapport avec le circuit électrique, on reconnaît que le courant électrique passant à travers les différentes spires de cette hélice éprouve, pour un serrage minimum, presque autant de résistance que si l'hélice était garnie

d'une enveloppe isolante¹; mais, à mesure que l'on serre les deux écrous et que l'on diminue par conséquent la longueur tubulaire de l'hélice, le courant se dérive à travers la masse du fil comme dans un cylindre métallique, et l'intensité du courant passant ainsi par le corps de l'hélice augmente dans un rapport considérable, mais qui n'atteint jamais celle qui serait le résultat d'une conductibilité de masse analogue à celle que produirait un cylindre de cuivre de mêmes dimensions que l'hélice. A mesure que l'on desserre les écrous, on voit, au contraire, l'intensité du courant électrique diminuer successivement, jusqu'à se rapprocher considérablement de celle qu'aurait le courant, si l'hélice était parfaitement isolée;

2° Si on effectue la décharge d'un courant électrique traversant un électro-aimant entre ses pôles, on produit un bruit assez fort que l'on peut rendre plus ou moins intense suivant le degré de la pression exercée sur les deux conducteurs constituant l'interrupteur. Cette expérience, due à M. Trève, est une jolie expérience de cours qui peut démontrer devant tout un auditoire le principe dont nous venons de parler.

Cette propriété curieuse de la conductibilité des corps en contact a été l'objet de mes études à différentes reprises. En 1864, je m'en suis occupé lors de mes études sur les électro-aimants à fil nu (voir les *Annales télégraphiques* du mois de mars 1865, page 211, tome VIII). En 1872 et 1875, j'ai dû reprendre cette question à l'occasion de mes recherches sur la conductibilité des corps médiocrement conducteurs, et l'on peut voir dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 6 juillet, du 10 août, du 7 septembre 1874 et du 2 mai 1875, les différentes déductions que j'avais tirées de mes expé-

¹ On peut être certain, dans ces expériences, que l'isolement des spires n'était pas dû à un défaut de contact; car, si l'hélice était coupée en un ou plusieurs points, le courant passait toujours, et la résistance de l'hélice restait la même.

riences. En 1865, M. Clérac, fonctionnaire de l'administration des lignes télégraphiques, avait également appliqué d'une manière extrêmement heureuse ces différences de conductibilité produites par la pression à une sorte de rhéostat à charbon qui a été employé par M. Hughes dans plusieurs des expériences qu'il fit à cette époque. Ce rhéostat consistait dans un tube muni de plombagine, dans lequel une électrode mobile, poussée par une vis, pouvait, en pressant plus ou moins la plombagine, faire varier, dans un rapport assez grand, la résistance de cette substance. Voici du reste ce qu'en dit sir William Thomson, dans une lettre écrite au journal anglais *Nature*, datée du 30 juillet 1878 :

« Il est vrai que le principe physique appliqué par M. Edison dans son téléphone à charbon et par Hughes dans son microphone est le même; mais il est également le même que celui employé par M. Clérac, fonctionnaire de l'administration des lignes télégraphiques françaises, dans son tube à résistance variable qu'il avait donné à M. Hughes et à d'autres, en 1866, pour des usages pratiques importants, appareil qui, du reste, dérive entièrement de ce fait, signalé il y a longtemps par M. du Moncel, que *l'augmentation de pression entre deux conducteurs en contact produit une diminution dans leur résistance électrique.* »

Mes droits à la découverte de ce principe sont aujourd'hui admis en Angleterre et dans presque toute l'Europe, et d'après ce que m'a dit M. Moses, représentant de M. Edison à l'Exposition de 1881, il paraîtrait que le célèbre inventeur américain en conviendrait lui-même maintenant. (Voir le Mémoire de M. Ferrini sur cette question, dans le journal *la Lumière électrique* du 15 janvier 1880, page 29.)

TÉLÉPHONES HISTORIQUES

Téléphone à charbon de M. Edison. — Le premier téléphone de M. Edison, comme celui de M. Gray, était

fondé sur l'action des courants ondulatoires déterminés par les variations de résistance d'un médiocre conducteur, composé d'une agrégation de particules de noir de fumée, interposé dans le circuit téléphonique et sur lequel réagissaient les vibrations d'un diaphragme devant lequel on parlait. Ce diaphragme étant mis en communication avec le fil du circuit, il devait résulter de ces vibrations devant le disque de charbon une série de pressions croissantes et décroissantes, donnant lieu à des effets correspondants dans l'intensité du courant transmis, et ces effets devaient réagir d'une manière analogue aux courants ondulatoires déterminés par l'induction dans le système de Bell. Toutefois, pour obtenir de très bons résultats, plusieurs dispositions accessoires étaient nécessaires, et nous représentons (fig. 45) l'une des dispositions qui ont été données dans l'origine à cette partie du système téléphonique de M. Edison.

Dans cette figure, l'appareil est vu en coupe, et il se rapproche beaucoup, quant à la forme, du téléphone de Bell. LL est la lame vibrante, OO l'embouchure, M le trou de cette embouchure, NNN la cage de l'appareil, qui est construite ainsi que l'embouchure en ébonite, et qui présente, au-dessous de la lame, une cavité assez spacieuse et un trou tubulaire qui est creusé dans le manche. A sa partie supérieure, ce tube est continué par un rebord cylindrique muni d'un pas de vis sur lequel est vissée une petite bague présentant une saillie intérieurement, et c'est à l'intérieur de ce tube que se trouve disposé le système microphonique. Celui-ci se compose d'abord d'un piston E, adapté à l'extrémité d'une longue vis EF, dont le bouton F, en tournant, permet de faire avancer ou reculer le piston d'une certaine quantité. Au-dessus de ce piston, se trouve adaptée une lame de platine très mince A, reliée par une lamelle flexible et un fil à un bouton d'attache P'. Une autre lame B, exactement semblable, est reliée avec le bouton d'attache P, et c'est entre

ces deux lames qu'est placé le disque de charbon C. Ce disque est constitué avec du noir de fumée de pétrole comprimé, et sa résistance est d'un *ohm* ou de 100 mètres de fil télégraphique. Enfin un disque d'ébonite est appliqué sur la lame de platine supérieure B, et un tampon élastique, composé d'un morceau de tube de caoutchouc G et d'un disque de liège H, est in-

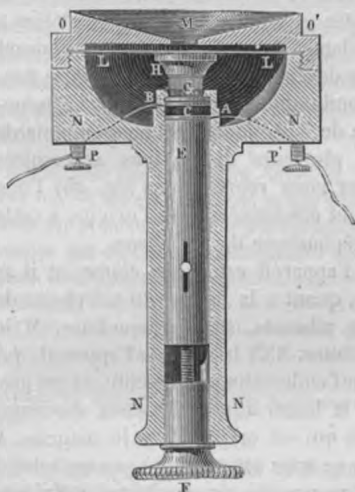


Fig. 45.

terposé entre la lame vibrante LL et le disque B, afin que les vibrations de cette lame ne soient pas arrêtées par l'obstacle rigide constitué par l'ensemble du système microphonique. Quand ces différentes pièces sont en place, on règle l'appareil au moyen de la vis F, et ce réglage est facile, puisqu'il suffit de la serrer ou de la desserrer jusqu'à ce que le

téléphone récepteur donne son maximum de son.

Dans un autre modèle représenté figure 46 et qui a fourni aussi de bons résultats pour la netteté des transmissions, la lame vibrante LL est maintenue appuyée contre les disques du conducteur secondaire en charbon C, par l'intermédiaire d'un petit cylindre de fer A au lieu d'un tampon en caoutchouc, et la pression est réglée par une vis placée au-dessous de *c*. L'embouchure E de l'appareil

est plus saillante, et le trou plus large. Enfin il n'y a plus de manche à l'appareil, dont l'enveloppe est en fonte nickelée. Le disque rigide *b* qui appuie sur la première lame de platine *p* est, d'un autre côté, en *aluminium* au lieu d'être en ébonite.

Le téléphone récepteur employé dans l'origine ressemblait assez à celui de M. Bell. Il présentait néanmoins quelques différences que l'on peut reconnaître par l'inspection de la figure 47. Ainsi l'aimant NS est recourbé en fer à cheval, et la bobine magnétisante E recouvre seulement un des pôles N; ce pôle occupe précisément le centre de la lame vibrante LL, tandis que le second pôle est près du bord de cette lame. Les dimen-

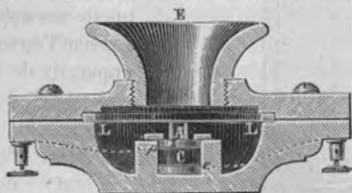


Fig. 46.

sions elles-mêmes de la lame sont considérablement réduites; sa surface est à peu près celle d'une pièce de 5 francs et elle est enclavée dans une espèce de rainure circulaire qui la maintient dans une position parfaitement déterminée. En raison de cette disposition, le manche de l'instrument est en bois plein, et l'espace vide où se trouve le système électro-magnétique est un peu plus développé que dans le modèle de Bell; mais l'on s'est arrangé de manière à éviter les échos et à en faire une sorte de caisse sonore apte à amplifier les sons. La disposition du système électro-magnétique par rapport à la lame vibrante doit évidemment augmenter aussi la sensibilité de l'appareil: car, le pôle S étant en contact intime avec la lame LL, celle-ci se trouve polarisée et peut recevoir

beaucoup plus énergiquement les influences magnétiques du second pôle N, qui en est distant de l'épaisseur d'une forte feuille de papier. Dans les deux appareils de M. Edison (récepteur et transmetteur), la partie supérieure CC correspondante à la lame vibrante, au lieu d'être fixée par des vis sur la partie attenante au manche, est vissée

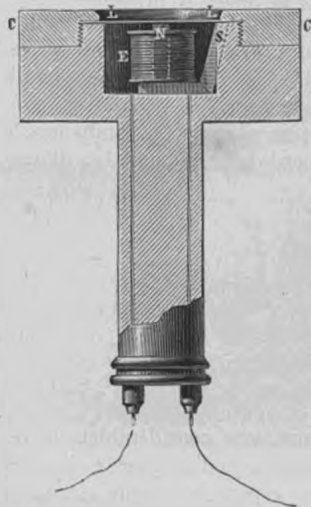


Fig. 47.

sur cette partie elle-même, ce qui permet de démonter beaucoup plus facilement l'instrument.

M. Edison a, du reste, beaucoup varié la forme de ses appareils, et souvent l'enveloppe des appareils de ce genre est en métal avec une embouchure d'ébonite en forme d'entonnoir.

Ayant constaté, comme du reste l'avait fait avant lui M. Elisha Gray, que les courants induits sont plus favorables aux transmissions téléphoniques que les courants voltaïques,

M. Edison transforma les courants de pile passant par son transmetteur en courants induits, et cela en leur faisant traverser le circuit primaire d'une bobine d'induction bien isolée ; le fil de ligne était alors mis en communication avec le fil secondaire de la bobine. Nous rapporterons plus tard des expériences qui montreront les avantages de cette combinaison ; pour le moment, nous ne faisons que la signaler, car elle fait aujourd'hui partie intégrante de presque tous les systèmes de téléphones à pile.

Ces différents systèmes téléphoniques ont été, dans ces derniers temps, laissés un peu de côté par leur auteur parce que, d'un côté, ils ont été abandonnés à des compagnies qui les ont combinés avec d'autres dispositifs imaginés par M. Phelps et autres, et d'un autre côté parce que M. Edison s'est trouvé conduit à donner tous ses soins à un nouveau système basé sur l'application au téléphone du principe de l'électro-motographie qu'il avait imaginé quelques années auparavant, et qui donne des effets tellement surprenants, que c'est lui aujourd'hui qui reproduit le plus haut la parole. On peut l'entendre dans une salle même très grande, malgré les bruits étrangers qui peuvent s'y produire. Nous décrirons plus tard, au chapitre des téléphones particuliers fondés sur des principes nouveaux, ce curieux instrument qui a du reste été modifié par M. Dolbear, et dont le transmetteur ne ressemble plus en rien à ceux que nous avons décrits précédemment. C'est, en effet, un véritable parleur microphonique, qui paraît être dérivé de celui que M. Blake avait combiné pour faire fonctionner à longue distance les téléphones Bell perfectionnés. La première idée de ce nouveau système téléphonique d'Edison est du reste déjà ancienne, et je l'ai décrite dans mes premières éditions sous le nom de *téléphone chimique d'Edison*.

Dès le 2 avril 1878, on avait expérimenté en Amérique le premier système téléphonique d'Edison, concurremment avec les téléphones magnéto-électriques les plus perfectionnés, et en particulier celui de M. Phelps; ce fut sur la ligne de New-York à Philadelphie, l'une des plus chargées de fils de la compagnie de Western-Union, que ces essais furent faits. Cette ligne avait une longueur de 106 milles, et dans presque tout son parcours elle longeait les autres fils. Or les effets d'induction déterminés par les transmissions télégraphiques à travers les fils voisins, effets qui étaient suffisants pour empêcher l'audi-

tion de la parole dans tous les téléphones essayés, furent sans influence quand on employa le téléphone d'Edison. Avec deux éléments de pile et une petite bobine d'induction, MM. Batchelor, Phelps et Edison purent échanger facilement une conversation. Le téléphone magnétique de M. Phelps, regardé comme le plus puissant de son espèce, donna même de moins bons résultats.

Dans les expériences faites en 1878 entre le palais de l'Exposition de Paris et Versailles, la commission du jury a pu constater les mêmes résultats avantageux.

Téléphones du colonel Navez. — Le colonel d'artillerie belge Navez, l'auteur du chronographe balistique bien connu, a cherché à perfectionner le téléphone d'Edison en employant plusieurs disques de charbon au lieu d'un seul. Suivant lui, les variations de résistance électrique produites par les disques de charbon, sous l'influence de pressions inégales, dépendent surtout de leur surface de contact, et il croyait en conséquence que plus ces surfaces sont multipliées, plus les différences en question sont considérables, comme cela a lieu quand on polarise la lumière avec une pile de glaces. Les meilleurs résultats ont été obtenus par lui avec une pile de douze rondelles de charbon. « Ces rondelles, dit-il, agissent bien par leur surface de contact, car il suffit de les séparer par des rondelles d'étain interposées pour détruire toute articulation de la parole reproduite¹. »

Je ne suis pas étonné, du reste, que M. Navez ait trouvé une limite à la superposition des disques de charbon, car la reproduction de la parole dans ce système est à la fois fonction de la grandeur des différences de

¹ J'ai pu, dès l'année 1865, m'assurer de la vérité de cette observation, en provoquant le serrage des spires d'un électro-aimant à fil nu. Plus le nombre des spires était considérable dans le sens de la pression, plus les différences de résistance de l'hélice magnétisante étaient accentuées.

résistance du circuit et de l'intensité du courant transmis. Or, si on augmente la sensibilité de l'appareil aux sons articulés par l'augmentation du nombre des contacts imparfaits du circuit, on diminue par cela même l'intensité du courant transmis, et alors les sons perdent de leur force. Il est donc une limite dans le nombre des disques que l'on superpose qui doit être respectée, et qui

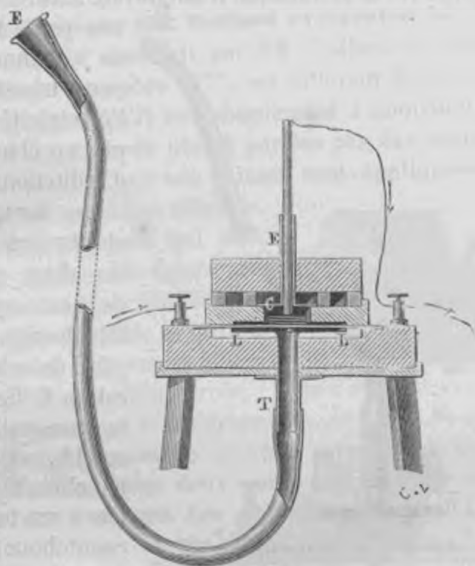


Fig. 48.

dépend de la nature des contacts imparfaits que l'on emploie et de la tension du générateur électrique.

Pour éteindre les vibrations musicales nuisibles qui accompagnent les transmissions téléphoniques, M. Navez employait, comme lame vibrante du transmetteur, une lame de cuivre recouverte d'argent, et pour lame vibrante du récepteur une lame de fer doublée d'une plaque de laiton, le tout soudé ensemble. Il employait d'ailleurs des

tubes de caoutchouc munis d'embouchures et de conduits auriculaires pour la transmission et la réception des sons, et les appareils étaient disposés à plat, sur une table. A cet effet, le barreau aimanté du téléphone récepteur était alors remplacé par deux aimants horizontaux agissant par un pôle de même nom sur un petit noyau de fer qui portait la bobine, et qui se trouvait placé verticalement entre les deux aimants. Il employait naturellement

une petite bobine de Ruhmkorff, pour transformer l'électricité de la pile en électricité d'induction.

Les figures 48 et 49 représentent les deux parties de ce système téléphonique. La pile de charbon est en C (fig. 48); la lame vibrante en LL, et l'embouchure E, adaptée à un tube en caoutchouc TE, correspond par le dessous à la lame

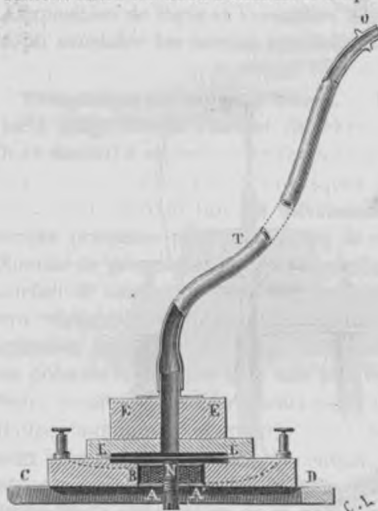


Fig. 49.

vibrante. La pile de charbon est réunie métalliquement au circuit par une tige de platine EC, et la lame vibrante communique également au circuit par l'intermédiaire d'un bouton d'attache. Dans le téléphone récepteur (fig. 49), la partie supérieure est disposée à peu près comme dans les téléphones ordinaires; seulement, au lieu d'une embouchure, on a adapté à l'appareil un conduit auriculaire TO. Les deux aimants qui commu-

niquent une polarité uniforme au noyau de fer N, portant la bobine d'induction B, sont en AA' et ont la forme de fers à cheval; on en voit une coupe en D du côté droit, et l'autre ne montre en C que la courbe du fer à cheval. Les deux boutons d'attache de ce récepteur correspondent aux deux bouts du fil primaire de cette bobine et à la pile qui est interposée dans le circuit près de cet appareil.

Téléphone de MM. Pollard et Garnier. — Le téléphone à pile construit par MM. Pollard et Garnier dès le mois de décembre 1877, est différent de ceux qui précèdent, en ce qu'il met simplement à contribution deux pointes de mine de plomb portées par des porte-crayons métalliques, et que ces pointes sont appliquées directement contre la lame vibrante avec une pression qui doit être réglée. La figure 50 représente la disposition qu'ils ont adoptée, et qui du reste peut être variée d'une infinité de manières.

LL est la lame vibrante en fer-blanc au-dessus de laquelle se trouve l'embouchure E, et P, P' sont les deux pointes de graphite munies de leurs porte-crayons. Ces porte-crayons portent à leur partie inférieure un pas de vis qui, étant engagé dans un trou fileté pratiqué dans une plaque métallique CC, permet de serrer plus ou moins les crayons contre la lame LL. Cette plaque métallique CC est composée de deux parties juxtaposées qui, étant isolées l'une de l'autre, peuvent être mises en rapport avec un commutateur cylindrique au moyen duquel on peut disposer le circuit de diverses manières. Ce commutateur étant pourvu de cinq lames permet de passer presque instantanément d'une combinaison à l'autre, et ces combinaisons sont les suivantes :

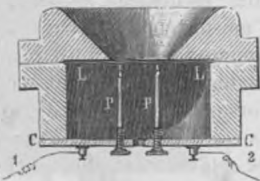


Fig. 50.

1° Le courant entre par le crayon P, passe dans la plaque et de là dans la ligne;

2° Le courant arrive par le crayon P', passe dans la plaque et de là dans la ligne;

3° Le courant arrive à la fois par les crayons P et P', se rend dans la plaque et de là à la ligne;

4° Le courant arrive par le crayon P, va de là à la plaque, puis dans le crayon P', et de là à la ligne.

On a donc de cette manière deux éléments de combinaison que l'on peut utiliser séparément ou en les associant en tension ou en quantité.

Lorsque les crayons sont bien réglés et donnent une transmission régulière et de même intensité, on peut étudier facilement les effets produits quand on passe de l'une des combinaisons à l'autre, et l'on constate : 1° que pour un circuit court il n'y a pas de changement appréciable, quelle que soit la combinaison employée ; 2° que, lorsque le circuit est long ou présente une grande résistance, c'est la combinaison en tension qui a l'avantage, et cela d'autant plus que la ligne est plus longue.

Ce système téléphonique, comme du reste les deux précédents, met à contribution une machine d'induction pour transformer les courants voltaïques en courants induits; nous parlerons plus tard de cet accessoire important de ces sortes d'appareils.

En outre de cette disposition, MM. Pollard et Garnier ont employé celle que nous avons représentée figure 6, et qui a donné les meilleurs résultats. Nous verrons même plus loin qu'elle a pu être employée comme organe récepteur des sons. Dans les deux cas, les deux charbons doivent être mis en contact et soumis à une certaine pression initiale qui doit être réglée au moyen de la vis adaptée au support du charbon inférieur.

Quant au téléphone récepteur, la disposition adoptée par MM. Pollard et Garnier est à peu près celle de Bell.

Seulement ils emploient des lames de fer-blanc et des hélices beaucoup plus résistantes. Cette résistance est, en effet, de 1500 à 2000 ohms. « Nous avons toujours reconnu, disent ces messieurs, que, quelle que soit la résistance du circuit extérieur, on a avantage à augmenter le nombre des tours de spires, même en faisant usage du fil n° 42, qui est celui que nous avons employé de préférence. »

Téléphone à réaction de M. Hellesen. — M. Hellesen, pensant que les vibrations produites par la voix sur un

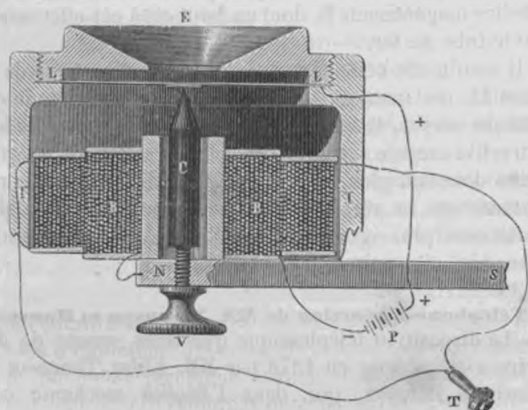


Fig. 51.

transmetteur téléphonique à charbon devaient se trouver amplifiées, si la pièce mobile du rhéotome était soumise à une action électro-magnétique résultant de ces vibrations elles-mêmes, a combiné un transmetteur fondé sur ce principe que nous représentons figure 51, et qui a l'avantage de constituer lui-même l'appareil d'induction destiné à transformer les courants voltaïques employés. Cet appareil se compose d'un tube de fer vertical appuyé sur une masse magnétique NS et entouré

d'une bobine magnétisante BB, au dessus de laquelle est adaptée une hélice d'induction en fil fin II, mise en communication avec le circuit. A l'intérieur du tube se trouve un crayon de plombagine G, disposé dans un porte-crayon qui peut être élevé ou abaissé au moyen d'une vis de rappel V adaptée au-dessous de la masse magnétique. Enfin, au-dessus de ce crayon est fixée une lame vibrante en fer LL, qui est munie à son centre d'un contact de platine communiquant à la pile; le circuit local est alors mis en rapport avec le crayon par l'intermédiaire de l'hélice magnétisante B, dont un bout est à cet effet soudé sur le tube de fer.

Il résulte de cette disposition, que les vibrations de la lame LL, au moment de leur plus grande amplitude du côté du crayon, tendent à s'amplifier par suite de l'action attractive exercée sur la plaque, et la pression sur le graphite devenant plus forte, accroît les différences de résistance qui en résultent et, par suite, détermine des variations plus grandes dans l'intensité des courants transmis.

Téléphone à réaction de MM. Thomson et Houston.

— La disposition téléphonique que nous venons de décrire a été reprise en 1878 par MM. Elihu Thomson et Edwin J. Houston, qui, dans l'*English mechanic and World of science* du 21 juin 1878, c'est-à-dire deux mois après que M. Hellesen m'a indiqué son système¹, ont publié un article sur un appareil à peu près semblable au précédent.

Dans cet appareil, en effet, le courant qui passe à travers le corps médiocrement conducteur anime un électro-aimant muni d'une bobine d'induction, et cet électro-aimant réagit sur le diaphragme pour augmenter l'am-

¹ M. Hellesen m'a communiqué le dessin de son appareil le 3 mai 1878. Or les expériences faites à Copenhague dataient de plus de six semaines.

plitude de ses vibrations et créer en même temps deux actions électriques agissant dans le même sens; seulement la disposition du contact du mauvais conducteur avec la lame vibrante est un peu différente. Au lieu d'un simple contact par pression effectué entre cette lame et un crayon de charbon, c'est un petit fragment de cette matière, taillé en pointe, qui est fixé sur la lame vibrante et qui plonge dans une gouttelette de mercure versée au fond d'une cavité pratiquée à l'extrémité supérieure du fer de l'électro-aimant. La disposition de l'appareil est d'ailleurs la même que celle d'un téléphone ordinaire, et c'est la tige de fer de l'électro-aimant qui représente le barreau aimanté du téléphone Bell. Suivant les auteurs, cet appareil peut être employé comme transmetteur et comme récepteur, et voici comment les effets se produisent dans les deux cas.

Quand l'appareil transmet, le fragment de charbon plonge plus ou moins dans le mercure, et, par suite des différences qui se produisent dans les surfaces de contact suivant l'amplitude des vibrations de la lame, le courant subit des variations d'intensité en rapport avec ces amplitudes, et de ces variations résultent, dans la bobine d'induction, des courants induits qui réagissent sur le téléphone récepteur comme dans l'appareil Bell, et qui sont encore renforcés de ceux qui sont produits magnéto-électriquement par le mouvement du diaphragme devant la bobine d'induction et le fer de l'électro-aimant.

Quand l'appareil est employé comme récepteur, les effets ordinaires se manifestent : car le fer de l'électro-aimant, étant aimanté par le courant, se trouve exactement dans les conditions des téléphones Bell ordinaires, et les courants induits lui arrivent de la même manière, seulement plus intenses. MM. Thomson et Houston prétendent que ce système a fourni des résultats excellents et que le son de la voix y est beaucoup moins altéré que dans les autres téléphones.

Téléphone de M. Righi. — Cet appareil, dont on a beaucoup parlé en Italie et qui a été expérimenté avec succès en 1878 à l'Académie des sciences, au Conservatoire des arts et métiers et au pavillon de la presse de l'Exposition universelle, ne présente rien de nouveau comme principe; seulement les dimensions en sont très grandes, les éléments d'action puissants, et en conséquence il a pu reproduire assez haut la parole et

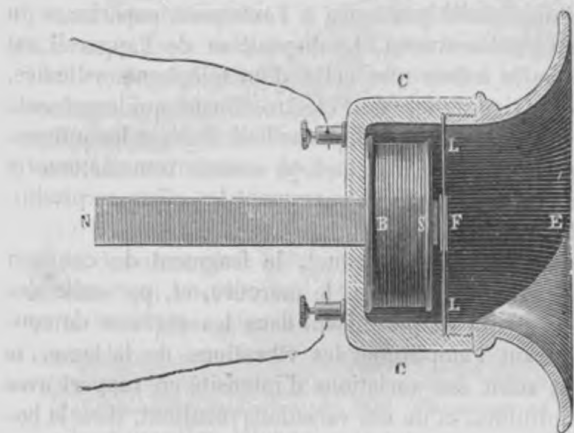


Fig. 52.

surtout les sons musicaux pour être entendus dans toute une grande salle. Nous le représentons figures 52 et 53.

Le récepteur n'est qu'un téléphone Bell de grande dimension, dont le diaphragme est constitué par une membrane de papier parchemin LL (fig. 52), au centre de laquelle est fixé un disque en tôle de fer F. Cette membrane est tendue sur un large entonnoir E fixé lui-même sur une boîte CC qui renferme la bobine électro-magnétique B; et l'aimant NS, beaucoup plus gros que dans les appareils ordinaires, sort de la boîte et lui sert de point d'appui.

Le transmetteur est à peu près le même que celui de la figure 21, sauf qu'au lieu d'un liquide, M. Righi emploie de la plombagine mêlée à de la poudre d'argent, et que l'aiguille de platine est remplacée par un disque métallique D (fig. 55). Le récipient I, où est tassée la poudre, est porté par un ressort R que peut pousser plus ou moins une vis de réglage V, et le tout, adapté dans une boîte CC, est supporté sur un pied P. On parle au-dessus de l'embouchure E, et les vibrations transmises à la membrane LL déterminent en I les variations de résis-

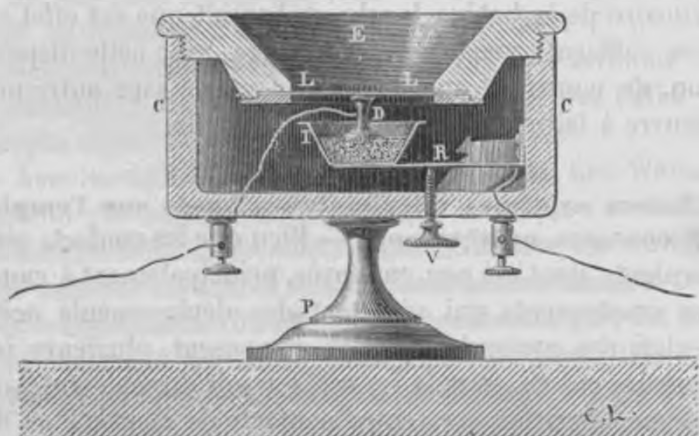


Fig. 55.

tance nécessaires à la transmission de la parole, comme dans le système d'Edison. Deux éléments de Bunsen suffisent pour faire fonctionner cet appareil, qui peut faire entendre dans toute une salle les sons d'une trompette ou d'une flûte. Le chant humain, qui est moins intense, s'entend nécessairement un peu moins loin, et, si on parle avec la voix naturelle, les mots sont entendus jusqu'à environ 2 mètres de l'appareil.

La distance maximum à laquelle l'appareil a été mis en action avec la pile seulement, est de 47 kilomètres; c'est celle qui existe entre les villes de Bologne et de Fer-

rare; mais pour les distances plus grandes, il faut avoir recours à des bobines d'induction.

Dans ce cas, on introduit dans le circuit, à chaque station, une bobine d'induction dont le fil primaire est traversé par le courant de la pile locale ainsi que le transmetteur, et qui est relié d'autre part avec le récepteur par un commutateur. Le circuit secondaire de ces bobines est ensuite complété par la terre et le fil de ligne. Il résulte de cette disposition que le courant induit qui actionne le récepteur en correspondance ne produit son effet qu'après une seconde induction déterminée sur le fil primaire de la bobine locale, et il paraît que cet effet est bien suffisant; mais l'on a l'avantage, avec cette disposition, de pouvoir transmettre et recevoir sans autre manœuvre à faire que celle du commutateur.

Autres systèmes téléphoniques basés sur l'emploi de contacts pulvérulents. — Bien que les contacts pulvérulents aient été peu employés, principalement à cause des crachements qui résultent des déplacements accidentels des particules qui les composent, plusieurs inventeurs ont continué à les utiliser soit directement, soit comme intermédiaires entre contacts de charbon ou de plombagine. Parmi les premiers nous citerons MM. Hunning, Machalski, Lehmann, et parmi les seconds M. Bourseul. Ils assurent qu'ils obtiennent de cette manière d'excellents résultats et qu'ils peuvent transmettre la parole sans bobine d'induction à des distances assez considérables.

Le transmetteur de M. Hunning fonctionne ordinairement avec des récepteurs de M. Cox-Walker très simples, qu'il a aujourd'hui réduits à un seul diaphragme. Extérieurement, ce transmetteur présente la forme d'un téléphone Bell ordinaire; mais là s'arrête la ressemblance, car au-dessous de l'embouchure, se trouve une sorte de cloison en toile métallique nickelée qui protège contre les

influences extérieures le diaphragme vibrant constitué par une plaque de cuivre extrêmement mince. Cette plaque est d'ailleurs en contact immédiat avec une couche très mince de coke pulvérisé qui remplit une petite cavité garnie au fond d'une plaque métallique, et cette plaque, ainsi que celle qui constitue le diaphragme, sont réunies à la pile et au fil de ligne par des conducteurs qui traversent le manche de l'appareil. La pile la plus ordinairement employée est celle de Leclanché, et se compose de 6 éléments.

Le récepteur de M. Cox-Walker employé avec cet appareil, se compose d'un petit électro-aimant à fil fin et à noyau magnétique extrêmement réduit, qui actionne directement le diaphragme, et dont on peut régler l'effet au moyen d'une vis.

Avec ce système, on pourrait, suivant M. Cox-Walker, obtenir des sons plus intenses que ceux que l'on obtient ordinairement, et les effets d'induction des fils de ligne les uns sur les autres seraient sans action nuisible pour les transmissions. Un commutateur automatique, un bouton d'appel et une sonnerie, complètent l'installation du système aux deux extrémités de la ligne.

Ce système a été essayé avec succès entre York et Darlington sur une ligne aérienne de 45 milles de longueur, occupée déjà par 20 fils télégraphiques et longeant le chemin de fer. Les effets d'induction étaient quelquefois très énergiques, mais ils n'empêchaient pas les transmissions téléphoniques de se faire. Pour que l'appareil fonctionne bien, il faut un peu secouer le transmetteur avant de s'en servir et le tenir incliné à 45° devant la bouche.

Le système de M. Machalski figurait à l'Exposition d'électricité de 1881. Les sons qu'il produisait étaient également énergiques, mais il se produisait quelques crachements qui empêchaient un peu la netteté de la parole dans certains moments; le contact médiocrement conducteur employé était de la poudre d'argent.

Dans le système de M. Lehmann, c'est un mélange de poudre de charbon et de poussière métallique dans lequel s'enfonce une pointe conique d'acier poli adapté au centre d'une membrane de fer blanc, qui constitue le contact médiocrement conducteur du transmetteur.

Cette poudre, renfermée dans une petite ampoule de caoutchouc contenant 25 pour 100 d'argent et 75 pour 100 de charbon, est placée dans une boîte métallique très près de la membrane, et le courant y pénètre d'un côté par une vis placée au fond de la boîte, qui passe à travers l'enveloppe de caoutchouc, et de l'autre côté par la pointe conique dont il a été déjà question. C'est en somme une disposition bien semblable à celle de M. Righi.

L'appareil de M. Bourseul était composé d'une caisse sonore dans laquelle le système interrupteur, composé de deux crayons de charbon séparés par une couche de poudre de coke de $\frac{1}{2}$ millimètre d'épaisseur, était enfermé dans un manchon de caoutchouc très souple, disposé verticalement et s'appuyant sur le fond de la boîte par l'intermédiaire d'une rondelle de liège. Ce manchon était retenu en haut par une vis de pression qui traversait la partie supérieure de la boîte, et, suivant qu'il était comprimé ou tendu, il pouvait produire des effets différents propres au microtasimètre et au microphone.

Électrophone de M. Ader. — Pour accroître l'intensité des sons dans le téléphone, M. Ader a combiné un appareil dans le genre de celui de M. Righi, dans lequel l'action électro-magnétique est produite par plusieurs électro-aimants, et qui fonctionne sous l'influence d'un transmetteur à charbon très simple, qui lui a permis en même temps de faire fonctionner des téléphones sans diaphragme dont nous aurons occasion de parler plus tard. Le récepteur de ce nouveau système téléphonique, auquel M. Ader a donné le nom d'*électrophone*, est un tambour d'environ 10 centimètres de diamètre au lequel est fixé

due, d'un côté seulement, une feuille de papier parchemin, au centre de laquelle sont fixées, suivant une circonférence de 6 centimètres de diamètre, six petites armatures de fer-blanc de 1 centimètre de longueur sur 2 millimètres de largeur. En face de ces armatures sont fixés, par l'intermédiaire d'une circonférence de bois qui les soutient, six électro-aimants microscopiques dont la distance aux armatures peut être réglée au moyen de vis. Ces électro-aimants en fer à cheval ont 12 millimètres de longueur de branches, quatre millimètres de diamètre, y compris les bobines, et le noyau magnétique est d'un millimètre et demi environ. Ils sont tous reliés les uns aux autres et agissent simultanément sous l'influence seule du courant de la pile.

Le transmetteur que nous représentons figure 54 est constitué par une sorte de porte-crayon mobile en bois, terminé par une soucoupe, et qui glisse librement dans un trou pratiqué dans un cylindre de bois au fond duquel est adapté un morceau de charbon O, communiquant métalliquement avec l'un des boutons d'attache que l'on aperçoit à gauche de la figure. Le porte-crayon lui-même est muni d'un petit cylindre de charbon c, arrondi par son extrémité, qui appuie sur le morceau de charbon fixe, et se trouve mis en rapport avec le second bouton d'attache par un fil de cuivre très fin enroulé en spirale entre la soucoupe et la partie centrale du cylindre de bois; ce petit fil, tout en servant de communication électrique, forme ressort et permet

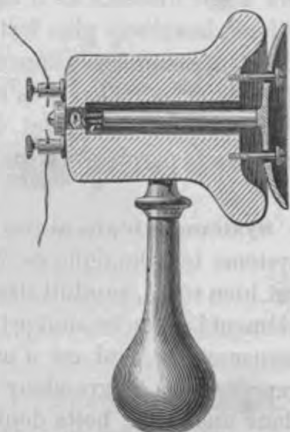


Fig. 54.

au crayon mobile d'accomplir plus facilement ses mouvements vibratoires. Quand l'appareil est placé horizontalement, le contact des deux charbons n'a pas lieu ; mais il suffit de l'incliner un peu, pour que le charbon mobile appuie légèrement sur le charbon fixe et soit par conséquent dans les conditions d'un bon transmetteur téléphonique. Il suffit alors de parler devant la soucoupe de bois, pour que la parole soit très bien reproduite dans un téléphone ordinaire, et à plus forte raison dans l'électrophone, qui se fait entendre à une distance de 5 ou 6 mètres. Les chants se perçoivent beaucoup plus fortement qu'avec le condensateur chantant ; malheureusement cet appareil est d'un réglage difficile et se trouve très impressionné par les variations de l'humidité de l'air et de la chaleur, et c'est ce qui fait que la parole n'est pas toujours bien distincte.

Système téléphonique de M. Boudet de Paris. — Le système téléphonique de M. Boudet de Paris, qui, quand il est bien réglé, produit des effets surprenants avec un seul élément Leclanché, doit principalement sa supériorité à son transmetteur, qui est d'une sensibilité extrême. Nous le représentons de grandeur naturelle, figure 55. Il consiste dans une petite boîte dont le couvercle, qui est à vis, est constitué par une embouchure E de téléphone ordinaire et porte une plaque circulaire de fer-blanc LL au centre de laquelle est soudé un petit disque de charbon A ; sur ce disque appuie l'extrémité d'une bascule de charbon C, articulée par son centre sur les deux joues repliées d'une lame de ressort qui est fixée au fond de la boîte, et c'est un petit morceau de papier B plié en V qui fournit la force antagoniste adaptée au bras de la bascule appuyant contre le charbon de la plaque. L'appareil se règle en vissant plus ou moins le couvercle ou en pressant plus ou moins les branches du V au moyen d'une vis. Pour bien parler avec ce transmetteur, il faut le tenir verticalement

à 2 centimètres de la bouche, et il ne faut pas parler trop haut. Le réglage dépend du reste beaucoup des conditions de l'humidité de l'air.

Si on fait agir ce transmetteur sur un téléphone Bell ordinaire dont la plaque vibrante soit un peu épaisse et l'embouchure munie d'un cornet acoustique, comme celui que l'on adapte au phonographe, la parole peut être entendue distinctement dans tout un appartement. Le seul inconvénient de ce système est d'être un peu capricieux et de nécessiter de fréquents réglages.

En remplaçant le téléphone par un second transmetteur téléphonique, absolument semblable à celui que nous venons de décrire, la parole se trouve admirable-

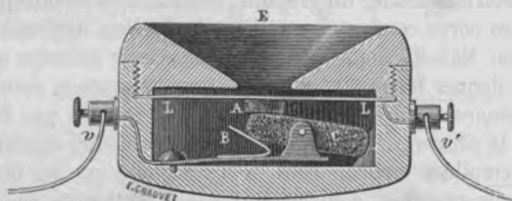


Fig. 55.

ment reproduitesans nécessiter plus d'un élément à la pile.

Les téléphones de M. Walker sont particulièrement propres au dispositif combiné par M. Boudet de Paris. Mais il faut faire un choix parmi eux, et souvent on en essaie une douzaine avant d'avoir rencontré celui qui peut reproduire les sons très hauts.

SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES PERFECTIONNÉS

M. le docteur Boudet de Paris a publié dans la *Lumière électrique*¹, sur les bonnes conditions de construction des

¹ Voir tome III, pages 293, 312, 343, 358, 434, 448; tome IV, pages 25, 40, 204, 409.

téléphones, une série d'études que nous croyons devoir résumer ici, ainsi que d'autres travaux sur le même sujet, afin qu'on puisse comprendre l'importance des perfectionnements apportés dans les téléphones dont il nous reste à parler.

Nous avons déjà vu que, pour amplifier les variations de résistance des transmetteurs téléphoniques dues aux réactions des ondes sonores, on avait dû multiplier les contacts des corps médiocrement conducteurs interposés, et qu'on avait cherché à les introduire dans des dérivations du circuit. Ces corps médiocrement conducteurs ont été assez variés dans leur forme aussi bien que dans la nature des substances qui les composent et qui peuvent être du charbon de corne, du graphite, des sulfures métalliques ou des corps conducteurs à l'état de division, agglomérés ou non. Mais M. Boudet pose comme premier principe que pour donner les meilleurs effets, *tous les contacts doivent être impressionnés au même degré*, ce qui n'a pas lieu dans la plupart des cas. Ainsi avec des rondelles de charbon empilées verticalement, il n'y a guère que les deux ou trois premiers contacts qui soient actionnés par la parole, et encore le sont-ils très inégalement, le poids de chaque rondelle agissant selon les lois de la pesanteur pour rendre les contacts de moins en moins sensibles. Une série de cylindres de charbon à pointe meuse disposés sur une même planchette ne sont pas davantage impressionnés également, et il arrive toujours que les vibrations vocales actionnent plus fortement certains d'entre eux et même en laissent quelques-uns d'inactifs. Pour résoudre le problème, il faut, d'après M. Boudet, calculer le nombre des contacts de telle façon que le téléphone, tout en restant très sensible, c'est-à-dire ayant tous ses contacts impressionnés au même degré, soit capable de réagir sur un courant intense.

M. Boudet de Paris croit avoir résolu ces divers problèmes, dans les différents cas qui peuvent se présenter,

dans son transmetteur téléphonique à boules et dans son transmetteur de quantité que nous décrivons plus loin.

Relativement à l'amplitude des variations de résistance, M. Boudet a fait de longues recherches, et il est arrivé à des conclusions intéressantes.

Il s'agissait d'abord, pour bien évaluer ces amplitudes,

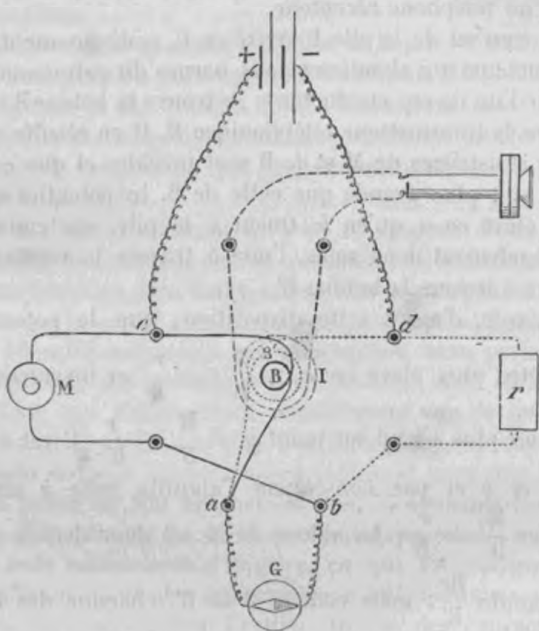


Fig. 56.

de trouver une méthode de les mesurer, et voici celle qu'il a combinée et qui n'est qu'une combinaison de la méthode du pont de Wheatstone avec le sonomètre de M. Hughes (voir la figure 56).

Sur une bobine plate sont enroulées côte à côte trois fils ayant exactement le même diamètre et la même longueur; deux de ces fils sont réunis aux bornes d'attache

du galvanomètre et de la pile par leurs extrémités opposées, comme on le voit figure 56, et forment, par conséquent, deux bobines en dérivation l'une de l'autre, présentant la même résistance (20 ohms) et parcourues en sens inverse par le courant. Le troisième fil joue le rôle de la bobine induite, et ses extrémités sont mises en rapport avec un téléphone récepteur.

Le courant de la pile P arrivé en C, se divise sur deux conducteurs qui aboutissent aux bornes du galvanomètre G. Sur l'un de ces conducteurs se trouve la bobine B, sur l'autre le transmetteur téléphonique M. Il en résulte que si les résistances de M et de B sont inégales et que celle de M soit plus grande que celle de B, le potentiel sera plus élevé en *a* qu'en *b*. Quant à la pile, son courant suit également deux voies, l'une à travers le réostat *r*, l'autre à travers la bobine B'.

On voit, d'après cette disposition, que le potentiel doit être plus élevé en *a*, si $\frac{M}{B} > \frac{r}{B'}$ et inversement qu'il est plus grand au point *b*, si $\frac{M}{B} < \frac{r}{B'}$. Il est égal en *a* et *b* et par conséquent l'aiguille reste à zéro, lorsque $\frac{M}{B} = \frac{r}{B'}$; La valeur de M est donc donnée par la formule $\frac{Br}{B'}$; mais comme $B = B'$, chacune des bobines représentant 20 ohms de résistance, on a donc $M = r$.

En d'autres termes, le galvanomètre marque zéro lorsque $r = M$. L'aiguille dévie quand M est plus petit ou plus grand que *r*, c'est-à-dire lorsque la résistance augmente ou diminue à l'intérieur du transmetteur, et l'équilibre est rétabli pour une égale variation de la résistance du rhéostat. Une simple lecture de cette variation indique la valeur des changements de M.

En faisant l'expérience avec son transmetteur téléphonique à boules, M. Boudet a reconnu que la résistance de cet instrument était de 49^{ohms},75 et que les variations de cette résistance déterminées par la voix à deux centimètres de l'embouchure de l'appareil, pouvaient atteindre *cinq ohms* avec une valeur moyenne d'environ *deux ohms*.

Relativement au mode d'emploi de la pile et à sa meilleure disposition par rapport à un circuit téléphonique, M. Boudet a été conduit à des déductions assez intéressantes sur lesquelles nous croyons devoir insister, car on ne se préoccupe pas généralement assez de cette double question.

Il a d'abord reconnu qu'avec le courant d'une pile agissant directement sur le récepteur téléphonique par l'intermédiaire d'un bon transmetteur à charbon, il faut, pour que la parole soit bien perçue, une intensité minima de 40 milli-ampères; par conséquent, sans parler de l'amplitude des variations de résistance dans le transmetteur qui s'effaceraient sensiblement sur de longues lignes, il faudrait une pile très forte pour reproduire à grande distance des sons appréciables, et pour une ligne bien isolée de 500 kilomètres, avec 55 éléments Leclanché, l'étendue de la variation d'intensité ne dépasserait pas *trois millionièmes d'Ampère*, ce qui est évidemment insuffisant pour des transmissions téléphoniques pratiques. En conséquence, l'action directe des courants de pile sur un circuit simple ne peut être employée que sur des lignes courtes dans lesquelles l'étendue des variations atteint environ 0,0068 Ampère.

Avec les courants induits il n'en est pas de même : le courant direct de la pile n'agissant que sur l'hélice primaire de la bobine, qui ne présente qu'une faible résistance, les variations de l'intensité électrique conservent leur importance et se reproduisent dans les courants de l'hélice secondaire, qui prennent naissance dans un rap-

port peut-être encore plus prononcé, en raison de la réversibilité des effets d'induction, et comme les courants induits ont une grande tension et de plus sont alternativement renversés, la résistance du circuit exerce sur les effets produits moins d'influence.

Les expériences de M. Boudet de Paris, relativement à la meilleure disposition à donner à la pile par rapport aux conditions du circuit extérieur, confirment les lois des maxima d'intensité qui résultent des formules de Ohm. Ainsi, il a reconnu que la valeur maxima de la variation d'intensité se produisait quand la résistance du circuit extérieur était égale à la résistance de la pile; mais pour un même nombre d'éléments de pile, les effets peuvent être plus ou moins bien utilisés, suivant le mode de groupement des éléments eu égard au circuit extérieur, représenté surtout ici par la résistance du transmetteur téléphonique. Dans ce cas, ce serait, d'après la théorie, le groupement qui rendrait la résistance totale de la pile égale à celle du circuit extérieur qui aurait l'avantage, mais M. Boudet a été conduit par l'expérience à d'autres déductions qu'il a formulées de la manière suivante :

1^o Si l'on considère les effets produits au point de vue de l'intensité électrique seule, on peut établir qu'avec une pile dont le nombre d'éléments croît de 1 à 20, celle de toutes les dispositions qui donne l'effet minimum est la disposition où tous les éléments sont disposés en quantité, que la disposition en deux séries réunies en batterie est celle qui fournit le courant le plus énergique, puis vient la disposition en une seule série, et enfin le groupement en deux batteries réunies en séries.

2^o Si l'on considère les effets au point de vue de l'importance des variations d'intensité produites, ce qui est le point capital, on reconnaît qu'avec la disposition en une seule batterie, ces variations atteignent rapidement leur maximum, d'ailleurs peu élevé, et ne sont que très

peu modifiées par l'addition d'un nombre plus considérable d'éléments; qu'avec le groupement en deux batteries réunies en séries, ces mêmes variations augmentent avec le nombre d'éléments et atteignent vite un chiffre élevé; qu'enfin la disposition en deux séries réunies en batterie donne les plus grandes variations.

« En résumé, dit M. Boudet, si l'on rapproche ces diverses expériences et que l'on compare, pour chaque variété de groupement, l'intensité du courant total et la variation de cette intensité produite par une variation de 2 ohms dans la résistance, on voit que :

« 1° *La disposition en série unique* ne doit être employée qu'avec un petit nombre d'éléments, quand on n'a besoin que d'un courant de faible intensité, et lorsque les éléments offrent peu de résistance intérieure.

« 2° *La disposition en une seule batterie* doit être rejetée quand on emploie des transmetteurs dont les contacts sont en tension.

« 3° *La disposition en deux batteries réunies en série* est bonne, mais elle donne moins d'intensité que la suivante pour un petit nombre d'éléments.

« 4° *La disposition en deux séries réunies en batterie* doit être préférée à toutes les autres, lorsqu'on veut un courant énergique; c'est elle qui fournit le maximum d'énergie totale et aussi le maximum de variation d'intensité. »

Cette dernière conclusion a été, il est vrai, combattue mathématiquement et avec raison par M. Dejongh, qui prétend que dans le cas en question, pour être dans les conditions de maximum, *on doit disposer les éléments de la pile de manière que la résistance de celle-ci soit égale au tiers de la résistance extérieure*. Il montre en effet que ce ne sont pas les conditions de maximum par rapport à l'intensité du courant qui doivent être alors prises en considération, mais celles qui se rapportent à la *grandeur des variations* de cette intensité. (Voir le journal *la Lumière électrique*, tome IV, page 156).

Nous avons le premier, à la suite des expériences de

M. Hertz, attiré l'attention sur le rôle important que pouvaient remplir les dérivation pour l'amplification des variations d'intensité déterminées dans les transmetteurs à charbon sous l'influence de la voix. A la suite de l'exposé que j'avais fait de ce principe, M. Dejongh m'a envoyé une note mathématique dans laquelle il démontrait que pour que ce moyen d'amplification présentât des avantages, il fallait que l'on eût

$$br > (a - x)a,$$

x représentant la variation de la résistance produite sur le transmetteur et par suite dans la dérivation a constituée par lui, b représentant la résistance de la ligne et r la résistance de la pile, M. Dejongh en avait naturellement conclu que ce système n'est applicable qu'avec des courants voltaïques et ne présente d'avantages marqués que sur les longues lignes, quand la dérivation a , c'est-à-dire la résistance du transmetteur, n'est pas trop considérable par rapport à celle de la ligne b .

Naturellement ces avantages ne sont obtenus qu'au préjudice d'un affaiblissement très notable dans l'intensité du courant, mais dans les transmissions téléphoniques c'est surtout l'amplification des variations d'intensité qui est à considérer, et M. Boudet montre qu'avec une pile de 55 éléments Leclanché agissant sur un circuit de 5000 ohms et avec son transmetteur introduit dans une dérivation prise à partir des pôles de la pile, l'intensité électrique est réduite, il est vrai, à la *onzième partie* de ce qu'elle aurait été sans la dérivation, mais l'amplitude de la variation est devenue *trente deux fois plus forte*.

En étudiant plusieurs cas d'application de ce système, on arrive à cette conclusion : que lorsque la résistance du circuit de dérivation est plus grande que celle de l'intervalle de dérivation (transmetteur), la variation de l'intensité du courant dérivé est plus grande que s'il n'y avait pas de dérivation; mais en revanche, l'intensité même de

ce courant est diminuée; au contraire, lorsque la résistance du circuit de dérivation est plus faible que celle de l'intervalle de dérivation, le courant donné acquiert une intensité supérieure à celle qui existerait sans la dérivation, mais les variations d'intensité dues aux variations de résistance deviennent beaucoup plus faibles.

Malgré les avantages que présente l'emploi des dérivations dans les transmissions téléphoniques, les effets produits sont encore moins importants que ceux que l'on obtient avec les courants induits, et M. Boudet a recherché si on ne pourrait pas produire encore des résultats

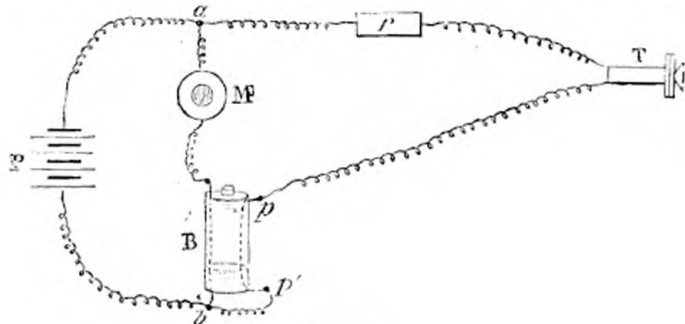


Fig. 57.

plus complets en associant les deux effets. Il y est parvenu en insérant le circuit primaire de la bobine d'induction B, figure 57, dans la dérivation même du transmetteur $a M b$ et en complétant le circuit de ligne du téléphone récepteur par le fil secondaire $p p'$ de la bobine qui se trouve ensuite relié au circuit primaire au point de bifurcation b de la dérivation.

De cette disposition résulte la formation de deux circuits dérivés, l'un formé par le transmetteur M et le fil primaire de la bobine, le second par le fil de ligne, le récepteur T, le fil de retour et le fil induit $p p'$ de la bobine. Or par suite des effets produits, le récepteur se trouve alors actionné par trois courants de haute tension :

- 1° Le courant d'induction proprement dit;
- 2° L'extra courant produit sur l'inducteur;
- 5° L'extra courant produit par le courant dérivé sur le fil induit.

Et il résulte de ces trois courants des effets beaucoup plus énergiques.

M. Boudet avait déjà reconnu l'intervention favorable des extra-courants dans des expériences qu'il cite dans le journal *la Lumière électrique*, tome III, page 245, et qui ont montré que, par le fait même de l'introduction en dérivation d'une bobine de résistance dans un circuit téléphonique (près des deux boutons d'attache du téléphone récepteur), on percevait beaucoup mieux les sons et à une plus grande distance; mais il fait observer que, comme cette bobine de résistance pourrait être constituée par celle d'un second téléphone, il s'en suivrait qu'on gagnerait à avoir plusieurs téléphones accouplés en quantité au poste de réception. Il faudrait seulement que ces téléphones fussent très résistants.

Jusqu'à présent, il n'a été question que de transmetteurs dans lesquels les contacts étaient disposés en tension, c'est à dire échelonnés les uns à la suite des autres de manière à être traversés successivement par le courant: il s'agissait de savoir ce qui pourrait résulter d'un autre mode de disposition, de la disposition en quantité, par exemple. M. Boudet a encore fait à ce sujet de nombreuses expériences qui l'ont conduit aux déductions suivantes :

« 1° Il faut, dit-il, calculer le nombre des contacts de manière que le transmetteur, tout en restant très sensible, c'est-à-dire ayant tous ses contacts impressionnés au même degré, soit capable de réagir sur un courant intense, et pour cela, il faut que la résistance propre de l'appareil soit telle que le courant la traverse sans trop d'affaiblissement, et que d'autre part elle soit divisée sur un nombre de points suffisant pour que l'effet nuisible du courant énergique sur un seul contact disparaisse par

le fait même de sa division, ce que l'on obtient en les groupant en quantité. C'est ainsi que sont disposés les transmetteurs de MM. Crossley et Ader.

« 2^e Pour obtenir les meilleurs effets de la part d'un transmetteur microphonique, il faut qu'on se rappelle qu'une ligne télégraphique n'est pas seulement un conducteur résistant, mais encore un conducteur ayant une capacité électro-statique, et en conséquence, il faut que l'intensité du courant qui traverse le transmetteur soit aussi grande que possible en lui laissant néanmoins toute sa sensibilité. Or pour obtenir ce résultat, il suffit de rendre, dans le transmetteur, *la conductibilité indépendante de la sensibilité*, en employant beaucoup de contacts très imparfaits, ce qui favorise la sensibilité, et en les accouplant tous en surface, de façon que le courant très fort se divise en un grand nombre de petits courants traversant une grande quantité de petits transmetteurs fonctionnant tous à la fois d'une manière égale.

M. Boudet, comme du reste M. Ader, qui le premier est entré dans cette voie, préconise les dispositions de contact dans lesquelles la pesanteur intervient comme force antagoniste, mais il fait remarquer que la question des poids relatifs de ces contacts charbonnés doit être prise en considération, et qu'il doit exister, surtout pour la disposition en quantité, un certain rapport fixe entre la masse des charbons qui reçoivent les vibrations et celle des charbons qui fonctionnent par leur inertie. Mais quand on applique ces contacts au diaphragme devant lequel on parle, on peut aisément trouver ce rapport en réglant convenablement l'inclinaison du diaphragme.

Dans les appareils de M. Boudet à 24 charbons verticaux, la résistance du système microphonique ne dépasse pas un ohm, mais les variations de résistance sont alors loin d'égaler celles qui se produisent dans un transmetteur disposé en tension. En parlant à deux centimètres

de l'embouchure, elle peut quelquefois atteindre près d'un ohm si la voix est très forte, mais en moyenne, elle ne dépasse guère 0^{ohm},25, ce qui montre que le transmetteur à contacts en quantité ne peut être utilisé avec le courant direct de la pile. Avec les courants induits, il en est tout différemment, et l'on peut obtenir sous l'influence d'un seul élément peu résistant des effets réellement surprenants dans lesquels les variations d'intensité peuvent atteindre 500 milli-ampères; mais pour que ces effets avantageux soient maxima, il faut que la résistance de la pile ne dépasse pas les résistances réunies du transmetteur et du fil inducteur de la bobine. Ce sont du reste ces sortes de transmetteurs qui réalisent ces belles reproductions des chants de l'Opéra que l'on a tant admirées à l'Exposition de 1881.

Un des moyens qui a le mieux réussi pour renforcer les effets des courants transmetteurs, est de polariser préventivement les organes électriques des récepteurs. Avec les récepteurs ordinaires électro-magnétiques, cette polarisation préventive existe par le fait même de la magnétisation des aimants; mais dans les récepteurs non magnétiques, comme les microphones récepteurs et les condensateurs, il est très utile d'y déterminer des charges constantes, afin que les courants transmis n'aient à produire que des différences de potentiel dans ces charges, ce qui s'effectue toujours plus facilement et entre des limites bien plus étendues que quand il faut développer de toutes pièces une action électrique sur un conducteur inerte. C'est pourquoi, en introduisant une pile dans le circuit secondaire d'une ligne téléphonique mise en rapport avec un condensateur, on peut parvenir à le faire parler facilement, et il en est de même pour le microphone récepteur; mais il est surtout utile alors de mettre à contribution une seconde bobine d'induction, comme l'avait indiqué, dès l'année 1878, M. Berliner. Dans ces conditions, le récepteur est intercalé dans un circuit

local complété par la pile locale et le fil primaire de la bobine, et le fil secondaire correspond par le fil de ligne au fil secondaire de la seconde bobine au poste de transmission.

M. Maiche a aussi trouvé un moyen d'amplifier les variations d'intensité électrique en constituant l'hélice primaire des bobines d'induction avec deux fils d'une longueur assez voisine, mais calculée de manière que l'un soit plus résistant que l'autre, précisément de la résistance du transmetteur microphonique. L'un de ces fils est en rapport avec le circuit de ce transmetteur, l'autre avec une dérivation issue de la pile, mais effectuée dans des conditions telles que les courants dérivés passent en sens contraire à travers les deux hélices. Il en résulte que quand, par suite des vibrations effectuées sur le transmetteur, la résistance du contact diminue pour augmenter ensuite, le courant augmente dans l'une des dérivations à mesure qu'il s'affaiblit dans l'autre et réciproquement, et comme les effets exercés sur l'hélice secondaire sont de sens contraire, l'action correspondant à l'affaiblissement de résistance de l'une des hélices s'ajoute à celle qui résulte de l'affaiblissement de l'intensité électrique dans l'autre hélice, pour développer un courant induit près de deux fois plus énergique.

DIFFÉRENTS SYSTÈMES

La plupart des systèmes téléphoniques considérés comme les plus perfectionnés ne présentent de nouveau que leur transmetteur, et pour mettre de l'ordre dans notre description, nous allons les passer en revue dans leur ordre de date, ce qui permettra, en même temps, de suivre la voie dans laquelle on s'est successivement dirigé. Nous commençons naturellement par le système de M. Edison, qui a été très employé et qui l'est encore dans

certains bureaux, surtout pour les téléphones portatifs dans lesquels le transmetteur et le récepteur sont réunis pour permettre d'entendre et de parler à la fois. Ce sont de ces appareils, dont se servent souvent les employés des bureaux centraux pour correspondre avec les abonnés.

Système de M. Edison. — Dans le dernier système de M. Edison, le transmetteur employé est une modification de celui que nous avons décrit page 127, et nous le représentons en coupe figure 58. Il est d'ailleurs fondé sur le même principe, et la disposition des

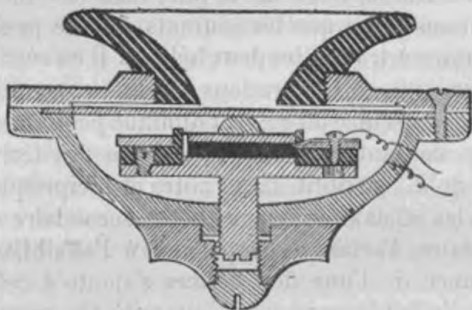


Fig. 58.

pièces est à peu près la même. Cependant on voit que la pastille de charbon est adaptée sur un support mobile qui, au moyen d'une vis, permet de régler la pression exercée entre le système microphonique et le diaphragme. M. Edison a bien combiné encore un autre système disposé un peu comme celui de Blake, mais nous n'en avons pas vu un seul modèle employé en France; nous en parlerons du reste au sujet du *téléphone électromotographe*.

Après avoir essayé beaucoup de récepteurs, M. Edison en est revenu à celui que nous avons représenté figure 57, auquel on a donné le nom de *ponny-crown*, et qui est un

diminutif du téléphone à couronne de M. Phelps, dont nous avons parlé déjà page 89.

La bobine d'induction est d'ailleurs toujours conservée, et l'on a disposé l'ensemble du système comme on le voit figure 59. Le transmetteur est placé sur un support doublement articulé qui permet de le maintenir incliné

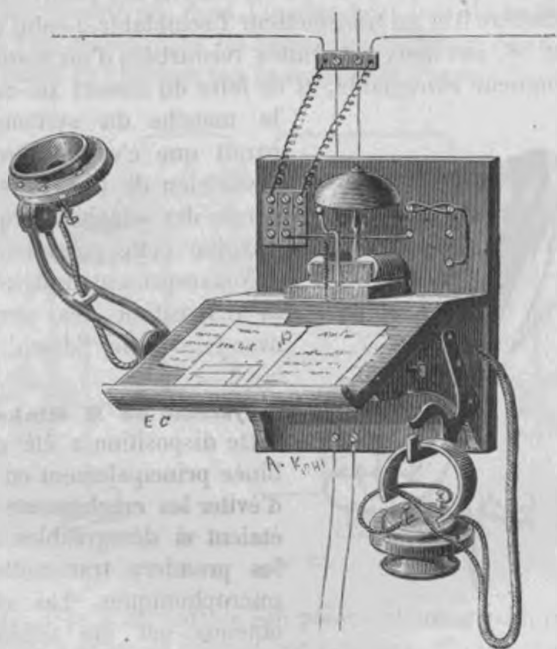


Fig. 59.

à la hauteur de la bouche; la dépêche à expédier est placée sur un pupitre au-dessous, le récepteur est suspendu à un crochet, et une sonnerie d'appel est placée au-dessus du pupitre.

Dans ce système, on le voit, les moyens d'amplification dont nous avons parlé n'ont pas été mis à contribution; il

n'y a qu'un seul contact microphonique au transmetteur, et les dérivations de courant n'ont pas été mises à profit.

Dans les bureaux téléphoniques, on a disposé le système précédent de manière à pouvoir s'adapter instantanément à l'oreille et à la bouche, comme on le voit figure 60. Il a suffi pour cela d'adapter un ponny-crown en tabatière R et un transmetteur T semblable à celui de la figure 58, aux deux extrémités recourbées d'un ressort P de longueur convenable, et de faire du ressort lui-même

le manche du système. Il paraît que c'est M. Brown, électricien de la société générale des téléphones, qui a imaginé cette combinaison.

Nous représentons figure 61 la disposition des circuits avec le système Edison.



Fig. 60.

Système de M. Blake. —

Cette disposition a été combinée principalement en vue d'éviter les crachements qui étaient si désagréables avec les premiers transmetteurs microphoniques. Les effets obtenus ont été tellement

satisfaisants sous ce rapport que pendant longtemps ce système a primé tous les autres, et c'est lui qui avait été adopté par les compagnies Anglaises et Américaines. Encore même aujourd'hui, il est recherché dans certains pays et par certaines personnes, malgré les perfectionnements nouveaux.

Dans ce système, représenté figure 62, le contact des charbons, au lieu d'être effectué par la pression de deux pièces dont l'une est fixe et l'autre mobile, ce qui rend

l'appareil impressionnable aux actions physiques extérieures, est constitué par deux organes mobiles qui sont toujours en contact léger l'un avec l'autre, et qui sont complètement indépendants du diaphragme. Pour obtenir cet effet, la pièce *d* qui n'est pas en rapport directement avec le diaphragme et qui sert de porte-charbon, est disposée de manière à présenter à son extrémité libre une masse pesante *gh*, dont l'inertie tient lieu de la rigidité que l'on obtient dans les autres transmetteurs de ce genre en fixant ce charbon sur le support de l'appareil. Comme

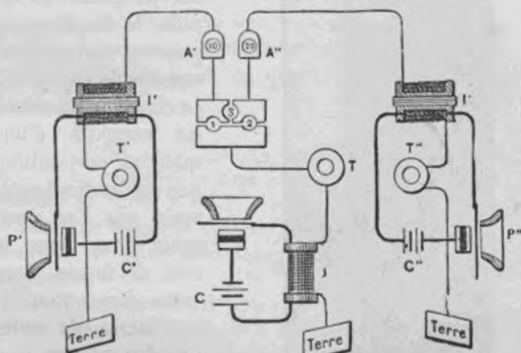


Fig. 61.

cette pièce *d*, du côté de son point d'attache, est terminée par un ressort, le contact est toujours effectué dans les mêmes conditions de pression.

Pour régler la pression du système par rapport au diaphragme, M. Blake fixe le ressort de la pièce de contact *gh* dont il vient d'être question, sur une lame métallique *F*, disposée verticalement et soutenue elle-même par une lame de ressort *j*, et comme elle porte à sa partie inférieure un plan incliné sur lequel appuie la pointe *G* d'une vis *l*, il devient facile, au moyen de cette

vis, de régler convenablement la pression par rapport au diaphragme.

Le second contact, du côté du diaphragme, a lui-même une disposition particulière; c'est un petit grain de platine d'un millimètre

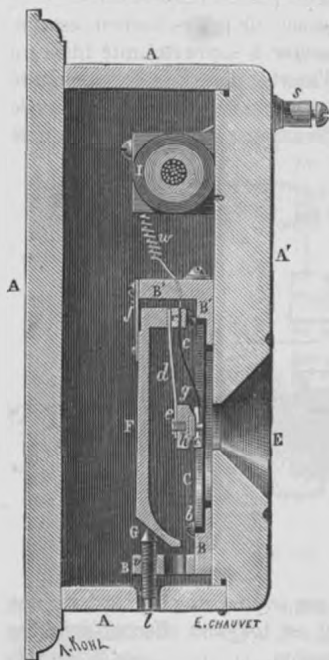


Fig. 62

de diamètre sur 1,5 de longueur, qu'un ressort *c* fait presser légèrement contre le charbon *h*, et c'est sur ce grain qu'appuie le diaphragme, pour un réglage convenable de l'appareil. Le charbon lui-même est composé d'une matière particulière non encore divulguée, mais que l'on croit avoir pour base le noir de fumée. Avec cette disposition, il est facile de comprendre que les craquements si fâcheux dans les microphones ordinaires, sont évités en partie, puisque la pression des deux pièces de contact reste toujours la même,

quand bien même le diaphragme n'y toucherait pas du tout. Naturellement, le courant arrive à cet interrupteur par les ressorts de suspension du grain métallique et de la masse de charbon.

L'appareil est d'ailleurs disposé verticalement et pré-

sente devant le diaphragme une embouchure E, comme dans les téléphones ordinaires, et le courant qui agit sur le téléphone est fourni, comme dans le système d'Edison et de beaucoup d'autres, par une bobine d'induction I, animée par une pile.

Système de M. Crossley. — Ce système avait été combiné dans l'origine pour des transmissions faites à une certaine distance de l'appareil transmetteur, et on doit se rappeler que grâce à lui, on a pu résoudre ce problème en apparence irréalisable, de faire entendre sur une ligne assez longue des sermons et des cantiques, en un mot de faire assister des malades au service divin sans quitter leur lit. Voici ce que m'écrivait à ce sujet, en 1879, M. Crossley :

« M. Crossley se permet de soumettre à M. le comte du Moncel un paragraphe d'un article paru dans le *Bradford Observer* de lundi dernier. Il ajoute que le circuit était de 17 milles de longueur contenant dans son parcours cinq stations de réception dans lesquelles se trouvaient placés 12 téléphones.

« Le transmetteur était placé sur un des côtés de la chaire, dans la chapelle d'Halifax, et à 5 bons pieds de la bouche du prédicateur. La batterie employée était composée de deux éléments Bunsen. On se servait aussi d'une petite pile thermo-électrique Clamond.

« Le transmetteur a servi pendant près de dix-huit mois tous les dimanches, et mes amis et moi avons pu par ce moyen assister au service avec grande facilité, à travers un fil de 2 milles de longueur.

« Le chant pouvait être entendu dans toute ma chambre, et, si l'appareil avait pu être placé en face du prédicateur et tout près de sa bouche, il n'y a aucun doute qu'on aurait pu obtenir pour la parole le même résultat. »

Dans l'origine, ce transmetteur se composait essentiellement de quatre petites baguettes de charbon de

bois de pin disposées entre elles à angle droit, de manière à former les côtés d'un carré; elles étaient soutenues sur un diaphragme de bois ou de parchemin fixé sur un tambour par quatre blocs de charbon entaillés qui les réunissaient par leurs points de contact, c'est-à-dire aux quatre angles qu'elles déterminaient. Il en résultait donc que, dans ce transmetteur, le médiocre conducteur présentait 8 contacts, ce qui augmentait beaucoup sa sensibilité et son aptitude à reproduire fortement les sons articulés.

Le courant électrique destiné à transmettre les sons était produit par une bobine d'induction excitée par une pile mise en rapport avec le transmetteur par deux des blocs de charbon opposés, ce qui disposait les quatre pièces de ce transmetteur moitié en tension, moitié en quantité, car le courant à son entrée se divisait en deux pour se concentrer de nouveau après avoir traversé de chaque côté deux charbons placés bout à bout et leurs contacts.

M. Crossley prétendait que l'appareil, dans son entier, constituait une sorte de tabatière portative et facile à placer partout, même dans une chaire d'église.

Depuis les résultats étonnants produits à Halifax, les compagnies de téléphone ont cherché à appliquer le système de transmetteur de M. Crossley, qu'on a dû combiner en conséquence, et on l'a essayé en plusieurs pays, notamment à Paris. On constitua alors les contacts microphoniques avec du charbon de cornue ou des charbons à lumière, et on disposa l'appareil comme on le voit figure 63. C'était une sorte de pupitre présentant supérieurement une cavité dont le fond était occupé par une planche de sapin très mince, et derrière cette planche, était appliqué le système des charbons représenté en plan et en coupe figure 64. Bien que de bons résultats aient été obtenus avec cette disposition, on chercha néanmoins à la perfectionner, et c'est alors qu'on com-

bina les transmetteurs à contacts multiples dont nous avons déjà parlé, et dont les principaux sont ceux de

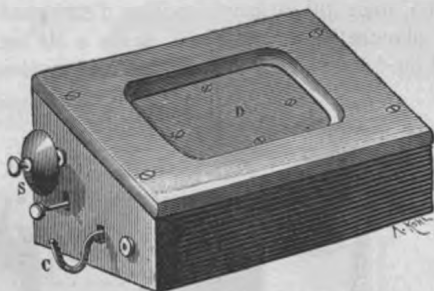


Fig. 65.

MM. Ader, Maiche, Boudet de Paris, d'Arsonval, Herz, que nous allons maintenant décrire.

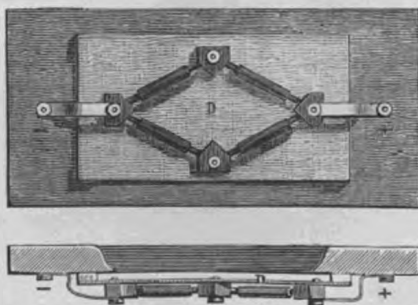


Fig. 64.

Système de M. Ader. — Dans l'origine, M. Ader avait compris toute l'importance de l'action de la pesanteur employée comme force antagoniste aux effets de vibration, et il construisit le système à contact unique que

nous avons décrit et représenté dans notre dernière édition, page 377. Aujourd'hui il ne reste plus de ce système que le dispositif extérieur que nous représentons figure 65, mais qui est carré au lieu d'être rond. Toutefois la planchette horizontale de sapin a été maintenue, et c'est au-dessous d'elle qu'est adapté le système micro-

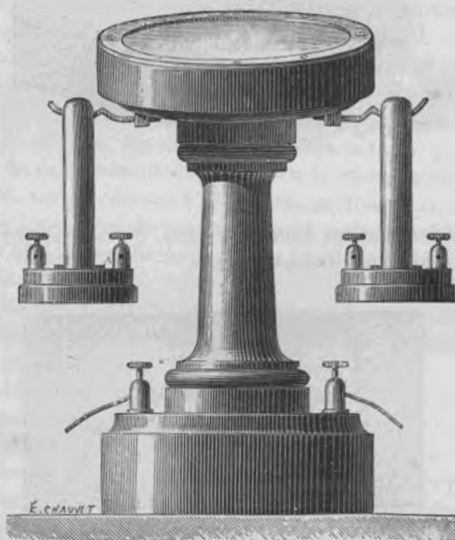


Fig. 65.

phonique qui est constitué par une sorte de double grille à 24 contacts de charbons que nous représentons figures 66 et 67. Dans la figure 67, l'appareil est vu par le dessous, et on a supposé la planche du fond enlevée.

Cette double grille se compose, comme on le voit, de trois traverses de charbon *a*, *b*, *c*, sur lesquelles pivotent 12 baguettes de la même substance *E E* formant à leurs

extrémités de petits tourillons adaptés librement dans des trous percés dans les traverses; il y a donc 24 trous

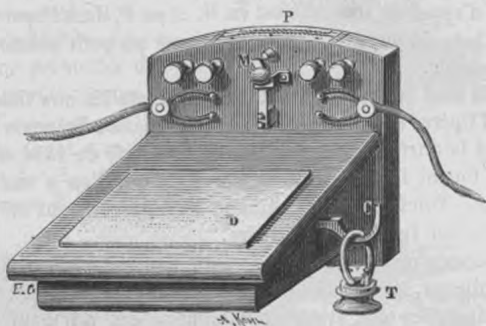


Fig. 66

et par conséquent 24 contacts accouplés par 12 en quan-

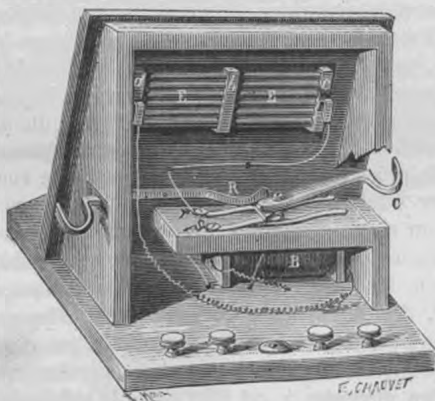


Fig. 67.

tité et correspondant chacun à deux charbons réunis en tension. La bobine d'induction est en B, et le crochet de

suspension servant de commutateur pour le circuit de sonnerie et le circuit téléphonique, se voit en C. Le bouton d'appel de sonnerie est en M, et en P, dans l'épaisseur du bois du pupitre, se trouve adapté un petit parafoudre à pointes.

Ce sont ces appareils qui ont été installés aux théâtres de l'Opéra, de l'Opéra-Comique, du Théâtre-Français pendant la durée de l'Exposition d'électricité de 1881 et qui ont fourni les merveilleux résultats que l'on a tant admirés. Voici du reste comment les appareils ont été disposés sur la scène de l'Opéra.

Comme on devait satisfaire aux demandes d'un public nombreux, très avide de ces sortes d'expériences, on a dû installer ces systèmes téléphoniques de manière à animer un grand nombre de téléphones, et comme on voulait qu'on pût entendre au moyen de deux téléphones placés isolément à chaque oreille, il a fallu disposer les transmetteurs pour une centaine de doubles téléphones. Naturellement les récepteurs correspondant à ces transmetteurs, ont été les téléphones à surexcitation de M. Ader que nous avons décrits page 82. L'expérience ayant montré qu'à la distance séparant l'Opéra du palais de l'Exposition (environ 2 kilomètres), un des transmetteurs décrits précédemment pouvait avec une pile convenable animer 8 téléphones à surexcitation, réunis en tension dans un circuit à deux fils, on a dû installer à l'Opéra 24 transmetteurs ayant chacun sa pile et sa bobine d'induction. Ils étaient rangés le long de la rampe de la scène, des deux côtés du trou du souffleur, comme on le voit figure 68, et correspondaient par de doubles fils souterrains placés en partie dans les égouts, à 5 salles disposées à cet effet dans le palais de l'Exposition.

Pour obtenir les meilleurs effets possibles de cette organisation, il a fallu procéder à un grand nombre d'expériences préventives, plus ou moins compliquées,

et ce n'est qu'après des résultats décisifs que la Compagnie générale des téléphones de Paris s'est décidée à faire les frais énormes de cette installation, qui a coûté près de 160 000 francs.

Pour permettre d'abord de suivre en quelque sorte la marche des acteurs sur la scène, M. Ader a usé d'un artifice fondé un peu sur les effets stéoroscopiques.

Supposons que deux transmetteurs microphoniques du genre de celui dont il a été question précédemment, soient placés en T et T', figure 69, et que ces fils soient reliés

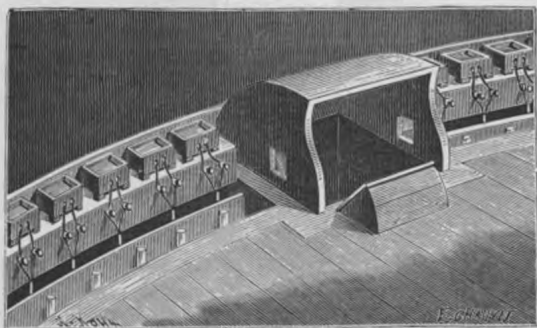


Fig. 68.

à deux téléphones récepteurs R, R', que l'on devra appliquer contre les deux oreilles; admettons que l'on écoute dans cette position, c'est-à-dire avec les deux oreilles, un acteur que nous supposerons placé en A, par exemple. Il est facile de comprendre que la distance de cet acteur au transmetteur T, étant moindre que celle qui le sépare du transmetteur T', son chant sera plus énergiquement reproduit par le transmetteur T que par le transmetteur T', et ce sera l'oreille de gauche qui sera le plus fortement impressionnée. Si, au contraire, l'acteur quitte la position A pour prendre la position A', le contraire aura

lieu, et ce sera alors l'oreille de droite qui recevra les sons les plus forts. Il arrivera donc que la sensation définitive que l'on obtiendra sera une transformation de l'intensité sonore d'une oreille à l'autre, qui équivaudra à un éloignement de son pour l'une, et à un rapprochement pour l'autre, c'est-à-dire à un déplacement de la

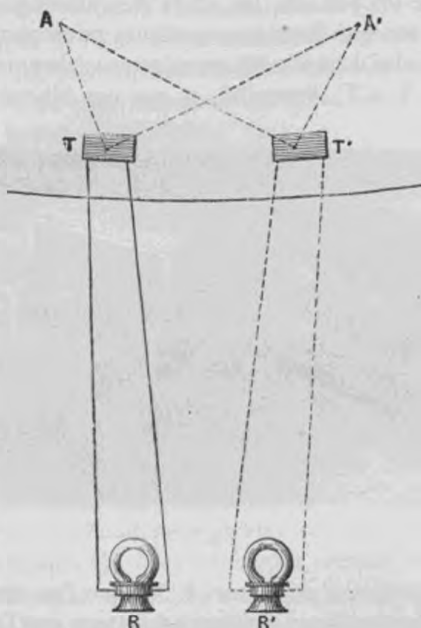


Fig. 69.

source du son ou de l'acteur de gauche à droite, et il en sera de même pour plusieurs acteurs se croisant sur la scène. Voici maintenant comment ce principe a été appliqué pour les auditions de l'Opéra.

Nous avons vu qu'on avait installé de chaque côté du trou du souffleur et le long de la rampe onze transmetteurs. Chacun de ces transmetteurs a son circuit par-

ticulier et, par conséquent, son câble souterrain. A l'arrivée dans la salle de l'audition, les câbles aboutissent chacun à huit récepteurs, mais toujours de manière que, pour chaque auditeur, les effets soient bien distincts à chacune de ses oreilles.

On peut voir, dans la figure 70 ci-dessous, le parcours des circuits pour deux transmetteurs, et il en serait de même des autres. Pour peu qu'on étudie cette figure, on reconnaîtra que, sur chaque support d'appareils des salles téléphoniques, il existe toujours un téléphone, celui de gauche, qui correspond aux transmetteurs de gauche de la scène, et un téléphone de droite qui correspond aux transmetteurs de droite. Les téléphones de chaque série sont d'ailleurs disposés les uns à la suite des autres sur le même circuit.

Cette disposition, comme on le voit, est très ingénieuse, et bien qu'on eût pu la simplifier, eu égard au nombre des circuits employés, on n'a pas reculé devant le surcroît de dépense qu'elle occasionnait; car, on a reconnu, par l'expérience, qu'elle était nécessaire pour obtenir un fonctionnement satisfaisant de la part de 8 paires de téléphones, et ce nombre n'était pas encore suffisant pour satisfaire la curiosité publique.

Si on suit avec soin le parcours des circuits sur la figure 70, on voit que chacun d'eux avait non seulement sa pile, mais encore des piles de rechange (quatre) et une bobine d'induction. Cette disposition avait été prise par suite du défaut qu'ont les piles Leclanché de se polariser promptement; et pour obtenir de bons effets, on a été obligé d'effectuer la permutation de ces piles tous les quarts d'heure. C'est à cet effet qu'ont été introduits dans les circuits les commutateurs C et C'. On voit d'ailleurs en I les interrupteurs des fils de ligne à l'Opéra, et des commutateurs se trouvaient dans chacune des salles pour transporter d'une salle à l'autre l'audition quand le temps réservé aux auditeurs était expiré. Les indications écrites

sur notre figure, permettent, du reste, de se faire une idée très exacte de toute l'installation.

Comme les mouvements du plancher de la scène sous les pas des danseuses et des acteurs auraient pu fournir des bruits de crachements très désagréables dans les auditions, on a dû disposer les transmetteurs d'une manière particulière; ils étaient adaptés dans des espèces de petites boîtes ouvertes dont le fond était occupé par une forte masse de plomb, et les boîtes elles-mêmes étaient soutenues sur des pieds en caoutchouc.

Ces brillantes expériences montrent que l'on n'avait rien exagéré quand, dès l'origine de la découverte du téléphone, on publiait dans les journaux qu'on avait pu entendre parfaitement, à grande distance, des concerts et des sermons; on ne pourra pas nous accuser d'avoir été trop crédule quand nous annoncions, en 1878, que l'opéra de Don Pasquale avait été très bien entendu dans le téléphone, à Bellinzona, et qu'on n'avait perdu aucune des délicatesses de cette charmante musique. Nous croyons toutefois que les résultats alors obtenus étaient loin d'atteindre ceux que nous avons pu apprécier à l'Exposition.

Les auditions théâtrales dont nous venons de parler étaient effectuées non seulement dans quatre salles disposées spécialement à cet effet dans le palais de l'Industrie, mais encore dans un petit salon dit de l'Impératrice qui se trouve dans le corps avancé du palais. Là on n'était pas distrait par les bruits extérieurs, et on pouvait réellement saisir à son aise les charmantes mélodies de notre scène lyrique; quant aux salles téléphoniques de l'Exposition elles étaient revêtues de tous côtés de tapis dour amortir les bruits extérieurs, et les téléphones étaient accrochés par paire à des planchettes de bois au nombre de vingt par salle. Au milieu de la salle se trouvait une table avec une installation téléphonique pour le surveillant, afin de prévenir le public quand les pièces

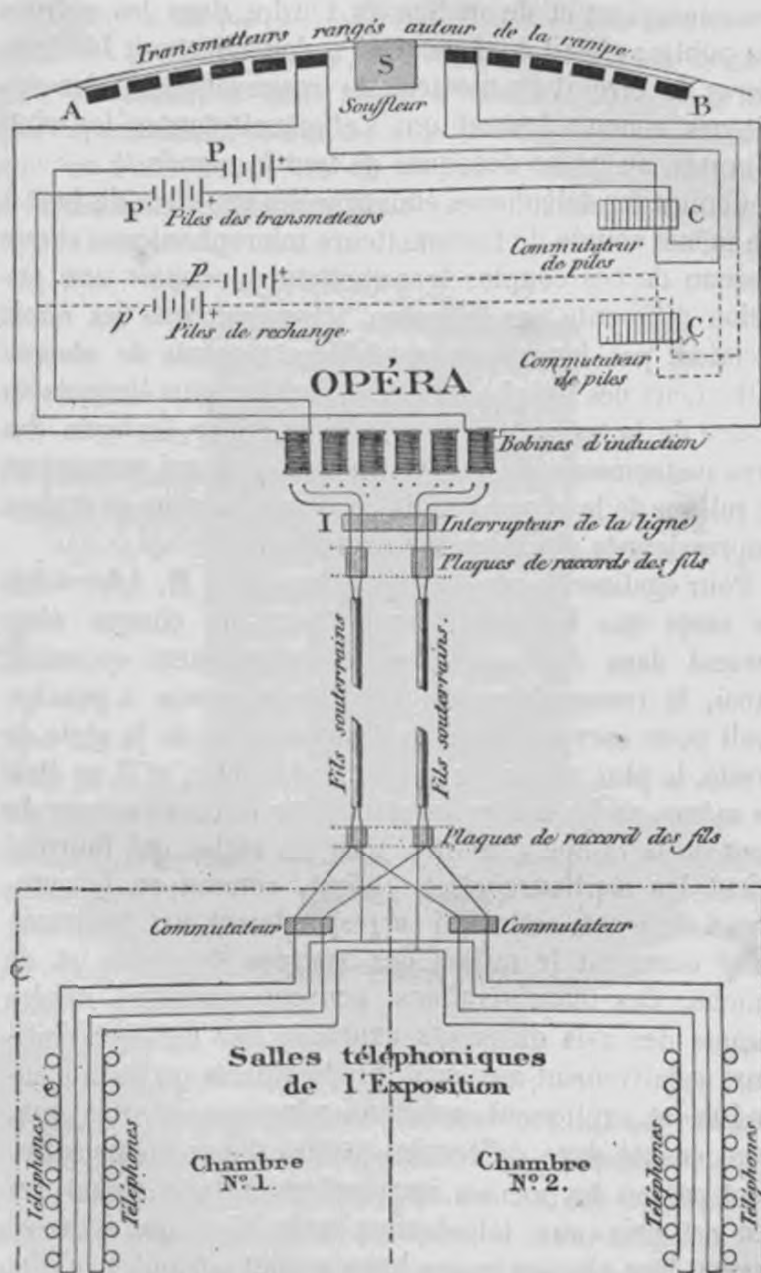


Fig. 70.

commençaient et de mettre de l'ordre dans les entrées du public; c'était également là qu'on effectuait les coupures du circuit au moment du renouvellement des auditeurs, renouvellement qui s'effectuait toutes les cinq minutes, au grand désespoir de tout le monde.

Comme les téléphones étaient reliés par série de huit à un même couple de transmetteurs microphoniques et que chacun de ces couples transmetteurs occupait une position différente sur la scène, il arrivait que les effets n'étaient pas les mêmes en différents points de chaque salle. Ceux des téléphones qui étaient les plus éloignés du centre de la scène étaient plus affectés par les sons des gros instruments de l'orchestre que ceux qui occupaient le milieu de la rampe; mais en revanche ceux-ci étaient impressionnés par la voix du souffleur.

Pour égaliser le plus possible les effets, M. Ader a fait en sorte que les deux transmetteurs de chaque série fussent dans des conditions diamétralement opposées. Ainsi, le transmetteur du bout de la rampe à gauche, avait pour correspondant le transmetteur de la série de droite, le plus voisin du milieu de la scène, et il en était de même, mais en sens inverse, pour le transmetteur du bout de la rampe à droite; mais les séries qui fournissaient les meilleurs effets étaient, comme on le comprend aisément, celles qui correspondaient aux transmetteurs occupant le milieu des rangées de droite et de gauche. Ces considérations peuvent aisément rendre compte des avis différents exprimés par certains auditeurs relativement aux sons prédominants qu'ils ont entendus, et expliquent pourquoi plusieurs d'entre eux, ayant écouté dans différentes parties d'une même salle, n'ont pas eu les mêmes impressions. Naturellement, on s'en est pris aux téléphones; mais bien que ceux-ci pussent être plus ou moins bons, c'était surtout à la disposition des transmetteurs sur la scène qu'on devait attribuer les différences que l'on constatait

Quoi qu'il en soit, le succès de ces auditions théâtrales a été très grand. Tous les soirs d'Opéra on faisait queue pour y assister, et cette vogue a continué jusqu'à la fin de l'Exposition. Bien que des esprits chagrins aient voulu jeter de l'eau froide sur ce succès et aient voulu protester au nom de *l'art* contre ces reproductions musicales,



Fig. 71.

presque toutes les personnes de bonne foi ont été ravies et ont prétendu avoir mieux entendu qu'à l'Opéra, ce qui se conçoit facilement, si l'on réfléchit que les transmetteurs étant interposés entre les acteurs et l'orchestre, celui-ci se trouvait un peu sacrifié au profit des acteurs, dont les paroles pouvaient alors être admirablement entendues.

Nous représentons figure 71 la disposition d'un des

postes téléphoniques d'Ader, installés par la société générale des téléphones de Paris, à l'Exposition d'électricité de 1881. Le transmetteur a la forme en pupitre représentée figure 65; il est accroché au mur, un bouton d'appel est disposé au-dessus, et des téléphones du modèle décrit page 85 sont suspendus des deux côtés du pupitre à des crochets formant commutateurs automatiques, afin que l'on puisse passer du circuit de sonnerie au circuit de téléphone par le fait même du décrochement des appareils. Nous avons vu comment sont organisés ces sortes de commutateurs.

Systèmes de M. Boudet de Paris. — Ce système auquel nous avons fait allusion page 147 et dans lequel les contacts sont réunis en tension, se compose de six boules de charbon de cornue ayant toutes exactement le même diamètre $0^m,0098$ et qui sont renfermées dans un tube de verre T (figure 72), de $0^m,075$ de longueur avec un diamètre intérieur de $0^m,01$. Elles peuvent donc glisser avec facilité dans le tube, sans cependant y éprouver de déplacement latéral.

Le tube de verre est articulé en son milieu, au moyen d'un genou, sur un pied support, et peut ainsi prendre toutes les inclinaisons intermédiaires à l'horizontale et à la verticale.

A l'une des extrémités du tube est fixée, au moyen de deux pattes de cuivre, une embouchure téléphonique E de $0^m,09$ de diamètre avec une ouverture centrale de $0^m,02$. Cette embouchure porte aussi sur ses bords un diaphragme en caoutchouc durci D de $0^m,001$ d'épaisseur, et dont la partie active a un rayon de $0^m,04$.

Au centre de ce diaphragme, est fixée une masse cylindrique de cuivre M, longue de $0^m,014$ sur $0^m,005$ de diamètre qui pénètre de quelques millimètres dans l'intérieur du tube de verre et s'appuie sur la première boule de charbon qu'elle embrasse en partie par son extrémité

légèrement excavée. A l'autre extrémité du tube est une bague de cuivre supportant un étrier métallique Q qui sert d'écrou à la vis de réglage V.

A l'intérieur de cette bague et glissant à frottement doux, se trouve une culasse creuse K également en cuivre, sur le fond de laquelle agit la vis de réglage. La

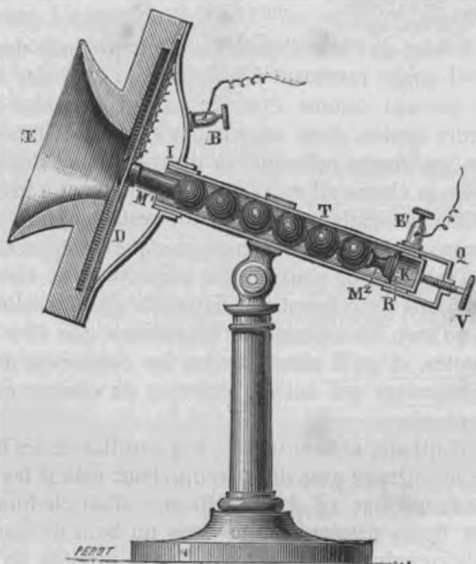


Fig. 73.

partie antérieure de cette culasse porte, soudé sur son bord, un petit ressort en spiral R formé d'un fil de laiton de 0^m,00058 de diamètre, et à l'extrémité libre de ce ressort, est soudée une petite masse de cuivre légèrement excavée M² qui vient presser la dernière boule de charbon.

Les deux masses métalliques M¹ M² sont reliées métal-

liquement aux deux bornes B et B' auxquelles s'attachent les fils de la pile et du circuit téléphonique ou de la bobine inductrice, si l'on veut employer des courants induits.

On a vu que la résistance de cet appareil était environ de vingt ohms et que l'étendue de la variation moyenne de cette résistance, sous l'influence de la voix, était de deux ohms.

M. Boudet de Paris discute les effets produits dans cet appareil en les ramenant à la théorie du choc des corps, et en prenant comme exemple ce qui se passe quand plusieurs boules, étant suspendues en contact l'une avec l'autre, on écarte celle qui se trouve à l'une des extrémités de la chaîne; il en arrive naturellement à invoquer les effets moléculaires qu'il a du reste toujours admis avec nous. Il fait du reste remarquer que son appareil présente l'avantage de pouvoir être employé aussi bien avec des courants fournissant une intensité de 250 milli-am-pères qu'avec des courants ne fournissant que 10 à 15 de ces unités, et qu'il réunit toutes les conditions de bon fonctionnement qui ont été exposées au commencement de ce chapitre.

Il a d'ailleurs obtenu un très bon résultat de ses boules en les métallisant avec du mercure. Pour cela il les porte d'abord au rouge vif dans la flamme d'un chalumeau à gaz, et il les plonge ensuite dans un bain de mercure jusqu'à complet refroidissement. Par ce procédé, la résistance de l'appareil a été diminuée de 16 ohms environ, et on évite les bruits étrangers qu'occasionne la présence d'une fine poussière de charbon sur ces boules quand elles ne sont pas métallisées.

M. Boudet de Paris a aussi combiné des transmetteurs où les contacts sont réunis en quantité et qui ont fourni également de bons résultats; ce sont ceux que nous représentons figures 73 et 74. Dans le premier, une membrane de caoutchouc durci porte à son centre un axe

coudé sur lequel sont fixées transversalement deux tiges cylindriques de charbon. Au-dessus de ces deux tiges, sont suspendues côte à côte 24 tiges de cuivre (en 2 séries de 12) terminées par un petit cylindre de charbon à l'extrémité duquel est vissée une masse métallique pesante. L'appareil est renfermé dans un anneau cylindrique dont le fond en glace permet de voir la disposition des différentes parties. Enfin le tout est fixé sur un pied support, et l'inclinaison est obtenue au moyen d'une charnière. On remarquera en outre que dans cet appareil la charge des charbons mobiles, étant placée au-dessous de leur point de contact et très près de lui, il suffit d'une variation très faible de l'inclinaison pour faire varier la pesanteur et pour obtenir des pressions très différentes.



Fig. 75.

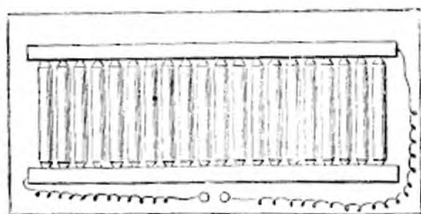


Fig. 74.

Le second appareil se compose d'une plaque d'ébonite formant la paroi postérieure d'une petite caisse de résonance, et sur laquelle sont vissées parallèlement deux barrettes horizontales de charbon percées de trous coniques pour y adapter une vingtaine de cylindres de charbon oscillant librement sur leurs pointes. Le pied de cet instrument porte d'ailleurs une charnière qui permet de lui donner tous les degrés d'inclinaison. La résistance de

ces appareils est d'environ un dixième d'ohm, en moyenne; mais l'amplitude des variations de résistance est bien moindre qu'avec le transmetteur à boules, et ne dépasse guère 0^{ohm},25; on a reconnu que, dans certaines conditions, cela suffit pour obtenir une reproduction très bonne de la parole.

Systèmes de MM. P. Bert et d'Arsonval. — Ces systèmes, dont on a beaucoup parlé en 1880, sont fondés sur le groupement des contacts microphoniques en quantité, et ils ont été combinés de plusieurs manières, comme le montrent les figures 75, 76 et 77. Celui de la figure 75 se compose d'une série de crayons de charbon enfilés verticalement dans deux plaques percées de trous qui leur servent de guide. Leur partie inférieure trempe dans un bain de mercure contenu dans le tube, et ce liquide, en exerçant une poussée égale sur chacun d'eux, constitue un ressort d'une grande douceur. La partie supérieure de ces mêmes charbons vient appuyer légèrement sur un diaphragme métallique nikelé ou platiné qui reçoit les vibrations de la voix. Le courant entre par la membrane, descend en se divisant entre les charbons, et ressort par le bain de mercure.

La pression des charbons contre le diaphragme est facilement réglée en faisant varier le niveau du mercure dans le tube, et, de plus, elle est la même pour chaque charbon, ce qui réalise l'une des bonnes conditions de construction de ces appareils. Cet instrument a fourni de très bons résultats, mais comme l'emploi du mercure n'était guère pratique, MM. Paul Bert et d'Arsonval ont dû chercher une combinaison plus simple, et ils sont arrivés à celles que nous représentons figure 76 et 77, et qui sont fondées sur les effets de la pesanteur. Toutefois ces modèles ne sont pas applicables dans les mêmes conditions. L'un, celui de la figure 76, peut transmettre la parole à grande distance, avec facilité, pour la personne qui parle,

de ne pas être entendue de son voisin. Le second appareil, au contraire, au lieu d'éviter les bruits extérieurs, saisit la parole ou le chant à une assez grande distance de leur point d'émission.

Le premier de ces deux systèmes se compose d'un diaphragme vibrant platiné ou nickelé sur lequel viennent

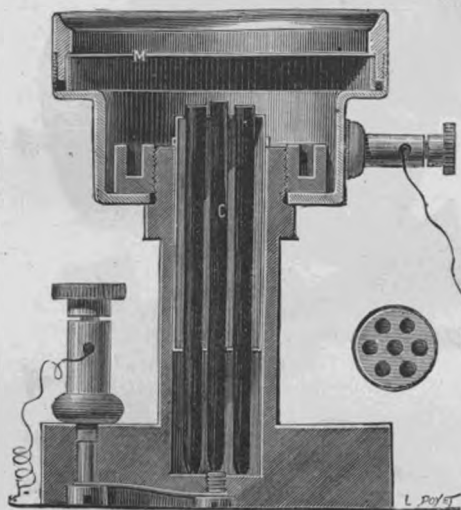


Fig. 75.

reposer, normalement à sa surface, une série de crayons de charbon enfilés dans des tubes nickelés, lesquels tubes glissent librement dans deux anneaux percés de trous, et les charbons ne dépassent leur longueur que de quelques millimètres; ils sont donc bons conducteurs. A travers les deux anneaux portant les tubes, passe un tube central terminé à l'extérieur par une embouchure et dont l'autre extrémité C vient s'ouvrir au centre de la membrane.

Les vibrations de la voix recueillies par l'embouchure sont transmises au diaphragme par l'intermédiaire de ce tube. Le diaphragme est fixé dans une boîte de caoutchouc durci, et reçoit le courant par la bague de serrage. Ce courant se transmet ensuite aux crayons, et de là aux

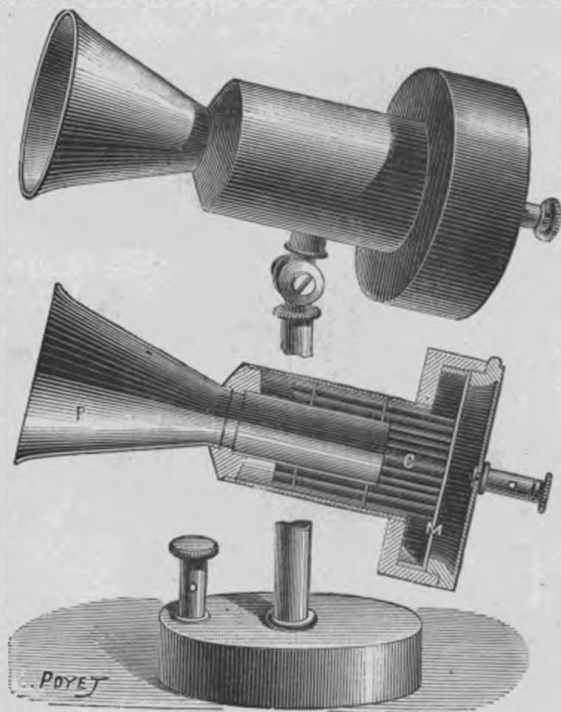


Fig. 76.

anneaux qui le conduisent au pied de l'appareil. Ce pied, entièrement métallique, porte une charnière qui permet d'incliner plus ou moins l'instrument, et par ce moyen, on fait varier très simplement la pression des crayons sur le diaphragme. Ce transmetteur peut être traversé sans inconvénient par des courants ayant une intensité

de 15 à 20 ampères, et la voix produit des variations de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ ampère, suffisantes pour actionner plusieurs télégraphes Morse. Dans ces conducteurs, la voix est transmise avec une grande intensité.

Naturellement, on emploie avec ce système une bobine



Fig. 77.

d'induction, et comme appareil récepteur, un téléphone ordinaire.

Le second système, représenté figure 77, est exactement fondé sur le même principe. Il se compose d'une caisse résonnante semblable à celle des instruments à cordes,

ou d'une simple planchette légère d'ébonite ou de sapin qui porte la série de contacts. Ces contacts consistent en une série de petits cylindres de charbon nickelés, enfilés sur un axe commun métallique pendant verticalement sur une des faces de la boîte. Leur mouvement est indépendant, et chacun d'eux vient s'appuyer sur une baguette transversale de charbon à lumière servant de collecteur et qui reçoit les vibrations de la caisse de résonance ou de la planchette. La pression des charbons sur le collecteur est plus ou moins forte, suivant l'inclinaison qu'on donne à la caisse, qui peut être montée sur un pied à charnière ou suspendue dans une salle par les deux fils qui lui portent le courant. Le courant arrive par l'axe supérieur, se divise entre les crayons, et sort par le collecteur. Le nombre des contacts peut être aussi grand qu'on le désire, ainsi que les dimensions de la caisse.

Suivant M. d'Arsonval, cet appareil recueille les sons et les moindres bruits avec une merveilleuse facilité et constitue pour ainsi dire une large oreille d'une grande finesse. Une conversation à voix très modérée est saisie à plus de 10 mètres de l'instrument sans que le timbre soit altéré le moins du monde.

Système de M. de Locht-Laby. — Le transmetteur de ce système auquel l'auteur a donné le nom de *pantéléphone*, et qui est représenté figure 78, se compose essentiellement d'une plaque mince de liège M suspendue verticalement, par deux faibles lames de ressort, à un châssis rigide fixé dans une boîte à peu près carrée. A la partie inférieure de cette plaque et au milieu, est fixée une pastille de charbon c sur laquelle appuie un petit bec métallique articulé à une équerre de cuivre, au moyen d'un genou sphérique. C'est en définitive un transmetteur microphonique à un seul contact du genre de ceux que construisait M. Gaiffe à l'origine de la découverte de M. Hughes. L'auteur a fait figurer à l'Exposition de 1881

plusieurs spécimens de cet appareil, qui a été adopté, paraît-il, par la République Argentine, et il a même défié M. Ader en champ clos d'expérimentation pour les auditions théâtrales. Les avis qui ont été émis à son égard ont été assez partagés, cependant, comme transmetteur à contact unique; ce système paraît être satisfaisant, quand

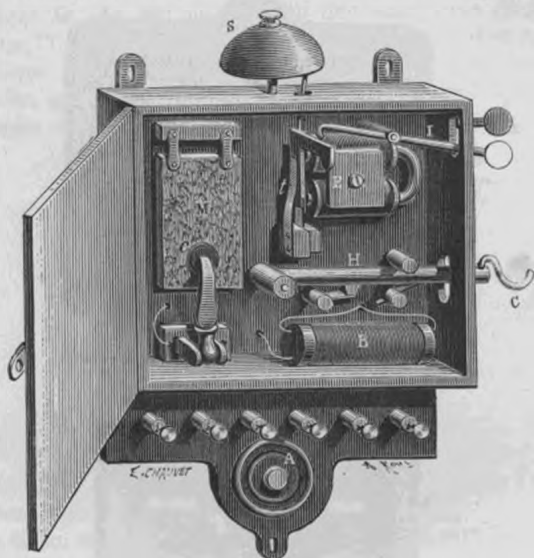


Fig. 78.

on a soin de l'essuyer de temps en temps, et il a l'avantage d'être peu dispendieux. Il réunit, en effet, dans la même boîte, qui est très peu volumineuse, la sonnerie S dont le dispositif électro-magnétique E fait fonctionner en même temps l'indicateur I, la bobine d'induction B et un système de suspension HC pour le téléphone, lequel système est disposé en commutateur automatique.

Système Gower-Bell. — Ce système, aujourd'hui employé dans différents pays, notamment en Égypte et en Espagne, renferme tous ses éléments constitutifs dans une espèce de petit pupitre que nous représentons figure 79. Au-dessous du couvercle du pupitre, qui est constitué

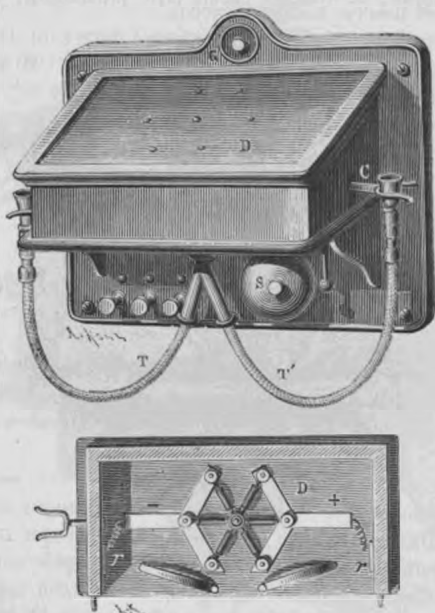


Fig. 79.

par une planchette de sapin très mince, se trouve le transmetteur microphonique, qui est composé, comme on le voit dans la partie inférieure de la figure 79, de 6 crayons de charbon rayonnant autour d'un centre constitué par un bloc de charbon percé de 6 trous à cet effet, et aboutissant chacun en particulier à des blocs de charbon fixés à la

planchette de sapin. Ces six blocs sont réunis métalliquement trois par trois, de manière que le courant trouve, pour s'écouler, 5 voies parallèles interrompues par un double contact. C'est, comme on le voit, un transmetteur à contacts à la fois de quantité et de tension.

Au fond du pupitre est appliqué le récepteur téléphonique Aa (fig. 80) qui est celui que nous avons décrit page 77, moins la boîte de cuivre. Le diaphragme *a* est appliqué à quelques millimètres au-dessus du fond de la boîte, qui est percée d'un trou pour laisser passer une forme de fourche dans les deux branches de laquelle on

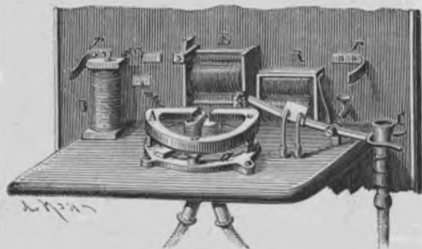


Fig. 80.

douille envisse les deux tuyaux acoustiques T, T' que l'on porte aux oreilles.

Enfin, sur les parois verticales du pupitre, sont fixées : une bobine d'induction B, une sonnerie d'appel A dont le timbre S se trouve au-dessous du pupitre, un relais E pour des correspondances télégraphiques, et un commutateur auquel est adapté un crochet de suspension C. Le bouton d'appel de sonnerie G est placé au milieu d'une espèce de couronnement au-dessus du pupitre. Des ressorts *r, r, r, r*, qui se rencontrent deux à deux quand le pupitre est fermé, établissent les liaisons du transmetteur et du circuit de ligne avec la bobine d'induction et le commutateur.

En somme cette disposition n'a rien de bien particulier

et se rapproche de celles que l'on semble maintenant adopter partout.

Systèmes de M. Maiche. — M. Maiche a combiné plusieurs systèmes de transmetteurs téléphoniques qui ont donné des résultats assez satisfaisants, et c'est avec le dernier modèle que nous représentons figure 85 qu'il a pu obtenir des correspondances très nettes entre l'Angleterre et la France à travers l'un des câbles sous-marins, expériences dont on a parlé dans les journaux il y a quelques mois.

Dans le premier modèle, M. Maiche, comme beaucoup d'inventeurs, avait cherché à amplifier les sons, en

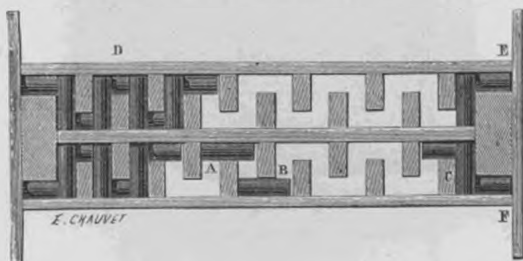


Fig. 81.

augmentant les contacts microphoniques et en les fixant sur une grande cloche de verre qui embrassait sur une grande surface les vibrations de l'air provoquées par la voix. Les contacts étaient disposés comme on le voit figure 81 et l'ouverture du globe de verre couché horizontalement, se présentait en avant de l'appareil comme on le voit figure 82; mais il fallait, pour faire fonctionner cet appareil, vingt-quatre éléments de pile, et le son fondamental de la cloche de verre empêchait un peu la netteté des sons; il a donc dû renoncer à cette disposition, et aujourd'hui son appareil se compose d'un système de diaphragmes multiples, au nombre de quatre ou six, groupés

circulairement et munis chacun d'une petite embouchure. Ces petites embouchures sont ensuite enveloppées dans une grande, qui concentre les vibrations sonores et les distribue sur les petites comme on le voit figure 85; cependant, la plupart des modèles qu'il avait exposés en 1881 n'avaient pas cette dernière embouchure et ne possédaient que quatre diaphragmes disposés en losange. Les diaphragmes employés par M. Maiche sont de diamètre



Fig. 82.

assez médiocre et sont constitués par des lames de carton ou de métal très minces comme les cartes à jouer, mais enduites de vernis afin de les préserver de l'humidité. Au centre de chacun de ces diaphragmes et sur la face postérieure, est fixée une pastille de charbon sur laquelle appuie le contact de charbon appelé à fournir les effets microphoniques, et ce contact est constitué par une petite boule de charbon suspendue à une sorte d'équerre, articulée comme un compas de sonnette. Le bras horizon-

tal de ce compas muni d'un pas de vis porte un poids mobile qui permet de régler la pression exercée entre les deux charbons : c'est donc la pesanteur qui, comme dans les appareils de MM. Ader, Herz, d'Arsonval, etc., agit comme force antagoniste, ce qui est, comme on l'a vu, un avantage ; on peut voir le détail d'un de ces contacts figure 84. Ces contacts, au nombre de quatre ou de six, sont réunis en tension, de sorte que le courant transmis



Fig. 85.

les traverse les uns après les autres avant d'arriver à l'hélice primaire de la bobine d'induction.

Cette bobine a, dans certains appareils de M. Maiche, une disposition particulière qui permet d'en faire un récepteur téléphonique.

Au lieu d'un faisceau de fils de fer placé à l'intérieur de l'hélice primaire, on emploie un barreau aimanté, et le fil de l'hélice primaire est mis en communication avec le

transmetteur microphonique. Le fil secondaire est relié à la ligne; mais l'une des extrémités polaires du noyau magnétique, munie d'un diaphragme de fer disposé en armature, est reliée à un tube acoustique qui constitue alors un conduit téléphonique, de sorte que c'est la bobine elle-même qui reproduit les sons quand le transmetteur ne fonctionne pas, et c'est elle aussi qui

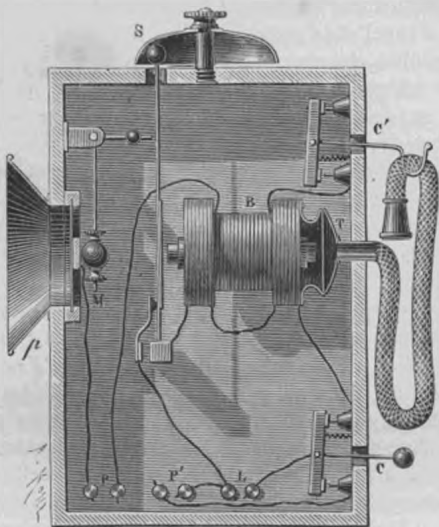


Fig. 84.

fait agir les téléphones de la station opposée quand le transmetteur est en activité. Dans ces conditions, le circuit est débarrassé de la résistance des bobines téléphoniques, et les actions sont, à ce qu'il paraît, plus énergiques. La figure 84 représente la coupe d'un de ces appareils; on n'y a figuré qu'un seul contact pour simplifier le dessin, mais il est facile de concevoir qu'il peut y en

avoir quatre ou six placés en différents points de la même planchette. La bobine d'induction, du système Scarpa et Baldo, est au milieu de l'appareil; à droite, elle correspond à l'embouchure téléphonique dont nous avons parlé; à gauche, elle met en action un trembleur de sonnerie électrique, et deux commutateurs, dont un sert de crochet pour suspendre le tube acoustique, établissent automatiquement les communications nécessaires pour le signal d'appel et la correspondance téléphonique.

En réalité, la planchette où se trouvent les embouchures téléphoniques est en avant, et nous ne l'avons placée sur le côté que pour montrer en coupe le dispositif d'un des transmetteurs.

Le mode de liaison des contacts varie suivant les conditions du circuit. Dans les expériences faites entre Douvres et Calais, ces contacts, au nombre de quatre, étaient reliés en tension; mais la meilleure disposition dans les conditions ordinaires, est de les réunir deux par deux en quantité et de faire communiquer les deux groupes en tension. M. Maiche rappelle à ce sujet qu'il a montré dès le 26 septembre 1878 (voir *les Mondes* de cette époque), l'importance des contacts multiples composés de crayons de charbon appliqués sur une plaque de la même matière, le tout fixé sur une planchette de bois, et il a indiqué en octobre 1879 que cette planchette donnait les meilleurs effets quand elle était horizontale et légèrement inclinée comme celle d'un pupitre.

Systèmes du Dr Herz. — Le but que s'est proposé le Dr Herz a été d'obtenir des transmissions téléphoniques à grande distance, et il y est arrivé par plusieurs systèmes que nous étudierons successivement. Mais disons de suite qu'il est parvenu à faire entendre la parole, très faiblement, il est vrai, sur une ligne de onze cents kilomètres ayant pour point de départ Tours et pour point d'arrivée Brest en passant par Paris. Ce résultat est réellement très

extraordinaire, et nous serions surpris de la lenteur que M. Herz met à appliquer pratiquement ce système, si nous ne savions qu'il cherche toujours à le perfectionner et qu'il ne veut le lancer que lorsqu'il ne laissera plus rien à désirer. Cependant les résultats qui avaient été obtenus entre Orléans, Blois, Tours, Poitiers, Angoulême et Bordeaux, et qui ont été rapportés avec détails dans le journal *la Lumière électrique* du 5 février 1881, étaient déjà très satisfaisants.

On a vu que M. Herz a employé le premier le système des dérivations pour amplifier les variations d'intensité du courant déterminées par la voix, et comme il cherchait dans l'origine à se passer des bobines d'induction

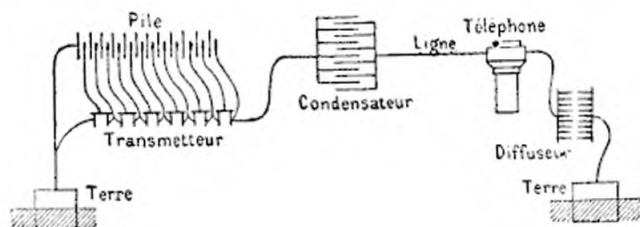


Fig. 83.

afin d'employer les moyens usités en télégraphie pour supprimer les effets nuisibles de l'induction des fils les uns sur les autres, il s'appliqua particulièrement à placer son transmetteur à contacts multiples dans les meilleures conditions possibles, et il put reconnaître bientôt que les meilleurs résultats, avec une pile puissante, étaient produits quand chacun des contacts était animé par un élément particulier. Il se trouva donc conduit à disposer ses appareils comme l'indique la figure 85.

Le transmetteur étant introduit dans une dérivation issue des deux pôles de la pile, chacun des systèmes de contacts était réuni par un fil de dérivation à chacun des éléments de la pile, de sorte que celle-ci avait autant

d'éléments que le transmetteur avait de contacts. On introduisait alors dans le circuit de ligne, en outre d'un téléphone Siemens, des condensateurs ou des cartes de parafoudre (appelés diffuseurs) pour essayer d'annuler les bruits anormaux.

On a essayé bien des formes de transmetteurs. Une de

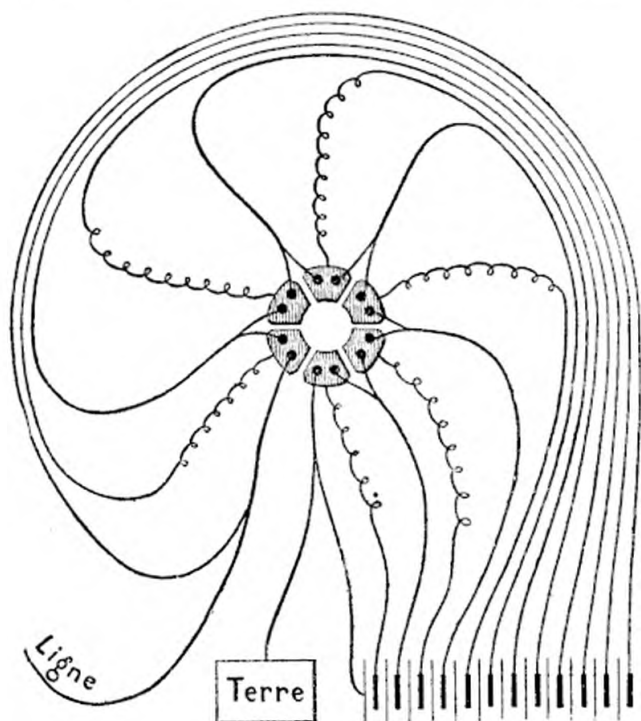


Fig. 86.

celles qui avaient donné dans l'origine les meilleurs résultats avec les courants directs de la pile, est celle dont nous indiquons la disposition schématique figure 86. Six plaques de charbon sont rangées circulairement au centre d'une planchette circulaire en bois, qui termine supérieurement l'appareil, et douze contacts mobiles

fixés à l'extrémité de bascules équilibrées, soit par des contrepoids, soit par des ressorts antagonistes, appuient deux par deux sur chacune des plaques, comme l'indiquent les points noirs que l'on aperçoit sur ces plaques dans la figure 86. Les liaisons avec le circuit et la pile se distinguent d'ailleurs aisément, et sont les mêmes que celles représentées figure 85. M. Herz a essayé pour ces contacts différentes substances semi-conductrices ; il a obtenu de très bons effets de certains sulfures métalliques, entre autres de la pyrite de fer et de certains oxydes métalliques, tels que la pyrolusite (peroxyde de manganèse), mais il en est revenu à un aggloméré de

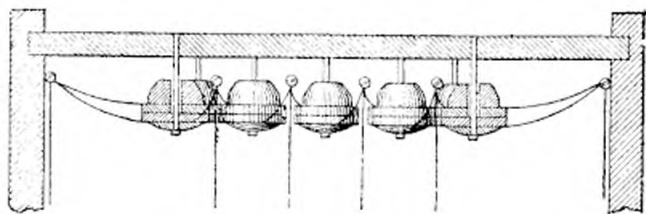


Fig. 87.

poussières métalliques qui lui a donné les meilleurs résultats.

Toutefois, l'expérience a montré à M. Herz que la disposition la plus simple et la plus pratique était celle que nous représentons figure 87, et dans laquelle les contacts sont superposés deux par deux isolément, avec un petit disque de plomb, servant, par son poids, de force antagoniste. Ces couples sont suspendus verticalement au-dessous de la planchette devant laquelle on parle, et les communications sont effectuées d'ailleurs, comme l'indique la figure 88. On a reconnu ensuite que le nombre des couples pouvait être notablement diminué, et il s'est trouvé réduit à trois. C'est avec un appareil de ce genre qu'on avait commencé les expériences dont

nous avons parlé entre Orléans, Blois, Tours, Poitiers et Bordeaux, et pendant lesquelles on a essayé beaucoup de combinaisons différentes, soit dans le mode de groupement des éléments de la pile, soit dans celui des contacts, soit en faisant intervenir des bobines d'induction. Sui-

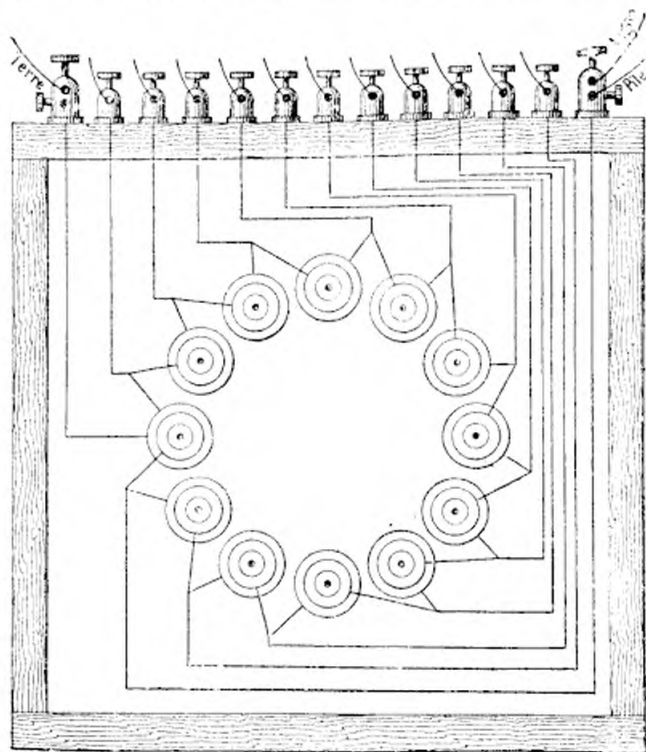


Fig. 88.

vant les conditions de l'expérience, tel système présentait plus d'avantages que les autres, mais le dispositif auquel on s'était arrêté à la fin des expériences dont nous avons parlé est celui que nous représentons en projection horizontale et en coupe (fig. 89 et 90), et qui a réalisé l'effet si extraordinaire que nous avons annoncé : celui

d'une transmission téléphonique à travers un circuit de onze cents kilomètres et par un seul fil. Il est vrai que cette transmission a été faite à 5 heures du matin, alors que les lignes télégraphiques voisines étaient dans le silence. Il est vrai encore que les sons étaient très faibles et que les phrases n'étaient pas toujours entendues dans toute leur intégralité, mais c'était déjà un résultat important que d'entendre des mots à une distance si grande.

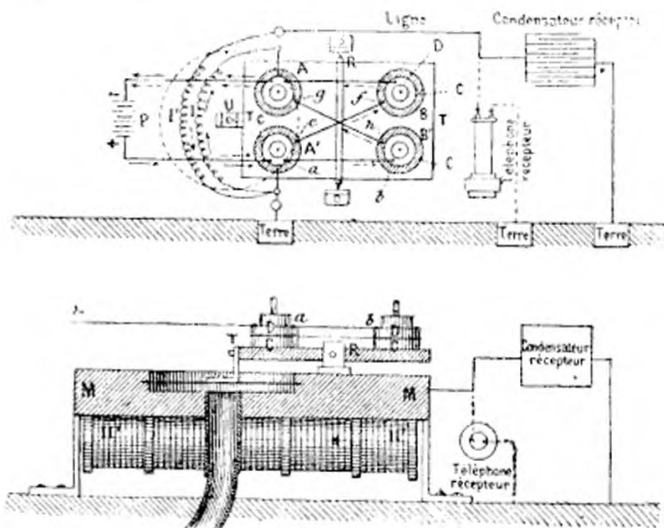


Fig. 89 et 90.

Dans le système dont nous parlons en ce moment, le transmetteur se compose d'une petite planchette horizontale pivotant en son milieu sur un axe R et fixée par une de ses extrémités à un diaphragme téléphonique, au moyen d'une équerre T; un tuyau acoustique adapté audessous de ce diaphragme concentre les vibrations de la voix sur celui-ci, et les vibrations qui en résultent sont communiquées à la planchette basculante qui s'élève d'un côté quand elle s'abaisse de l'autre. C'est sur cette planchette

que se trouvent embrochés les contacts microphoniques qui se composent de quatre couples de disques de charbon A, A', B, B' sur lesquels appuient des disques de plomb. Ces contacts sont reliés entre eux comme l'indiquent les figures 89 et 90, c'est-à-dire les disques inférieurs C, C, etc., diagonalement, et les disques supérieurs DD, etc., parallèlement; mais ils sont d'autre part reliés à la pile P, par les disques supérieurs de gauche et à l'hélice primaire I de la bobine d'induction II par les disques inférieurs, et c'est le circuit secondaire I' qui correspond à la ligne et au récepteur téléphonique.

Si l'on considère que d'après la disposition du système les vibrations ascendantes de la planchette microphonique, sous l'influence des vibrations de la voix, doivent avoir forcément pour effet un accroissement de pression sur les contacts A, A' en raison de la force d'inertie des disques supérieurs augmentée de celle des disques de plomb et un affaiblissement de pression sur les contacts B, B' qui aura lieu par rebondissement au moment du changement de sens du mouvement, deux effets qui se succéderont immédiatement, on pourra comprendre qu'un courant traversant tous ces contacts par les liaisons que nous avons indiquées, devra déterminer dans le circuit secondaire, au moment des mouvements ascendants, un courant induit inverse auquel succédera instantanément un courant induit direct qui, étant renversé par la liaison en croix des contacts, continuera l'action du premier, ou augmentera sa durée et par suite sa force à travers le récepteur téléphonique. Naturellement les mêmes effets se reproduisent, mais en sens contraire, au moment des vibrations descendantes, et les effets téléphoniques se trouvent par conséquent considérablement augmentés.

Les résultats de ce système ont été, comme on l'a vu, très bons; cependant M. Herz a tenu à le simplifier. Plusieurs dispositions ont été mises à l'essai. Par exemple,

pour obtenir l'inversion, on a placé tout simplement un contact de chaque côté de la plaque vibrante; bien que les mouvements de cette plaque ne soient pas, comme on

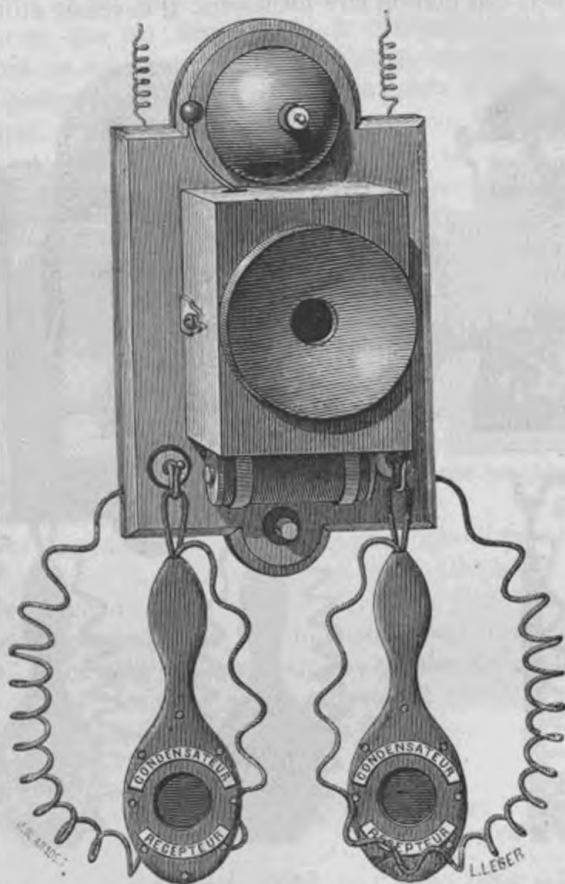


Fig. 91.

le sait, de la nature des mouvements sonores ordinaires, on pouvait penser qu'ils seraient de sens contraire des deux côtés de la plaque, et que l'un des contacts serait

comprimé pendant que l'autre serait décomprimé. Ce procédé, d'ailleurs avantageux, forçait à placer la plaque verticalement, afin de donner le même réglage aux deux contacts qui doivent être identiques. Il devenait difficile

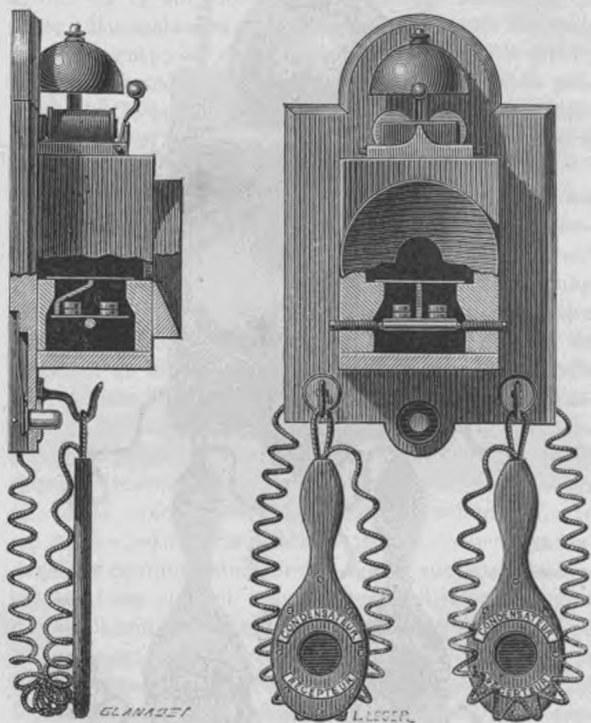


Fig. 92.

de régler par le poids, et même pour arriver au réglage, on avait fini par employer deux diaphragmes parallèles, vibrant à l'unisson et portant chacun leur contact, mais en sens opposé. On revint à la disposition horizontale;

mais, par une combinaison habile, on réunit les deux principes appliqués par M. Herz, la dérivation et l'inversion. Le courant est alors amené à un contact double où il se divise, et ce contact est disposé au-dessous d'une plaque de façon que ses deux points à résistance variable agissent en sens inverse l'un de l'autre, ou seulement, dans quelques appareils, que l'un des points n'ait pas de variation pendant que l'autre est en action. On conçoit aisément le résultat qui doit se produire. Le système a, du reste, été expérimenté sous diverses formes : tantôt la dérivation est simple, c'est-à-dire qu'un seul des courants est envoyé dans la ligne; tantôt elle est double, chacune des branches étant munie d'une bobine et communiquant avec le récepteur. Dans ce cas, le résultat est remarquablement bon, mais l'appareil n'est pas sans quelque complication; il demande, d'ailleurs, un soin particulier comme construction, l'expérience ayant montré que les bobines d'induction ne doivent pas être égales, mais qu'elles doivent présenter des résistances combinées d'après le circuit desservi.

Nous donnons (figures 91 et 92) l'une des dispositions pratiques que M. Herz a données à ses téléphones. La figure 91 en donne la vue extérieure, la figure 92 les coupes transversale et longitudinale. Dans cette dernière, on ne peut voir que deux des couples des contacts de l'appareil, les deux autres se trouvant derrière; c'est d'ailleurs la répétition de la figure 89-90.

TÉLÉPHONES A TRANSMETTEURS LIQUIDES

On a vu que MM. Gray et Bell, dès l'année 1876, avaient imaginé un système téléphonique basé sur les variations de résistance qu'éprouve un circuit complété par un liquide, lorsque la couche liquide interposée entre les électrodes varie d'épaisseur sous l'influence des vibrations

de la lame téléphonique mise en rapport avec l'une des électrodes. Ce système a été étudié depuis par plusieurs inventeurs, entre autres par MM. Richemond, Resio, Luvinii et Salet, et voici les quelques renseignements qui ont été publiés relativement à leurs recherches.

« Un autre téléphone reproduisant les sons articulés, dit le *Telegraphic Journal* du 15 septembre 1877 (p. 222), et appelé par M. Richemond *electro-hydro-téléphone*, a été breveté récemment aux États-Unis. Il est sous certains rapports semblable à celui de M. Edison, mais, au lieu de mettre à contribution des disques de charbon pour modifier la résistance du circuit, c'est l'eau qui est employée, et cette eau est mise en rapport avec le circuit et la pile par l'intermédiaire de deux pointes de platine, dont une est fixée sur le diaphragme métallique qui vibre sous l'influence de la voix. Les vibrations de ce diaphragme, en transportant la pointe qui lui est adhérente en des points différents de la couche liquide interpolaire, diminuent ou augmentent la résistance électrique de cette couche, et déterminent des variations correspondantes dans l'intensité du courant traversant le circuit. Le téléphone récepteur a d'ailleurs la disposition ordinaire. »

D'un autre côté, on lit dans les comptes rendus de l'Académie des sciences du 18 février 1878, (page 471), la note suivante sur un téléphone du même genre expérimenté par M. Salet :

« Il m'a paru intéressant, dit M. Salet, de construire un téléphone dans lequel les mouvements de deux membranes soient absolument solidaires, et pour cela j'ai mis à profit la grande résistance des liquides. M. Bell avait déjà obtenu quelques résultats en attachant à la membrane vibrante un fil de platine communiquant avec une pile, et plongeant plus ou moins dans de l'eau acidulée contenue dans un vase métallique relié lui-même par la ligne au téléphone receveur. J'ai substitué au fil de platine un petit levier d'aluminium portant une lame de

platine; à une très faible distance de celle-ci s'en trouvait une seconde en relation avec la ligne. Les vibrations de la membrane, triplées ou quadruplées dans leur amplitude, ne sont pas altérées dans leurs formes, grâce à la petitesse et à la légèreté du levier; elles déterminent dans l'épaisseur de la couche liquide traversée par le courant, et par suite dans l'intensité de celui-ci, des variations, lesquelles en occasionnent de semblables dans la force attractive de l'électro-aimant récepteur. Sous son influence, la membrane recevant exécute des mouvements solidaires de ceux de la membrane expéditrice. Le son transmis est très net et, résultat auquel on pouvait s'attendre, le timbre est parfaitement conservé. Les consonnes cependant n'ont pas tout le mordant de celles transmises par l'instrument de M. Bell. C'est un inconvénient qui apparaît surtout quand le levier est un peu lourd; on pourrait facilement le faire disparaître. L'électrolyse produit en outre un bruissement continu qui ne nuit guère à la netteté du son.

« Comme dans ce système on ne demande pas à la voix de *produire*, mais seulement de *diriger* le courant électrique engendré par une pile, on peut théoriquement augmenter à volonté l'intensité du son reçu. En réalité j'ai pu faire rendre au récepteur des sons très forts, et il me semble que cet avantage compense largement la nécessité d'employer une pile et un appareil expéditeur assez délicat. Malheureusement la transmission ne peut se faire à des distances un peu considérables. Supposons qu'un certain déplacement de la membrane expéditrice détermine dans la résistance le même accroissement que cinq à six cents mètres de fil : si la ligne a cinq cents mètres, l'intensité du courant se trouvera réduite de moitié et la membrane recevant prendra une nouvelle position notablement différente de la première; mais, si la ligne a cinq cents kilomètres, l'intensité du courant ne sera modifiée que d'un millième. Il faudrait donc employer une pile énorme pour que cette variation se traduisit par un changement sensible dans la position de la membrane recevant. »

M. J. Luvini, dans un article inséré dans *les Mondes*, du 7 mars 1878, a indiqué un système de rhéotome de courant pour les téléphones à pile qui, malgré sa complication, pourrait peut-être présenter quelques avan-

tages, en ce sens qu'il fournirait des courants alternativement *renversés*. Dans ce système, la lame vibrante transmettrice, qui doit être placée verticalement, réagit sur un fil mobile horizontal replié rectangulairement et portant sur chacune de ses branches deux pointes de platine plongeant dans deux godets remplis d'un liquide médiocrement conducteur; les deux branches de ce fil, isolées l'une de l'autre, sont mises en rapport avec les deux pôles de la pile, et les quatre godets dans lesquels plongent les fils de platine communiquent d'une manière inverse à la ligne et à la terre par l'intermédiaire de fils de platine immobiles fixés dans les godets. Il résulte de cette disposition que, pour un réglage convenable des distances entre les fils fixes et mobiles, deux courants égaux se trouveront opposés à travers le circuit de la ligne quand le diaphragme sera immobile; mais aussitôt que celui-ci vibrera, les distances respectives des fils varieront, et il en résultera un courant différentiel dont l'intensité sera en rapport avec l'étendue du déplacement du système ou l'amplitude de la vibration, et dont le sens variera pour les mouvements en dessus et en dessous de la ligne des nœuds de vibration. On aurait donc de cette manière les effets avantageux des courants induits.

M. Carlo Résio, professeur, à Gênes, a construit également un téléphone à transmetteur liquide qui lui a donné de très bons résultats, et qui lui a permis de constater ce fait très curieux, qu'un transmetteur de cette nature peut servir de récepteur et faire entendre, par conséquent, la parole transmise par un appareil semblable. Nous aurons occasion plus tard de discuter cet effet intéressant quand nous en serons à la théorie du téléphone et du microphone.

TÉLÉPHONES A PILE ET A ARCS VOLTAIQUES

Pour obtenir des variations de résistance encore plus sensibles qu'avec les liquides et les corps pulvérulents,

on a eu l'idée d'avoir recours aux conducteurs gazeux échauffés, et on a combiné plusieurs dispositifs de téléphones à pile dans lesquels le circuit était complété par une couche d'air séparant la lame vibrante d'une pointe de platine servant d'excitateur à une décharge électrique de haute tension. Dans ces conditions, cette couche d'air devient conductrice, et l'intensité du courant qui la traverse est en rapport avec son épaisseur. Ce problème a été résolu soit au moyen de courants voltaïques d'une grande tension, soit au moyen d'une bobine de Ruhmkorff, soit au moyen d'une flamme.

Le premier système a été combiné par M. Trouvé, et voici ce qu'il en dit dans le journal *la Nature* du 6 avril 1878 :

« Une membrane métallique vibrante constitue l'un des pôles d'une pile à haute tension; l'autre pôle est assujéti devant la plaque par une vis micrométrique qui permet de faire varier, suivant la tension de la pile, la distance à la plaque, sans pourtant jamais être en contact avec elle. Cette distance, toutefois, ne doit pas dépasser celle que pourrait franchir la décharge de la pile. Dans ces conditions, la membrane vibrant sous l'influence des ondes sonores a pour effet de modifier constamment la distance entre les deux pôles et de faire ainsi varier sans cesse l'intensité du courant; par conséquent l'appareil récepteur (téléphone Bell ou à électro-aimant) subit des variations magnétiques en rapport avec les variations du courant qui l'influence, ce qui a pour effet de faire vibrer synchroniquement la membrane réceptrice. C'est donc sur la possibilité de faire varier entre des limites très étendues la résistance du circuit extérieur d'une pile ou batterie à haute tension dont les pôles ne sont pas en contact, que repose le nouvel appareil téléphonique. On pourra aussi, pour faire varier les conditions de cette résistance, faire intervenir une vapeur quelconque ou bien des milieux différents, tels que de l'air ou des gaz plus ou moins raréfiés. M. Trouvé pense obtenir de bons résultats avec sa pile à rondelles humectées de sulfate de cuivre et de sulfate de zinc, et en disposant les éléments au nombre de quatre ou cinq cents,

dans des tubes de verre de petit diamètre. Pour obtenir des courants de tension, il n'est pas besoin, comme on le sait, que ces éléments soient de grandes dimensions. »

M. de Lalagade a proposé un moyen analogue en employant pour la formation de l'arc un courant dont la tension est augmentée par l'interposition dans le circuit d'un fort électro-aimant. Cet électro-aimant réagit d'ailleurs sur un électro-aimant Hughes pour lui fournir des courants d'induction susceptibles de faire fonctionner le récepteur. Suivant M. de Lalagade, une pile de Bunsen ou à bichromate de potasse de six éléments suffirait pour obtenir un arc voltaïque continu entre la lame vibrante d'un téléphone et une pointe de platine éloignée suffisamment pour ne donner lieu à aucun contact. Il faudrait cependant en déterminer un en commençant pour provoquer la formation de cet arc. Dans le système de M. de Lalagade, la lame vibrante doit être munie à son centre d'une petite lame de platine pour éviter les effets d'oxydation de l'étincelle. Suivant l'auteur, les sons ainsi transmis et reproduits dans un téléphone dont le système électro-magnétique serait monté sur une caisse sonore, auraient une intensité plus grande qu'avec les téléphones ordinaires, et il semblerait qu'on vous parle dans l'oreille.

M. Amsler de (Schaffhouse) avait envoyé à l'Exposition d'électricité de 1881 un appareil de ce genre dans lequel le milieu semi-conducteur du transmetteur était constitué par la flamme d'un bec de gaz, et il appelait cet appareil un *micro-téléphone à flamme*; il aurait présenté, suivant lui, des avantages pour les transmissions à travers des circuits de grande résistance.

TROISIÈME PARTIE

EXPÉRIENCES TÉLÉPHONIQUES

ET TÉLÉPHONES PARTICULIERS

Depuis les expériences de M. Bell rapportées dans la première partie de ce travail, bien des essais ont été entrepris par divers savants et divers inventeurs pour étudier les effets produits dans ce curieux instrument, pour en bien préciser la théorie et en déduire des perfectionnements pour sa construction. Nous allons passer successivement en revue ces différentes recherches.

Expériences sur les effets produits par les courants voltaïques et les courants induits. — L'une des premières et des plus importantes recherches de la nature de celles dont il vient d'être question, a été l'étude comparative des effets produits dans le téléphone par les courants voltaïques et les courants induits. Dès l'année 1875 M. Elisha Gray avait, comme on l'a vu, transformé les courants voltaïques qu'il employait pour faire vibrer les lames de son transmetteur en courants induits, par l'intermédiaire d'une bobine d'induction analogue à celle de Ruhmkorff. Les courants

voltaïques traversaient alors l'hélice primaire de la bobine, et c'étaient les courants induits qui réagissaient sur l'appareil récepteur en faisant reproduire aux systèmes électro-magnétiques qui le composaient les vibrations provoquées au poste de transmission. Quand M. Edison combina son système de téléphone à pile, il eut recours au même moyen pour actionner son téléphone récepteur, parce qu'il avait reconnu lui-même que les courants induits étaient plus avantageux que les courants voltaïques. Mais cette particularité du dispositif de M. Edison n'avait pas été bien comprise d'après les descriptions parvenues en Europe, de sorte que plusieurs personnes ont cru avoir imaginé cette disposition avantageuse, et parmi elles nous citerons le colonel Navez et MM. Pollard et Garnier.

Le colonel Navez, dans une note intéressante sur un système nouveau de téléphone présenté à l'Académie royale de Belgique le 2 février 1878, ne fait qu'indiquer cette disposition comme moyen de reproduire la parole à de longues distances; mais il ne cite aucune expérience qui montre nettement les avantages de cette combinaison. MM. Pollard et Garnier, vingt jours après M. Navez, et sans avoir eu connaissance du travail de ce dernier, m'ont envoyé les résultats qu'ils avaient obtenus par un moyen semblable, et ces résultats m'ont paru si intéressants que j'en ai fait l'objet d'une communication à l'Académie des sciences, le 25 février 1878. Pour qu'on puisse être bien fixé sur l'importance de ces résultats, je vais rapporter textuellement ce qu'en dit M. Pollard dans la lettre qu'il m'a écrite le 20 février 1878 :

« Dans le but d'accroître les variations de l'intensité électrique dans le système d'Edison, nous faisons passer le courant dans le circuit inducteur d'une petite bobine de Ruhmkorff, et nous adaptons le téléphone récepteur aux extrémités

du fil induit. Le courant reçu a alors pour intensité la dérivée de celle du courant inducteur, et, par suite, les variations produites dans le courant actionnant le téléphone ont beaucoup plus d'amplitude. L'intensité des sons transmis est fortement augmentée, et la valeur de cette augmentation dépend du rapport entre les nombres des tours de spires des circuits inducteurs et induits. Les essais que nous faisons pour déterminer les meilleures proportions sont pénibles, puisqu'il faut faire autant de bobines que d'expériences; jusqu'ici nous avons obtenu d'excellents résultats avec une petite bobine de Ruhmkorff réduite à sa plus simple expression, c'est-à-dire sans condensateur ni interrupteur. Le fil inducteur est du n° 16 et forme 5 couches; le fil induit est du n° 52 et forme 20 couches. La longueur de la bobine est de 7 centimètres.

« L'expérience la plus remarquable et la plus saisissante est la suivante : en faisant fonctionner le transmetteur avec un seul élément Daniell, on n'obtient rien d'appréciable à la réception, du moins dans le téléphone que j'ai construit, quand il est adapté directement au circuit. En intercalant la petite bobine d'induction, on perçoit alors les sons avec une grande netteté et une intensité égale à celle des bons téléphones ordinaires. L'amplification est alors considérable et très nettement accusée. Comme le courant de pile est alors peu intense, les pointes de plumbagine ne s'usent pas, et le réglage persiste longtemps. En employant une pile plus énergique, six éléments au bichromate de potasse (en tension) ou douze éléments Leclanché, on obtient, par l'action directe, une intensité suffisante pour percevoir les sons un peu plus faiblement qu'avec les téléphones ordinaires; mais en intercalant la bobine d'induction on a alors des sons bien plus intenses et qui peuvent être entendus à 50 ou 60 centimètres de l'embouchure. Des chants peuvent, dans ces mêmes circonstances, être entendus à plusieurs mètres; mais le rapport d'amplification ne paraît pas jusqu'ici être aussi grand que pour le cas d'un seul élément Daniell. »

D'un autre côté, on voit dans *les Mondes* du 7 mars 1878 la description d'une série d'expériences faites par M. Luvin, professeur de physique à l'Académie militaire de

Turin, qui montrent que l'introduction d'électro-aimants dans le circuit réunissant deux téléphones augmente assez sensiblement l'intensité du son. En plaçant un près du téléphone transmetteur, l'autre près du téléphone récepteur, on obtient le maximum d'effet, et l'introduction d'un plus grand nombre de ces organes ne produit rien d'utile. Le fil inducteur d'une bobine de Ruhmkorff introduit dans le circuit dont il vient d'être question n'a provoqué aucun effet d'induction sensible dans le circuit induit, et par conséquent n'a pu faire fonctionner le téléphone correspondant à ce circuit. En revanche, le courant d'une machine de Clarke détermine des sons prononcés qui ressemblent assez à des coups de caisse, et sont assourdissants quand l'oreille est appliquée contre l'instrument; mais ils deviennent très faibles à un mètre de distance. Les courants d'une machine de Ruhmkorff donnent des effets encore plus énergiques : le son remplit toute une chambre. En modifiant la position du marteau de la bobine, le son passe par des tons différents qui sont toujours à l'unisson des interruptions du courant, du moins jusqu'à une certaine hauteur de ton.

Cette propriété des courants induits de la bobine de Ruhmkorff a permis à M. Gaiffe d'obtenir, par leur intermédiaire, un moyen très facile de réglage pour les téléphones, afin de les placer dans leurs conditions de maximum de sensibilité. Il met pour cela à contribution un de ses appareils d'induction à hélices mobiles et à intensités graduées, dans le circuit duquel il interpose le téléphone à régler. Les sons résultant du vibreur se trouvent alors répercutés par le téléphone, et s'entendant à distance de l'instrument, on peut, au moyen d'un tournevis, réagir sur la vis à laquelle est fixée l'extrémité libre du barreau aimanté de l'appareil. En la serrant ou en la desserrant, on rapproche ou on éloigne l'autre extrémité de ce barreau de la lame vibrante du téléphone,

et on répète ces essais jusqu'à ce qu'on soit arrivé à obtenir le maximum de l'intensité du son.

D'un autre côté, comme les sons rendus par les deux téléphones en correspondance sont d'autant plus intenses que les vibrations produites par eux se rapprochent plus de l'émision, il est nécessaire de les choisir de manière à émettre les mêmes sons pour une même note donnée, et le moyen indiqué précédemment peut être très avantageusement employé, car il suffit de noter ceux de ces appareils qui, pour un même réglage de la machine d'induction, donnent la même note dans les conditions de maximum de sensibilité. Un bon accouplement des deux téléphones en correspondance est non seulement très important au point de vue de la netteté des transmissions, mais il doit être encore considéré par rapport à la hauteur de la voix de ceux qui sont destinés à en faire usage. Plus cette hauteur est en rapport avec celle des sons produits par les appareils, mieux les sons sont perçus; c'est pourquoi il est des téléphones qui résonnent beaucoup mieux avec la voix des enfants et des femmes qu'avec la voix des hommes, tandis que l'inverse a lieu pour d'autres.

Les vibrations des téléphones sont très différentes d'un appareil à l'autre, et les moyens que nous venons d'indiquer permettent facilement de s'en rendre compte.

Les avantages des courants induits dans les transmissions téléphoniques se comprennent aisément, si l'on réfléchit qu'avec les courants simples, les variations de résistance du circuit qui résultent de la plus ou moins grande amplitude des vibrations de la lame transmettrice, étant des valeurs constantes, ne peuvent manifester distinctement leurs effets que sur des circuits courts: par conséquent les articulations des sons qui en résultent doivent ne plus être très appréciables sur des circuits très résistants. Toutefois, si on considère que, d'après les expériences de M. Warren de la Rue (voir le *Tele-*

graphic Journal du 1^{er} mars 1878, page 97), les courants produits par les vibrations de la voix dans un téléphone ordinaire représentent en intensité ceux d'un élément Daniell traversant 100 megohms de résistance (soit 10 000 000 de kilomètres de fil télégraphique), on peut comprendre qu'il y a autre chose à considérer dans les effets avantageux des courants induits que la simple question d'intensité plus ou moins grande des courants agissant sur le téléphone récepteur. Avec une pile énergétique, il est évident, en effet, que les courants différentiels qui agiront seront toujours plus intenses que les courants induits déterminés par le jeu de l'instrument. Je ne serais pas, quant à moi, éloigné de croire que c'est surtout à leurs inversions successives et à leur faible durée que les courants induits doivent les avantages qu'ils présentent. Ces courants, en effet, dont la durée ne dépasse guère, suivant Blaserna, 1/200 de seconde, se prêtent beaucoup mieux que les courants voltaïques aux vibrations multipliées qui sont le propre des vibrations phonétiques, et cela d'autant mieux que les inversions successives qui se produisent déchargent la ligne, renversent les effets magnétiques et contribuent à rendre les actions plus nettes et plus promptes. On ne doit donc pas s'étonner si les courants induits de la bobine d'induction, qui peuvent se produire dans des conditions excellentes au poste de transmission, puisque le circuit du courant voltaïque est alors très court, sont capables de fournir des résultats non seulement plus avantageux que les courants voltaïques qui leur donnent naissance, mais même que les courants induits résultant du jeu des téléphones Bell, puisqu'ils sont infiniment plus énergiques.

Quant aux effets relativement considérables produits par les courants si minimes des téléphones Bell, ils s'expliquent facilement par cette considération que, prenant naissance sous l'influence même des vibrations de la lame téléphonique, leurs variations d'intensité conservent

toujours le même rapport, quelle que soit la résistance du circuit, et ne sont pas, en conséquence, effacées par la distance séparant les deux téléphones.

Effets de la polarisation préventive des récepteurs téléphoniques. — Depuis longtemps, les expériences faites avec l'électro-aimant Hughes avaient démontré que les effets mécaniques résultant d'actions électro-magnétiques sont effectués beaucoup plus facilement et sous l'influence de courants électriques bien plus faibles, que lorsqu'il s'agit de les déterminer par des actions d'aimantation et de désaimantation, et les avantages de ce système sont encore plus manifestes quand il s'agit d'actions rapides. Cela se comprend du reste facilement si l'on considère que quand une force fait presque équilibre à une autre, la moindre action qui fera varier cette dernière suffira pour détruire l'équilibre, tandis qu'en la créant de toutes pièces, il faudra, en dehors du temps nécessaire à son développement, réagir au début dans des conditions de minimum de puissance, puisque les deux pièces magnétiques sont alors éloignées l'une de l'autre.

Dès l'année 1877, M. Berliner a eu l'idée d'appliquer ce principe à la téléphonie pour faire parler les transmetteurs microphoniques à charbon, et pour cela il a cherché à polariser préventivement les charbons appelés à reproduire les sons à leur point de contact, et voici la disposition qu'il avait combinée.

A la station de réception, le circuit de ligne à travers lequel passaient les courants induits transmis, correspondait à l'hélice secondaire d'une seconde bobine d'induction B' (figure 95), dont l'hélice primaire correspondait au récepteur R et à une pile locale P'. Sous l'influence de cette pile, les charbons du récepteur R se trouvaient polarisés positivement et négativement, et les réactions échangées entre les deux hélices de la bobine B', sous l'influence des courants ondulatoires transmis par la bo-

bine B, déterminaient des variations de potentiel dans le circuit local d'autant plus efficaces pour la transmission des sons, qu'elles s'effectuaient par des renforcements et affaiblissements d'une charge permanente.

M. Berliner avait constaté que l'intensité des sons ainsi reproduits était en rapport avec celle de la pile locale P', et il expli-

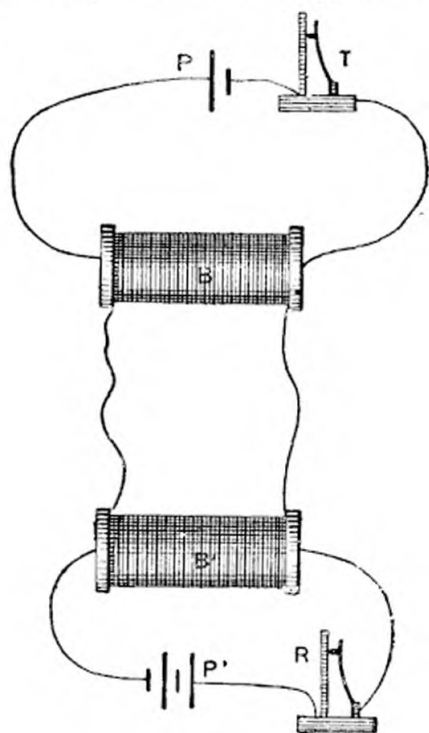


Fig. 95.

quait les avantages que cette disposition fournit, en disant que, de même qu'une armature polarisée est plus sensible aux actions électro-magnétiques qu'une armature de fer doux, de même des charbons préventivement polarisés par le passage d'un courant doivent être plus aptes à subir les variations d'intensité qui doivent agir sur eux, sous l'influence des courants ondulatoires transmis, que dans leur état naturel¹.

Il est certain que cette idée de M. Berliner, à laquelle on n'avait pas prêté dans l'origine une grande importance, a une grande portée, et elle est le point de départ de

¹ Voir le journal *la Lumière électrique*, tome II, p. 514, 556, et t. III, p. 159.

nombreux perfectionnements apportés au téléphone, dont nous aurons occasion de parler plus tard. Ce qui est curieux, c'est qu'elle date du mois de septembre 1877, c'est-à-dire d'une époque où le téléphone n'était pas encore connu en Europe. M. Berliner en a naturellement réclamé la priorité et il a eu raison¹.

Au commencement de l'année 1880, M. le docteur Herz, cherchant à faire parler le condensateur, eut l'idée de polariser ses armatures par l'intermédiaire de la pile même servant à la transmission, mais il ne put obtenir de bons résultats qu'en disposant le transmetteur microphonique sur une dérivation issue des pôles mêmes de cette pile, et en faisant communiquer chacun des contacts de son transmetteur à un élément particulier de la pile. C'était du reste la disposition dont nous avons parlé page 195. En principe un condensateur placé dans un circuit téléphonique à pile a bien ses armatures polarisées préventivement, puisque le courant n'est jamais interrompu dans ces sortes d'appareils, mais avec les condensateurs en papier, cette disposition ne paraît pas suffisante pour faire reproduire la parole. Avec un condensateur à lame d'air comme celui de M. Dolbear, on a pu cependant, d'après ce que l'on m'a assuré, obtenir ce résultat, mais M. Dolbear dit lui-même que c'est quand les armatures sont préventivement polarisées qu'on obtient les meilleurs effets.

En définitive, c'est M. Dunand qui, au mois de septembre 1880, a démontré de la manière la plus nette

¹ M. Berliner nous a envoyé, pour nous convaincre de la vérité de sa réclamation, les pièces suivantes : 1° une note imprimée portant la date du mois de septembre 1877, dans laquelle se trouve la description du système décrit précédemment avec la figure que nous avons reproduite, et trois autres descriptions d'appareils désignés par lui sous le nom de : *Contact telephone* ; *Electric spark telephone* ; *Telephone transfer* ; 2° une copie imprimée de son brevet, dont l'original, le caveat, portait la date du 15 janvier 1878 sous le n° 199.141 et dont la délivrance lui a été accordée le 14 décembre 1880.

l'influence des armatures polarisées pour la reproduction de la parole, et sa note insérée dans les comptes rendus de l'Académie des sciences du 1^{er} janvier 1880, a eu beaucoup de retentissement. Il montre, en effet, que pour faire parler un condensateur chantant disposé comme nous l'avons indiqué page 24, mais avec courant continu, il suffisait d'introduire dans le circuit induit correspondant au condensateur une simple pile, et il a reconnu que les sons reproduits étaient d'autant plus forts que le nombre des éléments de cette pile était plus considérable. Dans ces conditions, l'expérience est facile à répéter, et les résultats sont décisifs; malheureusement les sons sont un peu faibles sur les longs circuits, mais nous verrons plus tard certains dispositifs qui ont permis de les augmenter dans une grande proportion.

J'ai voulu m'assurer si le dispositif indiqué par M. Berliner réalisait les effets avantageux qu'il avait signalés pour les microphones récepteurs, et j'ai en conséquence disposé le circuit du condensateur comme celui que nous avons représenté figure 95. J'ai obtenu effectivement par ce moyen la reproduction de la parole, mais moins fortement qu'avec la disposition de M. Dunand.

Quoi qu'il en soit, ces différentes expériences ont fait avancer considérablement la question des téléphones en fournissant des moyens de renforcement qui pourront être utilisés un jour efficacement.

Expériences sur les effets résultant de chocs mécaniques communiqués à différentes parties d'un téléphone. — Si dans un téléphone ordinaire on adapte une pièce de fer contre la vis qui tient l'aimant, on reconnaît que les sons transmis sont un peu plus accentués, ce qui tient au renforcement du pôle actif de l'aimant; mais on entend, au moment où l'on applique la pièce de fer contre la vis, un bruit assez prononcé qui semble être dû aux vibrations mécaniques déterminées dans le barreau

au moment du choc. M. le lieutenant de vaisseau des Portes a fait en 1878 sur ce genre de phénomènes des expériences intéressantes. Ainsi il a reconnu que, si sur un circuit téléphonique de 100 mètres complété par le sol, le téléphone transmetteur est réduit au simple aimant muni de sa bobine qui constitue son organe électro-magnétique, et que cet aimant soit suspendu verticalement par un fil de soie, la bobine en haut, un coup frappé sur cet aimant, soit au moyen d'un morceau de bois, soit au moyen d'une tige de cuivre, pourra déterminer dans le téléphone récepteur des sons distincts qui augmenteront d'autant plus d'intensité que le coup sera frappé plus près de la bobine, et qui deviendront plus forts encore, mais moins nets, quand on mettra en contact avec le pôle supérieur de l'aimant une lame vibrante de fer doux.

Quand le corps avec lequel on frappe est en fer, les sons dont il vient d'être question sont plus accentués qu'avec le morceau de bois, et, quand l'aimant est muni de sa lame vibrante appliquée sur son pôle actif, on saisit en même temps que le bruit du choc une vibration de la plaque.

Si le corps percuteur est un aimant, les bruits produits sont semblables à ceux que l'on obtient avec un percuteur en fer, quand l'effet est produit entre pôles de même nom; mais, si ce sont des pôles de noms contraires, on entend après chaque coup un second bruit produit par l'arrachement de l'aimant et qui paraît être un coup frappé beaucoup moins fort. Naturellement ces bruits augmentent, si l'aimant est muni de sa lame vibrante.

Si on parle sur la plaque vibrante du téléphone transmetteur quand elle est appliquée sur le pôle de l'aimant, on entend sur le téléphone récepteur des sons variés assez semblables à ceux produits par les vibrations d'une corde à violon, et le bruit que fait la plaque quand on la

retire du contact de l'aimant est parfaitement entendu au récepteur.

Quand on parle au récepteur, la personne qui a l'oreille appliquée sur la plaque vibrante du transmetteur, disposé comme ci-dessus, entend très bien, mais ne distingue pas les paroles, ce qui tient sans doute au magnétisme condensé au point de contact de l'aimant et de la lame vibrante, et qui rend les variations magnétiques plus lentes et plus difficiles à s'effectuer.

Pour percevoir les coups frappés sur l'aimant avec une tige de fer doux, la présence de la bobine n'est pas nécessaire. En enroulant trois tours seulement du fil conducteur dénudé, servant de fil de ligne, sur une extrémité de l'aimant, on peut percevoir les sons, et ces sons cessent, comme dans les autres expériences, quand le circuit est interrompu, ce qui montre bien qu'on ne peut les attribuer à une transmission mécanique. Mais ce qui est le plus curieux, c'est que, si l'aimant est interposé dans le circuit de manière à en faire partie intégrante, et que les deux extrémités du fil conducteur soient enroulées autour des bouts de l'aimant, les coups frappés sur celui-ci avec le fer doux sont perçus dans le téléphone aussitôt que l'un des pôles de l'aimant est muni de la plaque vibrante.

J'ai répété moi-même les expériences de M. des Portes en frappant simplement sur la vis qui, dans les téléphones ordinaires, fixe l'aimant à l'appareil, et j'ai constaté que, toutes les fois que le circuit était complet, les coups frappés avec un couteau d'ivoire étaient répétés par le téléphone; ils étaient très faibles, il est vrai, quand la lame vibrante était enlevée, mais très marqués avec l'addition de cette lame. Au contraire, toutes les fois que le circuit était interrompu, aucun bruit n'était perçu. Ces bruits étaient du reste plus forts quand les coups étaient frappés sur la vis que quand ils étaient frappés sur le pôle même de l'aimant au-dessus de la bobine, ce qui tenait à ce que, dans le premier cas, le barreau pou-

vait vibrer librement, tandis que dans le second, les vibrations se trouvaient étouffées par suite de la fixation du barreau.

On pourrait, jusqu'à un certain point, expliquer ces effets en disant que les vibrations déterminées sur l'aimant par le choc ont pour résultat de déterminer *des déplacements ondulatoires des particules magnétiques* dans toute l'étendue du barreau, et que de ces déplacements doivent résulter dans l'hélice, d'après la loi de Lenz, des courants induits dont la force augmente quand la puissance de l'aimant est surexcitée par la réaction de son diaphragme, lequel joue le rôle d'armature, et par celle du corps percuteur, quand il est magnétique. Toutefois, les dernières expériences de M. des Portes sont plus difficiles à expliquer, et il pourrait bien y avoir autre chose que des courants induits ordinaires.

M. Gaiffe, dans une note envoyée à l'Académie au mois d'avril 1880, a signalé les mêmes effets, et a montré qu'en adaptant à un conducteur de circuit téléphonique, disposé de manière à être souple, une baguette de fer de 1^m,50 de longueur, il suffit de frapper sur cette baguette soit longitudinalement, soit transversalement, pour que les sons qui en résultent soient transmis avec tous leurs caractères distinctifs, dans un téléphone joint à ce conducteur. Il montre, de plus, que ces sons sont propres au fer, car avec des baguettes de cuivre et de laiton aucun effet n'est produit. Dans une autre note présentée à l'Académie le 25 avril, il ajoute que si deux baguettes magnétiques sur lesquelles on produit la percussion, sont coupées d'égale longueur dans une même tringle d'un acier susceptible de se polariser fortement sans être trempé, et que l'une de ces baguettes soit aimantée à saturation, ce sera la baguette la plus énergiquement aimantée qui provoquera à travers le circuit téléphonique, sous l'influence de la percussion, les courants les plus énergiques. Ces résultats avaient été indiqués longtemps avant

par M. Ader, comme on le verra dans les expériences qui vont suivre, mais les expériences de M. Hughes sur le magnétisme moléculaire expliquent parfaitement tous ces effets (voir les mémoires de M. Hughes dans *la Lumière électrique*, tome III, pages 265, 278, 289, 296, 401, 405).

Ces expériences ne sont pas les seules qui montrent les effets déterminés sous l'influence d'ébranlements moléculaires de diverse nature. Ainsi, M. Thompson (de Bristol) a reconnu que, si l'on introduit dans le circuit d'un téléphone ordinaire une pièce de fer et une tige de laiton placées perpendiculairement sur le fer, il suffira de donner un coup sur la tige de laiton pour déterminer un son énergique dans le téléphone. D'un autre côté, il a montré aussi que si l'on entoure les deux extrémités polaires d'un aimant droit de deux bobines d'induction, mises en rapport avec le circuit d'un téléphone, et qu'on promène au-dessous de l'aimant, dans l'intervalle séparant les deux bobines, la flamme d'une lampe à alcool, on entend un bruit très marqué aussitôt que la flamme exerce son action sur le barreau aimanté. Cet effet provient sans doute de l'affaiblissement du magnétisme du barreau déterminé par l'effet calorifique alors produit. Enfin, j'ai reconnu moi-même que des grattements effectués sur l'un des fils qui réunissent deux téléphones entre eux sont perçus dans ces téléphones, quel que soit d'ailleurs le point du circuit où ces grattements sont produits. Les sons ainsi provoqués sont, à la vérité, très-faibles, mais ils se distinguent nettement et acquièrent une plus grande intensité quand le grattement est effectué sur les bornes d'attache des fils des téléphones. Tous ces sons, d'ailleurs, ne peuvent pas être la conséquence d'une transmission mécanique de vibrations, car, quand le circuit est interrompu, on ne peut en percevoir aucun. D'après ces expériences, on pourrait croire que certains bruits, que l'on constate dans les téléphones expérimentés sur les lignes télégraphiques, pourraient bien provenir des

frictions des fils sur les supports, frictions qui donnent lieu à ces sons souvent très intenses que l'on entend quelquefois sur certaines lignes télégraphiques.

Cette idée a été de nouveau émise par M. Gaiffe après les expériences dont nous avons parlé précédemment, et elle a été depuis un an discutée par plusieurs savants dans quelques journaux étrangers. Mais en définitive il n'est rien ressorti de cette discussion, sinon que pour éviter les bruits résultant de ces actions de frottement dans les lignes téléphoniques, il fallait faire les joints des fils avec plus de soin et mieux arrêter les fils sur leurs supports.

Les expériences les plus intéressantes qui ont été faites

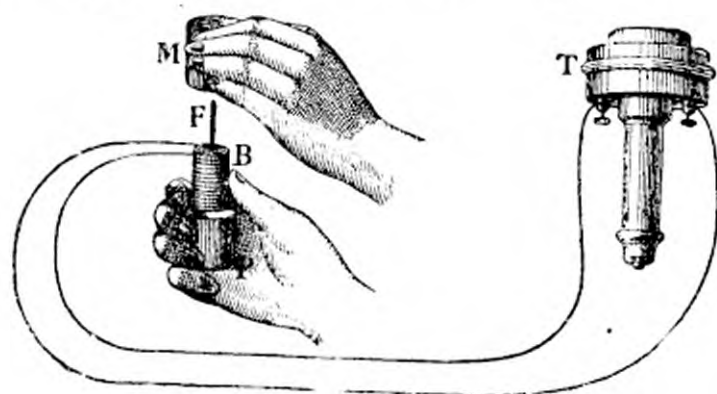


Fig. 94.

sur les sons produits par le choc des corps magnétiques sont celles que M. Ader a entreprises en 1880 et qui l'ont conduit à obtenir la transmission de la parole sous l'influence seule de ces chocs. Pour qu'on puisse comprendre ces effets, nous allons exposer méthodiquement les diverses expériences de M. Ader.

I. Si, comme l'indique la figure 94, on tient dans une main et entre les doigts une bobine de fil fin B appuyée sur une masse de cuivre P, que dans cette bobine B on introduise un noyau métallique F dont la nature pourra être variée, et qu'on frappe de l'autre main avec une autre masse de cuivre M l'extrémité du noyau métal-

lique, on observera, après avoir relié à un téléphone T les deux extrémités du fil de la bobine B, les effets suivants :

1° Si le noyau métallique F est en fer doux ou en nickel, on entendra admirablement et nettement les coups frappés par la masse M sur l'extrémité F du noyau.

2° Si le noyau métallique F est en acier trempé et non magnétisé, on n'entendra aucun son, quelque forts que soient les coups appliqués en F.

5° Si le noyau métallique est constitué par un barreau aimanté, on entendra parfaitement les coups, et pour éviter les effets d'induction, on peut alors employer, pour frapper, une masse M en verre ou en ivoire.

4° Si le noyau métallique est en cuivre ou autre matière non magnétique, on n'obtiendra aucun son.

On peut donc conclure déjà de ces expériences, que les effets du choc ne peuvent produire d'actions électriques capables d'influencer un téléphone, que lorsque le choc est effectué sur des noyaux en matière magnétique dénuée de force coercitive, ou, pour être plus exact, en matière très conductrice du magnétisme. On pourrait opposer à cette conclusion l'effet produit par le barreau aimanté, mais nous allons voir à l'instant que lorsque l'on prend les précautions convenables pour éviter les déplacements qui ont servi de base à mon explication, ce barreau, pas plus que le noyau d'acier trempé, ne peut fournir la reproduction des sons.

Pour faire cette expérience, il faut, non seulement enrouler directement l'hélice magnétisante sur le barreau et noyer toutes les spires dans de la gomme laque, mais encore pratiquer sur le barreau de petites rainures circulaires pour empêcher tout glissement de ces spires sur le noyau. En répétant alors l'expérience comme il a été indiqué précédemment, on reconnaît qu'aucun son n'est reproduit dans le téléphone.

Toutefois, il est un moyen de faire apparaître les sons :

il suffit pour cela d'enrouler sur l'un des bouts de l'hélice, et au-dessus d'elle, trois ou quatre spires de l'un des fils terminaux de cette hélice. Dans ces conditions, ces spires sont lâches, et alors les déplacements du noyau sous l'influence des chocs peuvent les affecter. On devra cependant remarquer que ces déplacements seuls ne peuvent expliquer complètement le phénomène; il faut qu'il y ait en même temps *choc*, c'est-à-dire vibration intermoléculaire, et les effets sont d'autant plus marqués que le

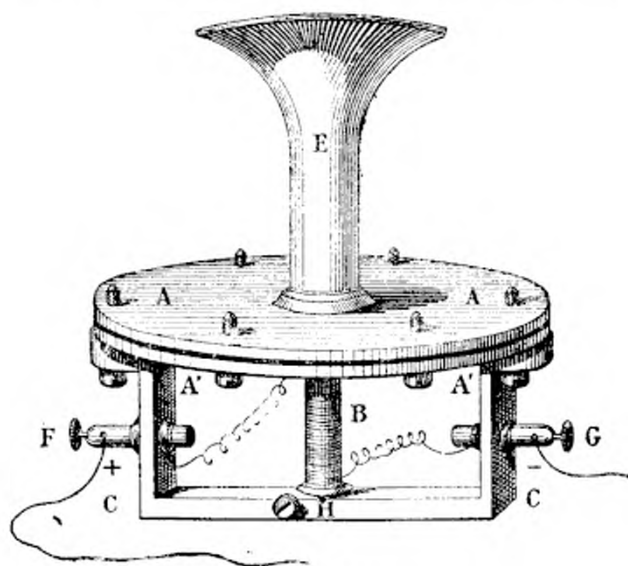


Fig. 95.

noyau magnétique présente plus de points de contact à la répercussion de la force vive développée. On peut même arriver, de cette manière, à reproduire les sons articulés, les sons musicaux, etc. Les figures 95 et 96 montrent comment on dispose alors l'expérience. La figure 96 est la coupe de la partie électro-magnétique de l'appareil représenté figure 95.

II. Entre deux disques de bronze AA, A'A' dont l'un porte à son centre une embouchure de téléphone E, on

fixe un diaphragme rigide en cuivre de 10 centimètres de diamètre sur $\frac{7}{16}$ de millimètre d'épaisseur, que l'on voit en coupe en DD (fig. 96). Entre ces deux disques et au-dessous de ce diaphragme, est adaptée une petite bobine B, enroulée avec du fil très fin (du n° 40), soutenue par un support CC. L'intérieur de cette bobine renferme le noyau magnétique (d'environ un millimètre de diamètre), que l'on peut constituer avec un seul fil de fer ou avec deux, juxtaposés bout à bout, ou avec un plus grand nombre, ou même avec de petits disques ou paillettes de fer de un dixième de millimètre d'épaisseur. On peut amener ce noyau en contact avec le diaphragme au moyen d'une vis régulatrice K qui soulève la bobine tout entière, et on

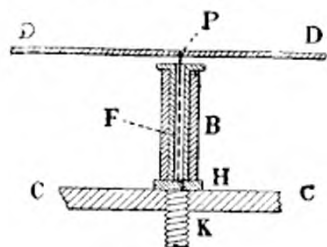


Fig. 96.

peut même régler la pression de manière à obtenir des effets de courants ondulatoires. Enfin, les deux extrémités du fil de la bobine sont amenées en F et en G pour les relier au circuit du téléphone. Quand le noyau est multiple, on l'arrange de manière que le bout

qui est en contact avec le diaphragme soit plus long que les autres, comme on le voit en P (fig. 96). Dans ces conditions, qui sont les meilleures, il suffit de parler, de chanter devant l'embouchure E, pour qu'on entende sans pile, dans un téléphone joint à ce système transmetteur, toutes les paroles prononcées et les airs chantés. Mais ces reproductions sont trois ou quatre fois plus intenses quand le noyau est composé d'un très grand nombre de petits morceaux de fils de fer (de un millimètre de longueur), que quand il n'est composé que de deux, comme on le voit dans la coupe de la figure 97. Il faut, par exemple, pour obtenir le maximum d'effet, un réglage qui ne laisse pas que d'être minutieux; mais, pour un bon réglage, la parole s'entend aussi bien qu'avec certains téléphones

ordinaires et sans qu'on ait mis à contribution aucune pile.

Nous disions que le déplacement seul du noyau magnétique devant la bobine B n'est pas suffisant pour produire des sons : on peut s'en convaincre en disposant le diaphragme comme on le voit figure 97 ; le bout du noyau de fer M est alors fixé à une masse métallique P soudée au centre du diaphragme DD, et dans la partie inférieure du tube de la bobine B, on place un bout de noyau de fer F que l'on appuie contre le bout M ou que l'on écarte, en serrant ou en desserrant la vis K. On peut même l'enlever tout à fait.

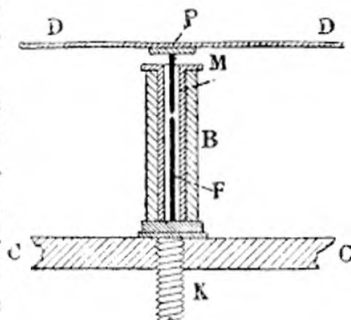


Fig. 97.

Quand le noyau F touche M, on entend, comme je l'ai déjà dit, les paroles prononcées dans l'embouchure E, plus faiblement cependant que dans le cas de la figure 96 ; mais quand on éloigne les deux noyaux ou que l'on enlève le bout F, on n'entend plus rien. Dans les deux cas pourtant, il y a déplacement d'une partie du noyau, et c'est seulement quand il y a choc que les sons sont entendus. On peut, en quelque sorte, analyser les effets produits en cette circonstance par les expériences suivantes :

Si on comprime un noyau de fer muni d'une bobine enroulée sur lui, entre deux pièces de cuivre serrées angulairement entre les mâchoires d'un étau, et que le noyau de fer soit rivé sur l'une de ces pièces, on reconnaît en enlevant brusquement, sous pression, l'autre pièce de cuivre, qu'il se produit un son dans le téléphone, et ce son est sans doute dû au mouvement des molécules magnétiques reprenant leur position d'équilibre normal. Si on reproduit une action mécanique analogue sur le

noyau, mais de manière à l'étirer au lieu de le comprimer, on constate encore la production d'un son au moment où le barreau reprend ses conditions normales, et il en est de même quand on exerce sur le noyau un effet de torsion. On peut donc dire que *toute action mécanique ayant pour conséquence de troubler l'état d'équilibre moléculaire d'un noyau magnétique, a pour effet de développer, au moment où ce noyau reprend brusquement ses conditions d'équilibre, un courant électrique capable d'impressionner le téléphone*; et comme un choc se trouve être dans le même cas que les effets que nous venons d'étudier, on peut trouver dans ce principe la cause des résultats curieux produits par le choc des corps magnétiques. Quant à la théorie de ces effets on pourrait peut-être la trouver dans les recherches de M. Hughes dont il a déjà été question. Ce que nous pouvons dire c'est que les effets téléphoniques produits ont une cause électrique et non une cause mécanique, car si on coupe le circuit ou qu'on fixe les deux bouts des fils qui relient le transmetteur au récepteur à un même bouton d'attache, on n'entend absolument aucun son. D'un autre côté, si la nature du corps avec lequel on frappe les noyaux magnétiques n'exerce aucune influence sur l'intensité des sons produits, il n'en est plus de même quand le noyau est aimanté. Avec un corps percuteur en fer, les sons deviennent beaucoup plus forts quand le barreau est libre dans la bobine, et déterminent des sons quand celle-ci est disposée sur le barreau de manière à ne pas en émettre avec un corps percuteur non magnétique.

La première idée qui vient à l'esprit, quand on étudie la question, est de rapporter les effets précédents à des actions d'induction produites par l'aimant terrestre; elle était venue à l'esprit de M. Ader, mais il a dû y renoncer à la suite des expériences qui lui ont montré que le simple déplacement du noyau de fer ne suffisait pas pour engendrer des sons. On a vu effectivement que quand on

adaptait à l'appareil représenté figure 95 le dispositif représenté figure 97, on n'obtenait aucune reproduction de son. D'un autre côté, on a remarqué que l'orientation différente de ce noyau, placé dans les conditions voulues pour produire des sons, ne déterminait aucune variation dans leur intensité. Enfin, si le magnétisme terrestre était en jeu dans le phénomène, le noyau d'acier trempé non aimanté devrait, tout aussi bien que le noyau de fer doux, déterminer la reproduction des sons, et ceci, comme on l'a vu, n'a pas lieu. L'influence seule du magnétisme terrestre dans tous ces effets ne paraît donc pas démontrée.

Expériences de M. R. Coulon sur le condensateur chantant. — Pour étudier les causes de la reproduction des sons dans le condensateur chantant, M. R. Coulon a entrepris une série d'expériences intéressantes que nous croyons devoir rapporter, et que nous ferons suivre de celles de MM. Duter et Govi, dans lesquelles nous avons cru trouver une explication de ce curieux instrument.

M. R. Coulon a d'abord voulu examiner si le bruit des étincelles déterminées au sein du condensateur pouvaient expliquer les sons émis par lui, et, pour cela, il a substitué au condensateur un excitateur d'étincelles à pointes de platine, à travers lequel il faisait passer le courant induit d'une bobine d'induction actionnée par le transmetteur du condensateur chantant. Il a pu alors reconnaître qu'il est une distance entre les deux pointes de l'excitateur pour laquelle il ne se produit pas d'étincelles, mais qui permet au son produit par la décharge de reproduire avec pureté le son émis dans le transmetteur, et ce son acquiert en même temps son intensité maxima.

Si l'on examine alors dans l'obscurité ce qui se passe, on reconnaît qu'il y a production d'aigrettes lumineuses entre les pointes de l'excitateur, aigrettes dont les formes et l'intensité varient suivant la note émise.

Si les pointes de l'excitateur sont écartées davantage, le son s'affaiblit graduellement sans jamais disparaître tout à fait. La bobine chante même sans conducteur intermédiaire, et le son paraît sortir de l'intérieur de la bobine. Pour qu'on ne pût attribuer ce chant au condensateur de la bobine d'induction, ce condensateur a été enlevé, et le phénomène a continué à se produire. Or M. R. Coulon a pu déduire de ces expériences :

1° Que l'étincelle directe d'une bobine, quoique produisant des sons, ne le fait que d'une manière très imparfaite; 2° que l'aigrette lumineuse les reproduit plus facilement; 3° qu'ils sont également reproduits par la bobine, sans apparition de lumière; 4° que les effets ne croissent pas avec la puissance des instruments ni des courants électriques.

M. Coulon a, d'un autre côté, reconnu qu'un même condensateur, placé dans le circuit d'une petite bobine ou d'une grande, donne plus d'effet dans le premier cas que dans le second, et qu'une pression poussée jusqu'à 110 kilogrammes par centimètre carré, exercée sur ce condensateur, n'en affaiblissait pas les sons. Ceux-ci ne disparaissaient que sous une pression de 65 000 kilogrammes, et ils étaient de nouveau reproduits quand la pression devenait moindre, sans que le condensateur en fût le moins du monde altéré. Il put conclure de ces expériences, que les décharges lumineuses ne peuvent pas rendre compte du phénomène.

Pour savoir si l'état des surfaces isolantes d'un condensateur chantant pourrait expliquer les effets produits, M. Coulon a ouvert celui de ses condensateurs qui avait donné les meilleurs résultats, et il a examiné au microscope l'état de ses surfaces isolantes; il n'y a vu aucune solution de continuité ni aucun trou. Mais, l'ayant exposé à l'action de forts courants induits et ayant provoqué des perforations dans les surfaces isolantes, l'appareil est devenu muet. Ces perforations étaient, il est vrai, accom-

pagnées sur les bords de parcelles métalliques enlevées aux électrodes, mais celles-ci étaient pourtant restées intactes. Voulant reconnaître si c'étaient les perforations à elles seules qui avaient empêché la reproduction des sons, M. Coulon a construit deux condensateurs exactement semblables, mais dont les feuilles isolantes de l'un avaient été légèrement perforées avec une aiguille. Les deux condensateurs ont chanté, mais celui qui était percé chantait moins fort que l'autre. Il a pu naturellement conclure de ces expériences que des lames isolantes imperméables reproduisent le son et que des lames trouées le reproduisent également, tant qu'une matière conductrice n'établit pas entre les lames métalliques du condensateur une conductibilité métallique qui les empêche de se charger. La moindre intensité des sons, avec les condensateurs troués, proviendrait alors du passage des aigrettes à travers ces trous, ce qui rend imparfaite l'isolation de la surface de papier interposée entre les lames métalliques du condensateur.

La conclusion générale de toutes ces expériences est, suivant M. Coulon, que les flux électriques, alternativement de sens contraire, qui se produisent dans la charge d'un condensateur animé par une bobine d'induction et qui parcourent la bobine d'induction elle-même, peuvent donner lieu à un mouvement intermoléculaire qui se traduit par une vibration sonore dans le condensateur et la bobine, et que la combinaison à travers l'air, sous forme d'aigrettes lumineuses, des flux électriques successivement condensés, peut déterminer les sons produits par les aigrettes.

« Il est évident, dit-il, que le nombre des décharges ou mouvements électriques ainsi produits dans l'unité de temps est égal à celui des vibrations sonores qui ont donné naissance à la note perçue, et comme l'intensité du mouvement électrique varie comme le mouvement de la plaque du parleur, le condensateur ne fait que renforcer et rendre sensible un phéno-

mène qui se produit dans une partie quelconque du circuit, quelque minime qu'elle soit. »

Cette explication, sans doute très ingénieuse et qui rentre un peu dans notre manière de voir à l'égard des effets téléphoniques, ne définit pas cependant très clairement la nature de la vibration. Et, d'abord, qu'est-ce qui entre en vibration? Est-ce l'isolant ou les surfaces métalliques?

Quand M. Duter a présenté à l'Académie ses expériences très curieuses sur les effets des condensateurs, j'ai cru qu'il serait possible d'expliquer par ces effets ceux du condensateur chantant, et, depuis moi, M. Righi a soutenu la même théorie. Voici ce que je disais dans une note publiée dans le journal *l'Électricité*, du 5 décembre 1878 :

« Une expérience qui vient d'être signalée dernièrement à l'Académie par M. Duter, et qui avait été faite, paraît-il, il y a une douzaine d'années par M. Govi, pourrait peut-être jeter quelque lueur sur la théorie dont nous parlons. Il résulte en effet de cette expérience due à M. Duter que, quand un corps électrisé réagit sur un conducteur à travers une enveloppe isolante, il se manifeste dans le système un changement de volume que M. Duter attribue au corps isolant, mais que M. Govi avait cru appartenir au corps électrisé lui-même.

« Pour le prouver, M. Duter remplit un tube horizontal de verre d'un liquide conducteur et y soude un petit tube vertical dans lequel on peut suivre les variations de la capacité tubulaire occupée par le liquide; puis il plonge ce tube dans un autre tube horizontal, également rempli de liquide, et muni comme le premier d'un tube vertical.

« Par suite de cette disposition, les deux liquides constituent les deux armures d'un condensateur, et en électrisant l'une de ces armures, l'armure intérieure, par exemple, on peut lire sur les deux tubes verticaux les changements de volume des deux capacités tubulaires.

« Or, on reconnaît que, sous cette influence, le liquide du tube extérieur s'élève, tandis que le liquide du tube intérieur

s'abaisse; d'où il résulterait que, sous l'influence de la condensation, une pression s'est trouvée communiquée à l'enveloppe et en a dilaté assez les parois pour changer le volume des deux capacités tubulaires. Aussitôt que la décharge est effectuée, les capacités reprennent leur volume normal.

« Si on rapproche ces effets de ceux produits dans le condensateur chantant, on pourrait y trouver l'explication des vibrations qui y sont déterminées.

« En effet, des charges et décharges rapides qui se trouvent produites dans le condensateur sous l'influence des sons provoqués par la voix, doivent résulter des déplacements des lames isolantes, et les déplacements étant en rapport avec le nombre des émissions de courant, il doit se produire des vibrations représentant les sons qui les ont engendrées. »

En étudiant les mêmes expériences de MM. Govi et Duter, M. Righi, dans sa note à l'Académie des sciences du 16 juin 1879, y rapporte également les effets du condensateur chantant.

« Je ferai observer, dit-il, que le curieux phénomène connu sous le nom de condensateur chantant, peut s'expliquer par les dilatations instantanées qui se manifestent à chaque charge. Du moins ces dilatations sont une des causes du phénomène, car ayant mis en communication un de mes tubes à armature de mercure avec le fil induit d'une bobine dont le circuit inducteur était périodiquement interrompu par un diapason, le tube a reproduit le son par des vibrations longitudinales. »

Le fait signalé par M. Lippmann de la contraction de la couche d'air qui entoure les lames d'un condensateur à mesure qu'on les électrise, fait qui ressort d'ailleurs des formules de la conservation de l'énergie électrique, pourrait également expliquer la reproduction des sons dans le condensateur; mais, ce qui est certain, c'est que la présence de l'air autour de cet appareil est nécessaire pour cette reproduction, car M. Tréve a démontré qu'un appareil de ce genre intro-

duit dans un tube vide d'air cesse de produire des sons à une pression de 0^m,003 à 0^m,004.

Effets mécaniques produits dans un noyau magnétique soumis à des actions d'aimantation. — Si des sons sont produits par l'effet même des contractions et dilatations des molécules magnétiques sous l'influence d'alternatives d'aimantations et de désaimantations, il doit en résulter des changements de volume du corps magnétique, et il était important de savoir dans quel sens ils se manifestent. Plusieurs savants se sont occupés de cette question et sont arrivés à des résultats contradictoires. Ainsi MM. Joule, Wertheim, Righi, ont reconnu qu'il y avait allongement du barreau au moment de l'aimantation; d'autres, parmi lesquels nous citerons M. Wiedmann, ont trouvé qu'il y avait raccourcissement; enfin d'autres, tels que MM. Gay-Lussac, Luvini, n'ont constaté aucun changement. Il est probable que ce désaccord vient de la manière dont les expériences ont été faites, et de ce que les noyaux soumis aux expériences étaient affectés par une action mécanique préventive différente, laquelle exerce une grande influence, comme l'ont démontré les expériences de M. Ader et de M. Hughes. Il serait très intéressant de rapporter toutes ces expériences, mais étant obligé de nous limiter, nous donnerons seulement les conclusions des travaux de M. Righi et de M. Ader¹. Voici celles de M. Righi.

1° Par l'effet de l'aimantation, une augmentation de dimensions se produit dans le sens de l'aimantation elle-même, et cet effet a lieu dans le fer aussi bien que dans l'acier;

2° Au moment de la cessation de l'action magnétisante, cette augmentation de dimensions persiste en partie et

¹ Voir *la Lumière électrique*, tome II, pages 264-509.

dans une proportion plus ou moins grande, selon la force coercitrice de la matière magnétique ;

3° Pour des tiges de fer aimantées longitudinalement par une hélice qui les enveloppe, les allongements sont proportionnels aux carrés de l'intensité du courant, au moins tant que cette intensité n'est pas très grande ;

4° Si, après un courant fort, on envoie dans l'hélice magnétisante un courant faible de sens contraire, il produit un raccourcissement. Cependant, quand bien même ce courant serait capable de désaimanter le noyau magnétique, celui-ci conserve une longueur plus grande qu'à l'état normal ;

5° Par le fait seul de l'interversion de la polarité longitudinale d'un noyau magnétique, sa longueur diminue momentanément, accomplissant ainsi une oscillation longitudinale ;

6° Une tige ou un fil de fer parcouru par un courant, se raccourcit au moment même de la fermeture du courant ; mais il s'allonge au moment de l'interruption du circuit, et cet allongement est moindre que le raccourcissement initial, ce qui prouve que le magnétisme transversal¹ subsiste en partie ;

7° Par suite de l'interversion de la polarité transversale, la tige magnétique s'allonge momentanément, et détermine ainsi une oscillation longitudinale ;

8° Le raccourcissement produit par le courant est beaucoup plus grand quand la tige a été d'abord aimantée longitudinalement. Elle reste en grande partie désaimantée, et il se développe dans l'hélice qui l'entoure un courant d'induction ;

9° Il arrive quelquefois que certaines tiges magnétiques ont une tendance à manifester une aimantation

¹ M. Righi appelle *magnétisme transversal* celui qui, d'après les recherches de M. Villari, serait le résultat d'une orientation des axes des molécules magnétiques effectuée sous l'influence du courant, perpendiculairement au fil conducteur.

héliçoïdale, c'est-à-dire à tourner en hélice les axes magnétiques de leurs molécules, et ceci est indiqué par les raccourcissements produits par un courant passant par ces tiges, lesquels raccourcissements sont différents selon la direction de ce courant et le sens de la précédente aimantation longitudinale.

Un fait curieux que M. Righi signale encore dans son mémoire, c'est que si un noyau magnétique subit des variations dans sa longueur sous l'influence de l'aimantation, son volume ne change pas, ce qui indiquerait que les allongements ou les raccourcissements dans le sens longitudinal seraient compensés par des mouvements opposés dans le sens transversal.

Il conclut de tous ces faits que, de même que dans certains corps la cristallisation, par suite d'une orientation particulière des particules, produit un accroissement de volume, de même il peut arriver que le déplacement des axes des molécules de fer dans le phénomène de l'aimantation produise une augmentation de dimensions dans le sens de la polarité du barreau, augmentation à laquelle contribueraient les forces magnétiques réciproques des molécules qui tendraient ensuite à se rapprocher et à raccourcir le corps dans une autre direction.

Dans ses expériences, M. Ader étudie la question à un autre point de vue et par rapport aux réactions mécaniques extérieures qui peuvent réagir sur le corps magnétique. Il arrive à cette conclusion, qui serait très importante si elle pouvait être toujours généralisée : c'est que *les barreaux de nature magnétique soumis à une action mécanique de compression, de torsion ou de traction, ne dépassant pas les limites d'élasticité du métal, tendent à reprendre leur disposition moléculaire primitive sous l'influence du courant qui les aimante.*

Ce serait ici le cas de rapporter les expériences si intéressantes de M. Hughes sur tous les effets produits par les actions mécaniques sur la structure moléculaire des

corps magnétiques, effets longuement étudiés dans quatre mémoires que nous avons rapportés dans le journal *la Lumière électrique*¹. Mais comme cela nous entrainerait trop loin, nous nous contenterons de renvoyer le lecteur à ces mémoires ainsi qu'à ceux de M. Wiedmann sur le même sujet. Nous nous permettrons cependant de faire observer que les expériences de M. Ader pourraient rendre compte des mouvements vibratoires du diaphragme des téléphones Bell (sans pile), sans entrer dans des considérations théoriques encore mal définies.

Si l'on considère, en effet, que le diaphragme d'un téléphone Bell est toujours soumis à un *effet de flexion* résultant de l'attraction exercée par l'aimant, et qu'une variation du pouvoir magnétique de celui-ci a pour effet d'en provoquer une semblable dans la polarité magnétique du diaphragme, on pourrait arriver à cette conclusion que « pour chaque variation d'intensité dans le courant transmis, il devrait se produire un effet mécanique, s'effectuant en sens inverse de celui produit par l'aimant et qui pourrait donner lieu, soit à une diminution d'amplitude de la flexion du diaphragme quand le magnétisme du barreau aimanté serait surexcité, soit à un accroissement de cette amplitude quand ce magnétisme serait affaibli » ; d'où il résulterait, pour des variations rapides de l'intensité du courant, un mouvement vibratoire qui pourrait reproduire les sons dans les conditions ordinaires et sans qu'il soit nécessaire d'admettre l'hypothèse invraisemblable d'attractions électro-magnétiques exercées sur des pièces rigides sous l'influence de courants infiniment faibles. Toutefois la question ne laisse pas que d'être assez compliquée, même à ce point de vue, et pour l'éclaircir, il faudrait savoir dans quel sens s'effectue le mouvement du diaphragme au moment

¹ Voir le journal *la Lumière électrique*, tome III, p. 265, 278, 289, 296, 401, 425.

des affaiblissements ou accroissements de son aimantation¹.

Expériences de M. d'Arsonval sur la sensibilité du téléphone. — On a vu que le téléphone était un instrument d'une extrême sensibilité, mais cette sensibilité n'avait pu être appréciée d'une manière bien nette par les moyens ordinaires. Pour la mesurer en quelque sorte, M. d'Arsonval a eu l'idée de la comparer à celle du nerf d'une grenouille, appareil qui, comme on le sait, avait été regardé jusqu'ici comme le plus parfait de tous les galvanoscopes, et le résultat de ses expériences a été que le téléphone est deux cents fois plus sensible que ce nerf. Voici du reste comment M. d'Arsonval rend compte de ses recherches à cet égard dans les comptes rendus de l'Académie des sciences du 1^{er} avril 1878 :

« Je prépare une grenouille à la manière de Galvani. Je prends l'appareil d'induction de Siemens usité en physiologie sous le nom d'*appareil à chariot*; j'excite avec la pince ordinaire le nerf sciatique, et j'éloigne la bobine induite jusqu'à ce que le nerf ne réponde plus à l'excitation électrique. Je remplace alors le nerf par le téléphone, et le courant induit qui n'excitait plus le nerf fait vibrer avec force cet appareil. J'éloigne la bobine induite, et le téléphone vibre toujours.

« Dans le silence de la nuit, j'ai pu entendre vibrer le téléphone en éloignant la bobine induite à une distance quinze fois plus grande que celle du minimum d'excitation du nerf; par conséquent, si l'on admet pour l'induction comme pour les actions à distance la loi des carrés inverses, on voit que dans cette circonstance le téléphone est au moins deux cents fois plus sensible que le nerf.

« Nous possédons dans le téléphone un instrument d'une sensibilité exquise. Il est, comme on le voit, beaucoup plus sensible que la patte galvanoscopique, et j'ai songé à en faire un galvanoscope. On n'étudie que très difficilement les courants musculaires et nerveux avec un galvanomètre de 50 000 tours,

¹ Voir la *Lumière électrique*, tome II, pages 264-509.

parce que l'appareil manque d'instantanéité et que l'aiguille, à cause de son inertie, ne peut manifester des variations électriques se succédant rapidement, comme celles qui ont lieu par exemple dans le muscle lorsqu'on le tétanise. Cet inconvénient n'existe plus avec le téléphone qui répond toujours par une vibration à un changement électrique, quelque rapide qu'il soit. C'est donc un excellent instrument pour étudier le tétanos électrique du muscle. On peut être sûr d'avance que le courant musculaire excitera le téléphone puisque ce courant excite le nerf qui est moins sensible que cet appareil. L'instrument nécessite pour cela quelques dispositions spéciales.

« Le téléphone ne peut servir qu'à constater les variations d'un courant électrique, quelque faibles qu'elles soient, il est vrai : mais j'ai trouvé le moyen, par son intermédiaire, de constater la présence d'un courant continu, quelque faible qu'il puisse être. J'y ai réussi en employant un artifice très simple. Je lance dans le téléphone le courant supposé, et, pour obtenir des variations, j'interromps mécaniquement ce courant par le diapason. Si aucun courant ne traverse le téléphone, l'instrument reste muet. Si, au contraire, le plus faible courant existe, le téléphone vibre à l'unisson du diapason. »

M. le professeur Eick (de Wurtzbourg) a aussi employé le téléphone pour des recherches physiologiques, mais en suivant une voie précisément contraire à celle explorée par M. d'Arsonval. Il a reconnu qu'en mettant les nerfs d'une grenouille en rapport avec un téléphone on les contractait d'une manière énergique aussitôt qu'on parlait dans l'appareil, et l'énergie des contractions dépendait surtout de la nature des mots prononcés; ainsi il a constaté que les voyelles *a*, *e*, *i* ne produisaient presque pas d'effet, tandis que l'*o* et surtout l'*u* en déterminaient un très énergique. Les mots *liege-still* prononcés à haute voix ne produisent qu'une très faible action, tandis que le mot *tucker*, même prononcé à voix basse, agitait fortement la grenouille. Ces expériences, qui rappellent celles de Galvani, étaient naturellement basées sur les effets produits par les courants induits développés dans

le téléphone, et prouvent que si cet instrument est un galvanoscope plus sensible que le nerf d'une grenouille, celui-ci est plus impressionnable que nos galvanomètres les plus perfectionnés.

Expériences de MM. Demoget, Warren de la Rue, Brough, Peirce, Galileo Ferraris, Boscha, sur l'intensité des courants développés dans le téléphone.

— Pour comparer l'intensité des sons transmis par le téléphone avec l'intensité du son primitif, M. Demoget a disposé dans une plaine découverte deux téléphones. Il tenait à l'oreille le premier, tandis qu'un aide s'éloignait de lui, en répétant sans cesse la même syllabe avec la même intensité de voix dans le deuxième instrument. Il entendait d'abord le son transmis par le téléphone, puis ensuite le son qui arrivait directement, en sorte que rien n'était plus facile que de comparer. Or, voici les résultats qu'il a obtenus.

A quatre-vingt-dix mètres, les intensités perçues étaient égales, la plaque vibrante étant éloignée du tympan d'environ cinq centimètres. A ce moment, le rapport des intensités était donc de 25 à 81 000 000. En d'autres termes, le son transmis par le téléphone n'était que $\frac{1}{3.000.000}$ du son émis.

« Mais comme les stations dans lesquelles on opérait ne pouvaient être considérées comme deux points vibrant librement dans l'espace, il y avait lieu, dit M. Demoget, de réduire ce rapport de moitié, à cause de l'influence du sol, et d'admettre que le son transmis par le téléphone était 1 500 000 fois plus faible que celui émis par la voix.

« Comme, d'autre part, on sait que l'intensité de deux sons est proportionnelle au carré de l'amplitude des vibrations, on peut en conclure que les vibrations des deux plaques des téléphones étaient directement proportionnelles aux distances, c'est-à-dire, comme 5 est à 9 000, ou que les vibrations du téléphone transmetteur étaient dix-huit cents fois plus grandes

que celles du téléphone récepteur. On peut donc comparer celles-ci à des vibrations moléculaires, car celles du téléphone transmetteur ont déjà une amplitude très petite.

« Sans diminuer en rien le mérite de la remarquable invention de Bell, continue M. Demoget, on peut conclure de ce qui précède que le téléphone, au point de vue du rendement, est une machine qui laisse bien à désirer, puisqu'elle ne transmet que la dix-huit centième partie du travail primitif, et que si cet instrument a donné des résultats si inattendus, cela tient bien plus à la perfection de l'organe de l'ouïe qu'à la perfection de l'instrument lui-même. »

M. Demoget attribue cette déperdition du travail produit dans le téléphone, surtout aux huit transformations successives que subit le son avant d'arriver à l'oreille, sans parler de celle qui est due à la résistance électrique de la ligne et qui, à elle seule, peut absorber toute l'énergie.

Pour se rendre compte de la force des courants induits qui actionnent un téléphone, M. Demoget a cherché à les comparer à des courants d'une intensité connue, produisant des vibrations de même nature et de même force, et pour cela il a mis à contribution deux téléphones A et B en communication au moyen d'une ligne de 20 mètres de longueur. Près de la plaque vibrante du téléphone A, il a appuyé légèrement une petite lime sur laquelle on frottait avec une lame métallique; le bruit ainsi produit était naturellement transmis par le téléphone B avec une certaine intensité qu'on pouvait apprécier. Il a ensuite remplacé le téléphone A par une pile, et la lime était introduite dans le circuit en la reliant à l'un des pôles. Le courant ne pouvait être fermé qu'en frottant la lime au moyen de la lame de ressort mise en communication avec l'autre extrémité du circuit. Mais on pouvait obtenir ainsi des courants interrompus qui, en faisant vibrer le téléphone B, produisaient un bruit dont l'intensité variait avec la force du courant de la pile. En cherchant l'inten-

sité électrique capable de fournir de cette manière un son équivalent à celui produit par le téléphone A. M. Demogel a reconnu qu'elle correspondait à celle que fournit une petite pile thermo-électrique constituée par un fil de fer et un fil de cuivre de deux millimètres de diamètre, aplatis à leur extrémité et soudés à l'étain; le faible courant résultant de cette pile ne faisait dévier que de deux degrés un galvanomètre à fil court.

Cette estimation ne nous paraît pas toutefois réunir assez de conditions d'exactitude pour qu'on puisse en déduire le degré de sensibilité du téléphone, sensibilité qui, d'après les expériences de MM. Warren de la Rue, Brough, Peirce, est infiniment plus grande. M. Warren de la Rue, en effet, comme on l'a déjà vu, a reconnu au moyen du galvanomètre de Thomson, et en ramenant à la déviation fournie sur l'échelle de ce galvanomètre celle déterminée par un élément Daniell traversant un circuit complété par un rhéostat, que les courants émis par un téléphone ordinaire de Bell sont équivalents à celui d'un élément Daniell traversant 100 megohms de résistance, c'est-à-dire dix millions de kilomètres de fil télégraphique. Suivant M. Brough, le directeur des télégraphes de l'Inde, le plus fort courant qui, à un moment donné, fait fonctionner le téléphone Bell, n'excède pas $\frac{1}{1.000.000.000}$ de l'unité de courant, c'est-à-dire de un ampère, et le courant qui fait agir les relais dans l'Inde a 400 000 fois cette force. Enfin, le professeur Peirce (de Boston) compare les effets du courant téléphonique à ceux qui seraient produits par une source électrique dont la force électromotrice serait la $\frac{1}{200.000}$ partie d'un volt, ou de celle d'un élément Daniell. Du reste, comme l'observe M. Peirce, il est difficile de fixer un chiffre exact pour estimer la valeur réelle de ces sortes de courants, car elle est essentiellement variable suivant l'intensité des sons produits sur le téléphone transmetteur; mais on peut affirmer qu'elle est moindre que la $\frac{1}{1.000.000}$ partie

du courant employé ordinairement pour faire fonctionner les appareils télégraphiques sur les lignes.

Les expériences les plus complètes et les plus intéressantes qui ont été faites sur ce sujet sont celles qu'a entreprises M. Galileo Ferraris et qui l'ont conduit à admettre que l'intensité des courants électriques dans le téléphone dépend essentiellement de la hauteur du son déterminé par la voix. D'après ses recherches, cette intensité, pour le *la* normal, peut être représentée par celle d'un courant d'un élément Daniell qui aurait traversé 11 764 700 kilomètres de fil télégraphique de 4 millimètres de diamètre, ce qui représente un circuit d'une longueur égale à 290 fois le tour de la terre suivant son plus grand cercle.

M. Bosscha, de son côté, a publié dans les *Archives néerlandaises*, tome XIII, un mémoire très intéressant sur l'intensité des courants électriques du téléphone, dans lequel il est dit que l'intensité minima du courant nécessaire pour fournir un son dans un téléphone par la vibration de son diaphragme, pourrait être au-dessous de un cent millième de celle d'un élément Daniell; et le déplacement du centre du diaphragme pourrait être alors invisible, car il ne serait guère que de 2,5 millièmes de millimètre, pour une intensité de courant n'étant que un dix millième de l'intensité du même élément Daniell. Quant à l'amplitude des mouvements produits par le diaphragme sous l'influence de la voix, il n'a pu la mesurer exactement, mais il la croit inférieure à un millième de millimètre, et il en résulterait que, pour un son de 880 vibrations, l'intensité des courants induits développés serait 0,0000792 de l'unité d'intensité électro-magnétique.

Expériences de M. Hellesen (de Copenhague) sur les effets produits par les différentes parties d'un téléphone. — Pour se rendre compte des effets réci-

proques produits par les différentes parties d'un téléphone, M. Hellesen a construit des téléphones de mêmes dimensions avec trois dispositions différentes et inverses les unes des autres. Il en a d'abord établi une dans les conditions ordinaires, puis une autre dans les conditions du premier système de Bell, c'est-à-dire, en employant pour lame vibrante une membrane portant à son centre une petite armature de fer, et enfin la troisième disposition mettait à contribution un aimant cylindrique creux, à l'un des pôles duquel était fixée la lame vibrante, laquelle pouvait se mouvoir devant une spirale plate en limaçon, présentant le même nombre de spires que les deux autres hélices. Dans cette dernière disposition, les courants induits résultant des vibrations de la voix pouvaient être assimilés à ceux qui seraient la conséquence du rapprochement et de l'éloignement de deux spirales parallèles, dont une serait parcourue par un courant. Or, de ces trois dispositions, c'est celle qui a été adoptée par M. Bell qui a fourni les meilleurs effets, et c'est un résultat réellement bien rare dans l'histoire des découvertes, qu'un inventeur soit arrivé du premier coup à la meilleure disposition à donner à son instrument.

Expériences de M. Zetzche sur la vitesse de la production des sons dans le téléphone. — Il est toujours un certain noyau d'esprits de travers qui veulent nier l'évidence, le plus souvent pour faire acte de contradiction, et qui croient ainsi diminuer l'importance d'une découverte dont le retentissement les exaspère. Le téléphone et le phonographe ont été l'objet de ces critiques de mauvais aloi. Ne s'est-on pas avisé de dire que l'action électrique n'entraîne pour rien dans les effets produits par le téléphone, et qu'il fonctionnait toujours sous l'influence de vibrations mécaniques transmises par le fil conducteur, absolument comme cela a lieu dans les téléphones à ficelle!!.. On a eu beau démontrer à ces esprits-

avisés que quand l'un des fils du circuit était interrompu, aucun son n'était produit, cette démonstration ne leur a pas suffi, et pour détruire toute objection de leur part, M. Zetzche a fait des expériences dans lesquelles il a démontré, par le mode même de la propagation du son, que l'idée d'attribuer le son produit dans un téléphone à une vibration mécanique est tout simplement absurde. Voici en effet ce qu'il dit à cet égard dans un article inséré dans le *Journal télégraphique* de Berne du 25 janvier 1878 :

« La correspondance par téléphone entre Leipzig et Dresde a fourni une nouvelle preuve que c'est bien par les courants électriques et non par la propagation purement mécanique des sons que se reproduisent les mots à la station de réception. La vitesse de propagation du son dans le fer (pour les onduations longitudinales) pouvant être évaluée à 5 kilomètres par seconde, le son devrait parcourir la distance de Leipzig à Dresde en $\frac{145}{5}$, c'est-à-dire en 25 secondes. Jusqu'à l'arrivée de la réponse il devrait s'écouler au moins autant de secondes. Par conséquent, dans chaque changement de direction de la correspondance, il devrait donc intervenir un intervalle de plus de $\frac{1}{2}$ de minute, ce qui n'est point du tout le cas. »

Expériences montrant que la transmission des sons peut être faite par un téléphone appliqué sur les différentes parties du corps. — Voici une expérience curieuse qui, bien que très facile à répéter, n'a été signalée qu'en 1878 par les journaux de Pensylvanie. Il s'agit de la transmission de la parole par un téléphone simplement appliqué sur l'une des parties du corps humain voisines de la poitrine. On a même prétendu que toutes les parties du corps pouvaient produire ce résultat; mais dans les expériences que j'ai faites, je n'ai pu réussir que quand le téléphone était fortement appliqué sur ma poitrine. Dans ces conditions, et à travers même mes vêtements, j'ai pu me faire entendre, mais en parlant à

voix très haute, ce qui ferait supposer que le corps de l'homme participe tout entier aux vibrations provoquées par la voix. Dans ce cas, les vibrations sont transmises mécaniquement au diaphragme du téléphone transmetteur, non plus par l'air, mais par le corps lui-même agissant sur la coque du téléphone.

La transmission mécanique des vibrations à un téléphone peut produire encore des effets d'un autre genre non moins remarquables; ainsi, M. Maiche a montré que si on applique contre un corps solide mis en vibration le manche d'un téléphone, on entend parfaitement dans le téléphone la vibration en question, quelque minime qu'elle puisse être, et ce n'est pas ici un effet stéthoscopique, comme on pourrait le croire, car en enlevant la bobine de l'appareil, les sons sont infiniment moins forts. Il se produit peut-être alors des courants dus à des effets de choc comme ceux que nous avons étudiés page 221 au sujet des expériences d'Ader. Ainsi si on applique le manche d'un téléphone sur une montre, on entend très fortement le tic tac de la montre. Des sons propagés par la terre se trouvent facilement perçus, et on se trouve, de cette manière, en possession d'une oreille d'une sensibilité extrême, d'une oreille de sauvage qui pourrait permettre, en écoutant à terre, de distinguer comme eux l'approche d'un train de chemin de fer, d'une cavalcade, d'une voiture, d'une armée en marche.

Expériences de MM. J. E. Watson et Ader sur des circuits ouverts. — M. J. E. Watson (de Louisville, dans le Kentucky) nous a envoyé un compte rendu intéressant d'expériences faites en 1879 par lui sur la transmission des sons à l'aide d'un téléphone Bell réuni à une bobine d'induction dans un circuit ouvert. Les appareils consistent en une batterie et un interrupteur à trembleur adapté à l'hélice primaire d'une bobine d'induction, le

tout réuni en un seul circuit; une des extrémités de l'hélice secondaire de la bobine d'induction était laissée à l'air libre, et l'autre était prolongée à 200 pieds plus loin au moyen d'un fil qui la réunissait à l'une des bornes d'attache du téléphone Bell. Par cette combinaison, un des bouts de l'hélice du téléphone se trouvait libre ainsi que l'un des bouts de l'hélice secondaire, en sorte que le circuit était interrompu par une solution de continuité de 200 pieds. Or, en plaçant le téléphone à l'oreille, on pouvait entendre, faiblement, les bruits du vibreur à l'extrémité éloignée du fil, quoique le circuit semblât être interrompu. En mouillant son doigt, et en le plaçant au bout libre du téléphone, le son se trouvait être dix fois plus fort, parce que le circuit partiel était alors complété par le corps et la main de l'expérimentateur et la terre. M. Watson a aussi transmis de cette manière des sons articulés et des sons musicaux, en employant à la place du vibreur un transmetteur de sa façon dans lequel un diaphragme, mis en vibration par la voix, réagissait sur une pile de disques de charbon de cornue aggloméré avec de la limaille de bronze. Ce transmetteur était introduit dans le circuit avec une batterie voltaïque et une bobine d'induction. Dans ce cas, il fallait que la solution de continuité du circuit ne fût que de 6 pieds.

M. Gaiffe avait du reste démontré depuis longtemps que des courants induits peuvent naître dans un circuit ouvert sous certaines conditions.

M. Ader a répété les expériences dont nous venons de parler dans des conditions plus variées, et il est arrivé à établir :

1° Que les courants induits déterminés par un parleur microphonique agissant sur le circuit primaire d'une bobine d'induction, sous l'influence d'une pile Leclanché, peuvent transmettre la parole dans un téléphone par l'intermédiaire d'un seul des deux fils secondaires de la

bobine, mis en communication avec le téléphone, et l'autre fil étant maintenu isolé par son bout libre; mais ces sons sont très faibles, et il faut beaucoup d'attention pour les saisir;

2° Que si dans les conditions précédentes on adapte à la seconde borne d'attache du téléphone une certaine longueur de fil, on entend beaucoup mieux;

3° Que si l'on fait communiquer ce fil additionnel avec l'une des armures d'un condensateur, on entend beaucoup mieux encore;

4° Que si l'on joint à la seconde armure de ce condensateur, disposé comme précédemment, le bout libre du second fil secondaire de la bobine d'induction, les sons transmis deviennent encore beaucoup plus forts;

5° Que l'on obtient le maximum de l'intensité des sons, quand les deux fils du circuit secondaire de la bobine forment avec celle du téléphone un circuit fermé;

6° Que si l'on joint ensemble les fils de l'hélice secondaire de la bobine d'induction de manière à constituer un circuit fermé, que l'on réunisse pareillement par un fil les deux bouts de la bobine du téléphone et qu'on joigne ensemble par un fil les deux circuits fermés, on peut encore entendre la parole, mais très faiblement.

Transmission simultanée et séparée de sons différents à travers un même fil. — Dès l'année 1874 M. E. Gray avait démontré que si des transmissions électriques de sons musicaux différents sont effectuées à travers un même fil sous l'influence de piles différentes et de plusieurs transmetteurs, et que le fil soit en correspondance avec des récepteurs téléphoniques accordés à l'unisson de ces transmetteurs, les vibrations transmises peuvent être en quelque sorte triées à la station d'arrivée et n'affecter que ceux des récepteurs accordés à l'unisson des transmetteurs qui les ont provoqués. C'est sur ce principe qu'ont été combinés les télégraphes

harmoniques à transmissions multiples. On peut encore obtenir ce résultat d'une autre manière, et M. Maiche a fait à l'Exposition d'électricité de 1881 des expériences intéressantes à cet égard que nous devons rapporter.

Qu'on imagine deux systèmes micro-téléphoniques M, M' (figure 98), mis en communication à deux stations opposées par deux fils distincts et fonctionnant sous l'influence

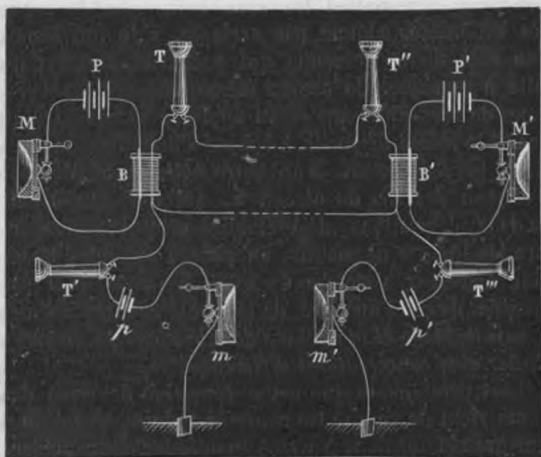


Fig. 98.

du courant de deux piles P, P' et de deux bobines d'induction B, B' . Admettons que sur l'un des fils de jonction, aux deux postes, soient adaptées deux dérivations correspondantes à deux autres systèmes micro-téléphoniques m, m' fonctionnant directement sous l'influence de deux piles p, p' . Enfin admettons que les bobines d'induction des deux premiers systèmes téléphoniques communiquent

aux armatures de deux condensateurs avec ou sans liaison avec le sol et que les téléphones du dernier système soient enroulés de gros fil alors que les deux autres téléphones seront enroulés de fil fin. Si à l'une ou à l'autre station, on met les récepteurs téléphoniques des deux systèmes en rapport avec les deux oreilles, et que deux personnes parlent en même temps dans les transmetteurs correspondants, on entendra dans chaque oreille une conversation différente, et l'effet sera encore plus saisissant si les sons émis sont de nature très différente, comme par exemple, s'ils proviennent d'un côté d'une personne qui parle, de l'autre d'une boîte à musique. On pourra même entendre trois systèmes de sons différents si on applique au second fil du circuit le même dispositif à bobine d'induction que celui décrit précédemment. D'un autre côté en additionnant à chacun des fils du circuit un autre fil greffé entre les deux dérivations déjà établies et y installant encore les mêmes dispositifs, on pourra entendre encore deux nouveaux systèmes de sons; de sorte qu'il sera possible, de cette manière, de transmettre simultanément et sans mélange *cinq systèmes de vibrations qui pourront répéter cinq conversations différentes.*

Il est présumable que cette séparation des sons dans ce cas vient de ce que les courants induits, en raison de leur grande tension, peuvent manifester leur présence sur des circuits interrompus, alors que les courants directs de la pile se trouvent complètement arrêtés. Nous avons parlé précédemment (p. 244) d'effets de ce genre, mais dans le cas actuel ils peuvent se comprendre aisément, si l'on considère que les courants induits, en chargeant le condensateur, fournissent des courants de charge dont l'intensité est en rapport avec les vibrations vocales, et qui, quoique éphémères, ont bien la durée des courants induits eux-mêmes. Or ces effets ne peuvent être guère obtenus d'une manière sensible avec les courants vol

taïques. Quoi qu'il en soit, ce système de séparation des sons est réellement très intéressant.

Expériences de M. Crépeaux sur la reproduction des sons sans récepteur téléphonique. — M. Crépeaux, chef de bataillon du génie à Lunéville, a communiqué à la Société d'encouragement dans sa séance du 15 juin 1879, un effet téléphonique très curieux qu'il décrit en ces termes :

« Il y a, à Lunéville, une installation téléphonique faite dans des conditions assez primitives. Le fil de ligne est un fil de fer galvanisé de 5 millimètres, très tendu. Il est fixé à un poteau au-dessus d'un grenier et il s'infléchit à angle obtus sur la gaine de cheminée en briques du bâtiment voisin, éloigné d'une dizaine de mètres. La gaine de la cheminée correspond naturellement à l'âtre, dans une chambre du premier étage du bâtiment. Quand on parle dans le téléphone d'une station à l'autre, non seulement le récepteur *parle*, et, pour l'entendre,

faut le mettre près de l'oreille, mais, fait inexplicable, la cheminée, où s'infléchit le fil, *parle*, l'âtre *parle*, et une personne couchée dans la chambre entend, de son lit, *toutes les paroles* transmises au fil, plus distinctement que ceux qui, à l'extrémité de la ligne, se servent de l'appareil récepteur. Impossible de nier ce fait, dont j'ai été témoin plusieurs fois.

« On a isolé le fil de la gaine de cheminée au moyen de plaques de verre; la *parole* n'a pas pour cela cessé d'être entendue : à la station la plus éloignée, à 200 ou 250 mètres de distance environ, un fait semblable s'est reproduit.

« Le fil de terre suit, dans son parcours, un tuyau de descente en zinc, ce tuyau a des ramifications aboutissant à des pierres à évier : la pierre à évier *parle*.

« J'ai entendu dire qu'à chaque point d'attache le fil de ligne *parlait*; ainsi, si on lui fait faire quelques tours autour d'un clou fiché dans la muraille, le nœud ainsi produit *parle*.

« Il est probable que le fait dont je rends compte ne se produit que dans les environs des points d'attache et de contact. »

On peut admettre que cet effet est de la même nature que celui qui se manifeste dans un microphone employé

comme récepteur. Il se produit, en effet, comme l'observe M. Crépaux, au point de contact du fil avec ses supports; et dans le microphone, c'est au point de contact des deux charbons qu'il se manifeste. Ce point établi, il est facile de comprendre que la transmission des vibrations de ce point de contact aux différentes parties de la cheminée dont il a été question, est le résultat d'une action mécanique, comme cela a lieu dans les téléphones à ficelle.

Expériences de M. Descharme sur les effets résultant du mode de fixation des diaphragmes. — « En étudiant le mode de vibration des plateaux circulaires, dit M. Descharme, j'ai eu l'occasion de faire l'observation suivante qui pourrait, je crois, trouver quelque application utile, notamment dans l'emploi du téléphone.

« Lorsqu'on se place à quelques décimètres et même à un mètre au-dessus ou dans le voisinage d'un plateau de verre, de laiton ou de fer-blanc, de 0^m,50 ou 0^m,40 de diamètre, fixé par son centre à un support solide, et que l'on émet, même très doucement, un des sons que ce plateau peut rendre, on entend ce son reproduit avec assez d'intensité pour être perçu à la distance de plusieurs mètres. J'ai remarqué que, dans cette circonstance, le plateau était beaucoup plus sensible à l'action de la voix quand il était fixé par son centre, que lorsqu'il reposait par quelques points de son pourtour sur des obstacles fixes comme des arêtes ou des pointes de bouchons de liège.

« Je conclus de cette expérience qu'en employant, comme on le fait actuellement dans le téléphone, des plaques vibrantes fixées à leur pourtour, on est loin de leur laisser la sensibilité dont elles sont susceptibles, toutes autres choses égales d'ailleurs. Il serait d'abord plus rationnel de fixer ces plaques suivant une nodale concentrique que par les bords mêmes, et qui plus est sur une zone d'une longueur relativement assez considérable. Enfin, il serait préférable de ne les fixer que *par un seul point* (leur centre), en laissant tous les autres entièrement libres.

« Puisqu'il est prouvé par là qu'une plaque vibre mieux

quand elle est fixée seulement par son centre que quand elle l'est par son pourtour, l'emploi de cette disposition dans le téléphone semble donc tout naturellement indiqué, ce qui ne peut, d'ailleurs, présenter de difficulté sérieuse dans la pratique. Il suffira, en effet, comme unique modification, de terminer l'électro-aimant en couronne circulaire et d'agrandir l'ouverture du pavillon jusqu'à la moitié de la plaque. L'expérience aurait bientôt trouvé la meilleure disposition à réaliser à cet égard. »

THÉORIE DU TÉLÉPHONE BELL

Dans l'origine, on croyait très simple l'explication des bruits produits dans le téléphone ; mais plus on a étudié la question, plus on s'est convaincu que les actions en jeu étaient beaucoup plus compliquées, et on est arrivé aujourd'hui à croire que les premières idées théoriques qui ont été émises n'avaient rien d'exact. Dès le mois de février 1878, j'avais démontré que les sons produits dans un téléphone Bell devaient être principalement attribués *aux vibrations déterminées au sein du noyau magnétique par suite des aimantations et des désaimantations* qui lui étaient communiquées par le courant d'intensité variable transmis à travers le fil du circuit, et je disais que le diaphragme, tout en subissant par influence les fluctuations magnétiques qui devaient déterminer les sons, *avait pour principal rôle de surexciter comme armature l'action magnétique du noyau*¹; enfin, je disais que comme le

¹ Je dois insister sur ce rôle du diaphragme, car peu de personnes s'en rendent un compte exact, ce qui m'est démontré par cette phrase de M. Locht-Labye qu'on lit dans sa brochure sur *les Progrès de la téléphonie* : « Puisque dans toutes les expériences faites sans plaque vibrante le son est reproduit avec une intensité notablement moindre que lorsque le téléphone est muni de son armature, ne peut-on pas admettre qu'aux mouvements moléculaires de la plaque s'ajoutent les vibrations mécaniques qui renforcent le son?... » On verra plus loin

diaphragme avait moins de masse que le noyau magnétique et était plus rapproché de l'oreille, il devait transmettre plus nettement et plus facilement les vibrations reproduisant la parole. Ces idées théoriques basées sur les effets produits dans le téléphone de Reiss, sur les recherches de MM. Page, de la Rive, Guillemain, etc., et sur certaines expériences de MM. Spottiswoode, Warwick, Blyth, Rossetti, Canestrelli, Lloyd, Millar, Paul Roy, Buchin, etc., qui montraient qu'un téléphone sans diaphragme pouvait reproduire la parole, ont été l'objet d'une discussion assez vive entre le colonel Navez et moi, et ont provoqué de la part de beaucoup de physiiciens des recherches nouvelles qui, dans ces derniers temps, en me donnant complètement raison, ont donné naissance à des appareils fort intéressants que nous étudierons plus loin.

L'opiniâtreté de ceux qui combattaient mon opinion était basée surtout sur l'impossibilité, croyaient-ils, de faire reproduire la parole par un téléphone dépourvu de diaphragme; ils niaient, par conséquent, ce qu'avaient avancé les physiiciens dont nous avons parlé précédemment; ils convenaient bien qu'un téléphone, dans ces conditions, pouvait reproduire des sons, mais des sons non articulés, et ils ajoutaient que, pour reproduire la parole, il fallait nécessairement une lame agissant comme une armature électro-magnétique et susceptible de fournir des vibrations transversales. Les expériences que j'ai faites à cet égard m'ont démontré, il est vrai, qu'en général les téléphones Bell, dépouillés de leur diaphragme, ne

que j'admetts bien la présence des vibrations mécaniques, même quand aucune attraction ne peut être produite. Mais ce n'est pas leur présence qui augmente l'intensité des sons, c'est tout simplement parce que la présence d'une armature devant un pôle magnétique augmente la puissance magnétique de l'aimant dans le rapport du simple au carré; de sorte qu'un son qui ne peut pas être perçu en raison de sa faiblesse quand l'aimant agit seul, peut devenir appréciable quand l'action de cet aimant est multipliée par elle-même.

reproduisent pas distinctement la parole avec les faibles courants induits qui sont développés dans les téléphones ordinaires, ni même avec de forts courants voltaïques transmis par un parleur à charbon ordinaire; mais j'ai reconnu que, si on les anime par les courants induits résultant d'une bobine d'induction actionnée par une pile et un transmetteur à charbon, la parole peut être entendue facilement, quoique faiblement, et j'ai constaté en même temps que cet effet est d'autant plus caractérisé que le noyau magnétique est plus fortement aimanté et de plus petite masse. Il existe pourtant certains téléphones communs qui reproduisent la parole sans diaphragme avec le courant de six éléments Leclanché, mais il faut un transmetteur spécial.

La question est aujourd'hui tellement élaborée et connue, que je ne rapporterai pas ici toutes les expériences curieuses de MM. Edison, Warwick, Rossetti, Hughes, Millar, Lloyd, Paul Roy, Buchin, Canestrelli, Wiesendanger, F. Varley, que j'ai discutées dans les deux premières éditions de cet ouvrage, et qui montrent que la parole peut très bien être reproduite par un téléphone sans diaphragme; mais toutes ces expériences laissaient un point obscur que j'ai dû éclaircir, afin de justifier complètement les idées théoriques que j'avais émises.

Toutes les expériences dont il vient d'être question avaient été faites avec des courants énergiques provenant d'une pile plus ou moins forte, courants qui, bien certainement, étaient capables de déterminer des attractions électro-magnétiques, et même les vibrations magnétiques étudiées par MM. Page, de la Rive, Wertheim, Guillemain, et appliquées si heureusement par M. Reiss dans son téléphone musical. Or, on pouvait dire qu'avec les courants infiniment faibles développés par un téléphone Bell ordinaire, ces vibrations magnétiques pouvaient bien ne pas exister, et par conséquent on pouvait conclure

que la théorie que j'avais donnée de l'origine des sons produits dans le téléphone Bell n'était pas complètement justifiée par les expériences en question. Pour démontrer définitivement la justesse de mes idées, il fallait donc que j'arrivasse à faire parler un téléphone électro-magnétique sans diaphragme avec les courants issus d'un téléphone Bell ordinaire, et c'est ce à quoi je suis parvenu, en composant mon récepteur téléphonique avec un bout de ressort de montre bien aimanté et recouvert d'une petite bobine de fil fin. Je décrirai, du reste, plus loin cette disposition particulière, et je me contenterai de dire en ce moment qu'en parlant un peu fort dans un téléphone Bell du modèle en ébonite de M. Roosevelt, on a pu parfaitement entendre la parole dans le récepteur en question. Sans doute, elle était un peu faible, mais elle était peut-être plus distincte qu'avec les téléphones à pile ordinaires.

Il me semble qu'après cette expérience le doute n'est plus permis sur l'origine des sons dans le téléphone Bell ; mais, pour être déplacée, la question n'en est pas pour cela expliquée d'une manière complètement satisfaisante, et les discussions qui se sont produites en 1846, entre MM. Wertheim et de la Rive, sur la manière dont se trouvent alors produites les vibrations, peuvent être en ce moment continuées ; les savants pourront se partager encore en deux groupes : ceux qui admettent des *réactions* électro-mécaniques ou électro-dynamiques, et ceux qui admettent purement et simplement des *vibrations moléculaires accompagnées de mouvements mécaniques extérieurs*. M. Coulon, qui est comme moi de ces derniers, a publié, en 1879, une brochure très intéressante dans laquelle il discute ces différentes manières de voir, et les expériences qu'il indique semblent bien de nature à démontrer que c'est définitivement *aux vibrations moléculaires qu'il faut attribuer les sons dans les téléphones Bell*. La science de l'acoustique est donc

en ce moment bien en retard sur les questions qui se rattachent aux phénomènes téléphoniques.

Je regrette de ne pouvoir analyser ici en entier l'intéressant mémoire de M. Coulon dont j'ai, du reste, eu occasion de parler déjà au sujet du condensateur chantant; mais étant obligé de me limiter dans un ouvrage aussi peu scientifique que celui que je publie en ce moment, je terminerai ici ces considérations, en analysant les différents travaux qui ont été faits dans ce nouvel ordre d'idées, et dont je n'ai pas parlé dans mes précédentes éditions.

Je commencerai par parler des expériences de M. l'abbé Laborde, qui ont montré non seulement qu'un téléphone avec diaphragme en matière non magnétique peut parfaitement reproduire des sons, mais que *ces sons sont surtout le résultat des vibrations qui sont communiquées au diaphragme par l'enveloppe du téléphone*, laquelle les reçoit du noyau magnétique influencé par le courant. L'auteur croit que le même effet est produit sur un diaphragme en fer, mais avec plus de force, par suite de la surexcitation magnétique qu'il communique à l'aimant. Pour le démontrer, il rend mobiles des diaphragmes de diverse nature qu'il pose devant le noyau magnétique d'un téléphone. Quand ces diaphragmes sont en matière non magnétique, les sons reproduits par eux conservent à peu près la même intensité, qu'ils soient placés à plat ou redressés à angle droit, pourvu qu'ils touchent par un point à l'enveloppe du téléphone; mais aussitôt que la communication avec cette enveloppe est supprimée, aucun son n'est perçu. Si le diaphragme est en fer, les sons sont grandement augmentés, du moins quand il est posé à plat devant l'aimant; mais ils diminuent d'intensité à mesure que l'on redresse le diaphragme, et quand celui-ci est arrivé dans une position perpendiculaire, il fournit des sons à peu près de même nature que ceux résultant d'un diaphragme en matière non magnétique.

M. Perceival Jenns, recteur de Saint-John dans la Colombie anglaise, a publié dans le journal anglais *Nature* un article intéressant sur certaines expériences qui l'ont convaincu que les sons produits dans le téléphone sont *bien dus aux changements moléculaires effectués dans les pièces magnétiques, et sont de la même nature que ceux produits dans le téléphone de Reiss*. Nous décrirons plus loin le téléphone qu'il a construit sur ce principe. Mais les expériences les plus curieuses de ce genre, en raison de leur variété, de leur multiplicité et de l'importance des effets produits, sont certainement celles de M. Ader, dont nous croyons devoir parler un peu longuement, car elles ont engendré un téléphone très bon sans aucun diaphragme, et dans lequel se trouve appliqué un principe téléphonique nouveau qui a été mis à contribution dans les nouveaux transmetteurs téléphoniques de MM. Edison et Blake.

Expériences de M. Ader. — Dans l'origine, M. Ader ne croyait pas aux effets moléculaires que j'avais indiqués, et il regrettait même que je me sois aventuré dans cette voie. Pour en avoir le cœur net, il construisit un téléphone ordinaire sans diaphragme, et il put reconnaître qu'il reproduisait très bien les sons inarticulés, mais pas la parole. En prenant des noyaux magnétiques de différentes dimensions, il s'aperçut bientôt que les sons gagnaient en intensité à mesure qu'il diminuait le diamètre de ces noyaux, et en le réduisant à la grosseur d'un simple fil de fer d'un millimètre de diamètre, il put parfaitement entendre la parole. Mais son étonnement fut bien plus grand encore *quand, en appliquant contre le bout libre de ce fil de fer, piqué dans une planche, une masse métallique, il constata que l'intensité des sons était plus que doublée*. Dès lors, le doute ne lui fut plus possible, et il devint l'un des plus ardents défenseurs de la théorie moléculaire. Il entreprit alors, pour se rendre

compte de l'influence de cette masse métallique et des différentes parties du système, une série d'expériences dont voici les plus intéressantes.

D'abord, si pour montrer que les sons reproduits ne sont pas la conséquence de mouvements échangés entre l'hélice et le fil de fer, il enroulait cette hélice directement sur le fil de fer, en ayant soin de noyer les spires dans de la gomme-laque, il observait :

1^o Que quand le fil de fer était piqué sur la planchette par ses deux extrémités, les sons étaient à peine distincts;

2^o Que si le fil de fer était fixé sur la planchette par un bout seulement, la parole pouvait être facilement entendue, mais avec un son métallique caractérisé qui provenait des vibrations fondamentales du fil de fer;

3^o Que si, pendant qu'on avait la planche à l'oreille, on *approchait de l'extrémité libre du fil de fer une masse métallique*, les sons se trouvaient plus que doublés en intensité, et, au lieu du timbre métallique qui accompagnait la reproduction de la parole dans l'expérience précédente, on entendait un son *mat* qui représentait beaucoup mieux le timbre de la voix humaine (voir fig. 99);

4^o Que cet effet renforçant de la masse métallique ne pouvait fournir des sons distincts, qu'à la condition *de ne pas être en communication avec la planchette par un corps métallique ou rigide*;

5^o Que l'effet était encore plus marqué quand deux masses métalliques étaient en contact avec les deux extrémités du fil de fer et soudées avec lui; alors une de ces plaques métalliques devait être fixée à la planchette.

La figure 100 ci-dessous représente la disposition, de grandeur naturelle, du premier appareil qui produisit les résultats réellement étonnants que nous avons énoncés. Le fil de fer se trouve, comme on le voit, en FF', il traverse la planchette AA, et se recourbe angulairement en F. A son bout F', il se trouve soudé à une masse de

cuiivre P, et la bobine B y est adaptée par l'intermédiaire d'un tuyau de plume sur lequel elle est enroulée. Pour entendre, il n'est même pas besoin d'appliquer l'oreille en F contre la planche; on peut percevoir la parole en éloignant la planchette de 10 à 15 centimètres de l'oreille. Cet appareil a été combiné d'une façon plus



Fig. 99.

pratique dans la figure que nous donnons plus loin page 271.

Pour faire fonctionner ce système téléphonique, il faut employer le parleur à charbon de M. Adèr, que nous avons représenté et décrit page 145. Une pile de 5 éléments Leclanché suffit pour obtenir la reproduction de

la parole aussi fortement qu'avec les téléphones ordinaires, mais il faut que le circuit soit court, 16 kilomètres au plus. Le transmetteur téléphonique d'Edison fait également fonctionner parfaitement cet appareil.

On peut encore obtenir la reproduction des sons au moyen d'un fil de fer traversant une bobine fixe, et dont les extrémités appuient contre les membranes tendues de deux tambours; mais, les sons sont plus confus qu'avec le système précédent; en revanche ils peuvent s'entendre de beaucoup plus loin.

Il est, du reste, beaucoup d'autres manières de reproduire la parole par les moyens électriques; ainsi, M. Ader a pu employer à cet usage une simple bobine col-

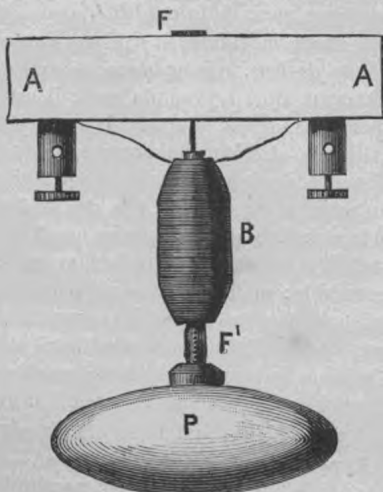


Fig. 400.

lée à une planchette de bois, mais à la condition que les spires ne fussent pas serrées les unes contre les autres et fussent assez mobiles entre elles. Quand elles sont très serrées et noyées dans de la gomme-laque, aucun son n'est perçu; mais il suffit de placer dans l'intérieur de la bobine un fil de fer ou une aiguille aimantée fixée par un bout dans la planche, pour qu'immédiatement la parole soit entendue.

MM. Rossetti, Canestrelli, Paul Roy, Buchin, Hughes,

avaient déjà reconnu la possibilité de reproduire de cette manière les sons inarticulés, mais c'est M. Ader qui, le premier, grâce aux spires lâches et mobiles de son hélice, est parvenu à faire entendre distinctement la parole. Il a également démontré que la parole pouvait être reproduite *par le passage d'un courant ondulatoire transmis par un parleur à charbon, à travers un fil magnétique, mais à la condition que ce fil fût terminé par une masse métallique et fixé par l'autre bout à une planchette de bois, comme dans les expériences précédentes.* Les sons ainsi reproduits sont, il est vrai, très faibles, mais, néanmoins, distincts. Il a essayé différents fils métalliques, et, bien que d'autres aient réussi à reproduire des sons, il n'a pu obtenir l'effet précédent qu'avec des fils en matière magnétique, tels que le fer, l'acier, le cobalt et le nickel. On doit se rappeler que M. de la Rive, en 1846, avait déjà constaté la reproduction des sons par un moyen semblable; mais ces sons ne pouvaient être articulés, puisque, à cette époque, les courants ondulatoires (fonction de l'amplitude des vibrations) étaient inconnus, et d'ailleurs la masse métallique, soudée au fil, est indispensable pour obtenir la répétition de la parole.

Expériences complémentaires. — Les expériences que j'ai dû faire pour vérifier l'exactitude des faits énoncés plus haut m'ont conduit à essayer si les courants induits, qui donnent de si bons résultats avec les téléphones ordinaires, pouvaient fournir les mêmes avantages avec les systèmes précédents, et, à mon grand étonnement, j'ai reconnu que, dans ces conditions, ils ne pouvaient pas du tout fonctionner. J'ai alors pensé que ce résultat négatif tenait à ce que les courants induits, étant instantanés, ne pouvaient aimanter et désaimanter suffisamment le fer pour produire des vibrations caractérisées, et j'ai alors imaginé de substituer au fil de fer de M. Ader des fragments de ressort de montre disposés comme on

le voit figure 101 et aimantés à saturation. Je pus alors constater des effets très intéressants. Ainsi, quand la bobine était placée à l'extrémité du ressort, aucun son n'était produit, mais, *quand elle était appliquée contre la planchette*, la parole était parfaitement transmise, même avec 640 ohms de résistance interposés dans le circuit, beaucoup mieux même qu'avec les courants de la pile. Quand la bobine était au milieu du ressort, les sons étaient moins forts.

Ces résultats m'engagèrent à expérimenter non plus avec les courants induits résultant d'une bobine d'induction animée par une pile de trois éléments Leclanché et un parleur à charbon, mais avec un simple téléphone de Bell, et j'obtins les résultats satisfaisants dont j'ai parlé page 255. Ce téléphone était du modèle ordinaire, mais avec un noyau magnétique composé de plusieurs lames. Ce modèle, qui a précédé le téléphone Gower, était vendu chez M. Roosevelt avec une enveloppe en ébonite; il donne des sons un peu plus forts que les téléphones de la même grandeur en bois.

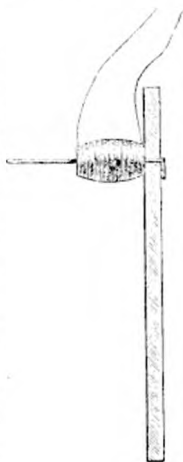


Fig. 101.

Sans revenir ici sur la longue discussion qui s'est produite entre le colonel Navez et moi, discussion rapportée en partie dans mes précédentes éditions, dans le journal *l'Électricité* des 20 août, 5 et 20 septembre 1878, le *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* de 1878, le *Journal télégraphique de Berne* et le *Telegraphic Journal* de 1878, je dirai simplement que l'hypothèse des vibrations par attraction magnétique, qui peut être vraie quand on emploie des courants voltaïques et un transmetteur à charbon, m'a toujours paru impossible à admettre avec

les téléphones Bell, par cette considération que, d'après les mesures prises par divers savants, tels que MM. Warren de la Rue, Brough et Galileo Ferraris, l'intensité du courant produit par un téléphone de cette nature est tellement petite qu'elle est à peine équivalente à celle d'un élément Daniell qui aurait traversé 10 millions de kilomètres de fil télégraphique. M. Galileo Ferraris, comme on l'a vu, est même plus explicite, car il a démontré que cette intensité, qui dépend de la hauteur du son déterminé par la voix, est pour le *la* normal, représenté par le courant d'un élément Daniell, qui aurait traversé 11.564.700 kilomètres de fil télégraphique de 4 millimètres de diamètre, ce qui représente un circuit télégraphique d'une longueur égale à 290 fois le tour de la terre, suivant son plus grand cercle.

Les expériences suivantes de MM. A. Breguet, Guillemin, Coulon, de la Rive, Boudet de Paris, devaient d'ailleurs me confirmer dans mes idées; mais je crois que les expériences citées précédemment sont tellement décisives qu'il n'est plus possible de mettre en doute ce que j'ai dit à ce sujet. Aujourd'hui, du reste, la plupart des physiciens, en Angleterre et même en Amérique, se sont rangés à mon opinion.

Les expériences de M. A. Breguet avaient pour but de rechercher si le diaphragme d'un téléphone vibre réellement ou, du moins, si ces vibrations peuvent entraîner son déplacement, comme cela a lieu dans un trembleur électrique ou un instrument à anches que l'on fait vibrer par un courant d'air. Il a pu reconnaître que ce mouvement n'était pas admissible, car il a pu faire parler très distinctement des téléphones avec des lames vibrantes de toutes les épaisseurs, et il a poussé les expériences jusqu'à employer des lames de 15 centimètres d'épaisseur¹.

¹ M. Bell avait déjà fait une expérience analogue, ce qui lui avait fait penser que les vibrations moléculaires étaient aussi bien en jeu que des vibrations mécaniques dans son téléphone.

La superposition sur ces lames épaisses de morceaux de bois, de caoutchouc, et en général de substances quelconques, n'empêchent pas l'effet de se produire; or, on ne peut admettre, dans ce cas, que les lames puissent être animées d'un mouvement de va-et-vient, comme une lame flexible; d'ailleurs, les expériences qui ont été faites pour découvrir ce mouvement ont montré qu'il ne pouvait être qu'infiniment petit avec les courants produits dans un téléphone Bell¹, et il n'a pu être révélé que par des expériences photographiques faites par M. Blake avec un amplificateur d'une grande puissance. Il est vrai de dire que M. Ader a disposé un appareil avertisseur qui se déclanche à la suite de sons transmis dans un système téléphonique puissant, du genre Gower; mais ce résultat n'a pas lieu de surprendre, car, en définitive, puisqu'il y a un son de transmis, il doit y avoir un mouvement vibratoire produit. Toutefois ce mouvement peut parfaitement être la conséquence d'actions moléculaires. Supposons, en effet, qu'il existe entre les atomes moléculaires magnétiques un intervalle intermoléculaire, et que ces atomes soient susceptibles d'effets attractifs réciproques: il en résultera un mouvement de contraction de la masse magnétique au moment de son aimantation, et un mouvement de dilatation au moment de sa désaimantation; et ces mouvements pourront très bien engendrer des sons; c'est ce que démontrent les expériences très curieuses que M. Guillemin a publiées en 1846, et celles plus curieuses encore que M. Coulon a faites en 1879.

M. Guillemin avait, en effet, reconnu que si une tige flexible de fer, entourée d'une hélice magnétisante, est pincée dans un étau à l'une de ses extrémités, et recourbée sous l'influence d'un poids adapté à l'autre extrémité, on peut la faire se redresser instantanément par le passage d'un courant à travers l'hélice magnétisante. Or, ce re-

¹ Voir les expériences de M. Luvini et les miennes à ce sujet.

dressement ne peut, dans ce cas, provenir que de la contraction déterminée par les molécules magnétiques qui, sous l'influence de leur aimantation, tendent à provoquer des attractions intermoléculaires et à modifier les conditions d'élasticité du métal. On sait, en effet, que du fer ainsi aimanté acquiert la dureté de l'acier et qu'il ne peut plus être attaqué par la lime. M. de la Rive a invoqué cette expérience lors de sa discussion avec M. Wertheim, pour démontrer que les sons produits dans les tiges de fer enveloppées par des hélices magnétisantes sont bien déterminés par des arrangements différents pris par les molécules magnétiques sous l'influence des aimantations et des désaimantations, et sont, par conséquent, le résultat de vibrations *uniquement longitudinales*¹.

Les expériences de M. Coulon sont encore plus concluantes : cette fois, l'hélice magnétisante qui enveloppe la tige flexible de fer dans l'expérience de M. Guillemain est composée de trois parties d'inégale épaisseur. Celle qui a le plus grand diamètre correspond au bout fixe de la tige, et celle qui a le plus petit occupe la partie correspondante au bout libre. Les deux extrémités du fil de cette hélice multiple plongent dans deux godets remplis de mercure, mis en rapport avec le circuit d'une pile, mais l'extrémité de l'hélice correspondante à la partie libre de la tige ne plonge dans le mercure que d'une très petite quantité, et cela seulement quand la tige se trouve infléchie sous l'influence du poids de l'hélice. Quand le courant passe, la tige de fer se redresse, et, en se redressant, interrompt le circuit par la sortie de l'un des fils hors du mercure ; mais le courant se trouvant alors interrompu, la tige s'infléchit de nouveau, et referme le circuit qui, en déterminant une nouvelle aimantation, provoque un nouveau mouvement de redressement, et ainsi

¹ Voir les mémoires de MM. de la Rive et Guillemain aux comptes rendus de l'Académie des sciences, tome XXII.

de suite. Il en résulte une vibration de la tige capable, dans certaines conditions, de fournir des sons à la manière d'un trembleur électro-magnétique.

M. Boudet de Paris a, du reste, mis hors de doute l'existence des vibrations longitudinales dans le noyau magnétique des téléphones par l'expérience suivante. En appliquant à l'extrémité du noyau magnétique d'un téléphone sans diaphragme le transmetteur à charbon que nous avons décrit page 144, il est arrivé à reproduire, à travers un second circuit complété par un second téléphone, la parole transmise d'abord au téléphone sans diaphragme par un transmetteur à charbon de même nature que celui adapté au bout de l'aimant téléphonique. L'expérience, il est vrai, est très délicate, et n'a pu réussir que grâce à la sensibilité extrême du transmetteur de M. Boudet de Paris; avec des microphones ordinaires, il n'a pu obtenir aucun résultat.

Il résulte donc bien de toutes ces expériences que les sons peuvent être aussi bien produits dans le noyau magnétique d'un téléphone que dans son armature, sous l'influence de courants électriques intermittents, et ces sons pourront d'ailleurs être *musicaux* ou *articulés*; car, du moment où le transmetteur aura provoqué l'action électrique convenable, nous ne voyons pas de raisons pour que des vibrations effectuées transversalement ou longitudinalement transmettent les uns plutôt que les autres. Ces vibrations, du reste, sont, comme on l'a vu, pour ainsi dire microscopiques.

Quant à la transmission des sons par les parties en contact avec le noyau magnétique, transmission que M. l'abbé Laborde a, comme on l'a vu précédemment, démontrée, elle est purement mécanique et de la nature des effets produits par l'élasticité de la matière dans l'expérience bien connue du choc des corps. On doit se rappeler que si une série de billes de billard sont placées les unes à côté des autres et serrées entre elles selon

une ligne droite, le choc produit sur l'une des billes extrêmes fera rebondir celle de l'autre extrémité de la chaîne, sans que les billes intermédiaires soient mises en mouvement. M. A. Breguet a, du reste, mis ces effets hors de doute en fixant les fils de plusieurs téléphones à ficelle aux différentes parties d'un téléphone Bell, et il a pu constater que le barreau aimanté, aussi bien que la plaque, la coquille, les bornes en cuivre et le manche du téléphone, reproduisent tous les mêmes sons que ceux déterminés par le diapason actionnant le téléphone lui-même.

Conclusion. — Si l'on résume par la pensée tous les effets dont il a été question précédemment, on arrive à conclure que dans un téléphone électro-magnétique, tel que celui de Bell, il existe plusieurs modes de reproduction de la parole : 1° l'un, qui est dû aux vibrations moléculaires du noyau magnétique et de son armature par suite des aimantations et des désaimantations effectuées en eux sous l'influence des courants ondulatoires ; 2° un autre qui, dans le cas de courants électriques assez forts, résulte de véritables attractions électro-magnétiques ; 3° un troisième qui peut être engendré par la réaction des spires de l'hélice magnétisante les unes sur les autres ; 4° un quatrième, qui peut résulter des réactions échangées entre l'hélice et le barreau magnétique ; 5° enfin un dernier qui peut résulter de la transmission mécanique des vibrations du système électro-magnétique, par les différentes parties accessoires composant l'appareil téléphonique.

D'après M. Flemming Jenkin, il y aurait même encore un autre système de reproduction de la parole qui devrait être attribué aux réactions d'induction de l'hélice magnétisante sur le diaphragme qui, d'après les expériences de M. Blyth, pourrait être constitué avec des matières non magnétiques ; mais, d'après les expériences de M. l'abbé

Laborde, la reproduction des sons, dans ce cas, devrait plutôt être attribuée à une transmission mécanique des sons du noyau magnétique par les supports du diaphragme.

On peut du reste obtenir la reproduction électrique de la parole de beaucoup d'autres manières que par les effets électro-magnétiques. Un transmetteur téléphonique à charbon peut parfaitement servir de récepteur, comme on le verra plus loin, et M. Carlo Resio, de Gènes, a montré qu'il en était de même des transmetteurs téléphoniques à liquides, lesquels pouvaient aussi bien reproduire la parole que la transmettre. Nous avons également vu que le téléphone chimique si énergique de M. Edison pouvait transmettre la parole très haut sans qu'il se produisît aucun effet d'attraction électro-magnétique, et il en est de même du téléphone à friction de M. Gray, qui reproduit à peu près les mêmes effets; le téléphone à mercure de M. Breguet, qui réagit sous l'influence des actions électro-capillaires, est dans le même cas. Enfin, le condensateur parlant de MM. Herz, Dunand et Dolbear reproduit des sons, également sans aucun organe électro-magnétique. Cet appareil a, du reste, donné l'occasion à M. Coulon de reproduire des sons avec une simple étincelle d'induction, et les expériences qu'il a entreprises à ce sujet ont été longuement analysées dans le précédent chapitre, page 227.

De tous les faits qui précèdent, il résulte que les physiciens devront compter désormais avec les *vibrations moléculaires*. Certainement, c'est un terrain nouveau à étudier, mais c'est parce que nous nous acharnons en Europe à vouloir rester dans les limites de théories incomplètes, que nous avons laissé aux Américains, qui ne s'en inquiètent guère, la gloire de faire les grandes découvertes qui nous étonnent depuis quelques années.

La transmission électrique des sons dans les téléphones magnéto-électriques ne laisse pas que de présenter quel-

ques complications théoriques. On a pu, en effet, obtenir des courants induits avec des diaphragmes téléphoniques en matière non magnétique, et même par l'effet de simples vibrations mécaniques déterminées par des choes. Est-ce à des réactions d'induction de l'aimant sur la lame vibrante mise en action qu'il faut les attribuer dans le premier cas, et aux mouvements des particules magnétiques devant les spires de l'hélice qu'il faut les attribuer dans le second ?... La question est encore très obscure : néanmoins on peut concevoir que les modifications de l'action inductrice de l'aimant sur le diaphragme mis en vibration puissent entraîner des variations de l'intensité magnétique, de même qu'on peut admettre une action de la même nature, par suite de l'éloignement et du rapprochement des particules magnétiques des spires de l'hélice ; toutefois M. Tréve croit, dans ce dernier cas, à une action particulière qu'il a déjà eu occasion d'étudier dans d'autres circonstances, et voit dans le courant ainsi produit la conséquence d'un mouvement vibratoire des courants particuliers d'Ampère, courants dont l'existence n'est pas douteuse et qui pivotent facilement sur leur axe¹. Ce qui complique encore la question, c'est que, souvent, ces effets sont produits par des transmissions dues à de simples actions mécaniques. (Voir page 216.)

Quant à l'action des courants envoyés à travers l'hélice d'un téléphone, elle s'explique aisément : quelles que soient les conditions magnétiques du barreau, les courants induits de différente intensité qui agissent sur lui provoquent des modifications dans son état magnétique, d'où résultent des vibrations moléculaires par contraction et dilatation. Les vibrations se produisant également dans l'armature, sous l'influence des aimantations et désaimantations qui y sont déterminées par l'action magnétique du

¹ Voir le journal *la Lumière électrique* du 15 septembre 1879, page 119.

noyau, renforcent celles de ce noyau, en même temps que les modifications dans l'état magnétique du système se trouvent amplifiées par suite de la réaction des deux pièces magnétiques l'une sur l'autre. Quand le barreau est en fer doux, les courants induits agissent en créant des aimantations plus ou moins énergiques auxquelles succèdent des désaimantations qui sont d'autant plus promptes que des courants inverses succèdent toujours à ceux qui ont été actifs, ce qui rend les alternatives d'aimantation et de désaimantation plus nettes et plus rapides. Quand le barreau est aimanté, l'action est différentielle, et peut s'exercer dans un sens ou dans un autre, suivant que les courants induits correspondant aux vibrations effectives passent à travers la bobine réceptrice dans le même sens ou en sens contraire du courant magnétique du barreau. Si ces courants sont de même sens, l'action est renforçante, et les modifications sont effectuées comme si c'était une aimantation qui était déterminée; mais si ces courants sont de sens contraire, l'effet inverse se produit. Toutefois, quels que soient ces effets, les vibrations moléculaires conservent les mêmes rapports réciproques et la même hauteur dans l'échelle des sons musicaux.

Si on étudie la question au point de vue du timbre des sons produits, les difficultés se multiplient, car les vibrations de la plaque transmettrice étant différentes au centre et sur les bords, il se produit des effets différents dans les courants qui en proviennent, et ces effets sont compliqués encore de ceux qui résultent des notes fondamentales des plaques; c'est ce qui donne probablement à la parole reproduite dans le téléphone ce timbre particulier qui l'a fait comparer à la *voix de polichinelle*. Suivant M. C. W. Cuninghame, les vibrations produites dans un téléphone ne peuvent se manifester exactement dans les mêmes conditions que celles qui affectent le tympan de l'oreille, parce que celui-ci a une forme particulière en entonnoir qui exclut toute note fondamentale

qui lui soit particulièrement propre, tandis qu'il n'en est pas de même pour les barreaux et lames magnétiques qui possèdent des notes fondamentales, capables de masquer beaucoup des divers tons de la voix et de l'altérer dans le téléphone.

Depuis trois ans et même plus, plusieurs savants, entre autres MM. Dubois-Reymon, Helmholtz, Weber (de Zurich), Kœnig, S. Thompson, etc., se sont préoccupés du retard qui peut résulter du fait de la transmission des vibrations sonores par les actions électriques dans le téléphone, et se sont escrimés les x , voire même les intégrales en main, pour démontrer qu'il y avait un retard d'un quart d'onde suivant les uns, d'une demi-onde suivant les autres, comme s'ils savaient ce que sont les vibrations dans un récepteur téléphonique!... Nous avons vu que ces fameuses vibrations sont plus que problématiques, du moins en ce qui peut toucher leur similitude avec des vibrations transversales. Il semble qu'avant de dépenser tant de science pour discuter une particularité se rattachant à un effet physique, il faudrait que la nature de cet effet fût d'abord parfaitement établie. En attendant, le lecteur, que cette question intéressera, pourra se reporter à un travail lu par M. S. Thompson à la Société royale de Londres et qui est rapporté dans le journal *la Lumière électrique*, du 1^{er} novembre 1879, page 178.

TÉLÉPHONES FONDÉS SUR DES EFFETS AUTRES QUE CEUX QUI
SONT EN JEU DANS LE TÉLÉPHONE BELL

La théorie que j'ai donnée du téléphone Bell a fait naître l'idée à plusieurs savants et inventeurs de construire des téléphones basés uniquement sur les vibrations moléculaires, et plusieurs de ces téléphones ont

produit des résultats vraiment remarquables. Nous allons les passer en revue successivement dans ce chapitre.

Téléphone de M. Ader. — Nous avons déjà exposé page 259 la disposition théorique et expérimentale de cet appareil; nous en donnons (fig. 102) ci-contre la disposition pratique. Le fil de fer appelé à déterminer les vibrations moléculaires est en M; il est soudé à ses deux extrémités à deux masses de cuivre E, DC; l'une de ces masses E est adaptée à l'extrémité d'un long tube B fermé par un bouchon en ébonite F sur lequel sont fixés les boutons d'attache des fils conducteurs. A la masse E est fixée, par une vis, une embouchure en bois A, disposée à peu près comme les embouchures des téléphones ordinaires, mais n'ayant aucun trou à son centre. La masse de cuivre DC est à peu près du diamètre du tube, mais elle en est séparée par une enveloppe de caoutchouc qui empêche le contact rigide de cette masse avec les parois du tube; enfin la bobine magnétisante est en N, et ses extrémités, passant à travers la masse DC, aboutissent aux deux bornes d'attache situées en F.

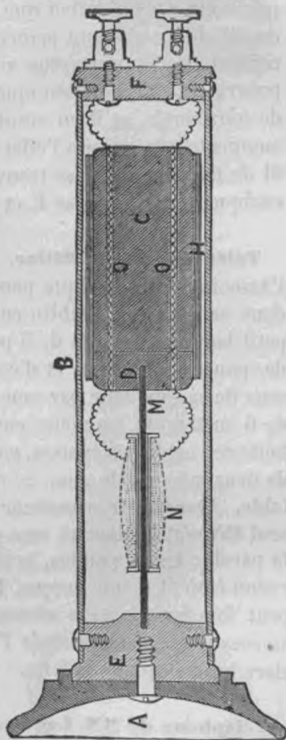


Fig. 102.

Ce modèle, très bien construit par M. de Combettes, a produit d'assez bons résultats.

Les effets avantageux produits par la masse DC, qui ne doit pas être magnétique, peuvent peut-être s'expliquer par cette considération que, les vibrations moléculaires du fil de fer agissant principalement dans le sens longitudinal, s'effectuent plus vite que les mouvements qui pourraient être communiqués à la masse DC, en raison de son inertie, et il en résulte de petites percussions qui augmentent beaucoup l'effet mécanique des vibrations du fil de fer, lesquelles se trouvent du reste transmises mécaniquement à la masse E, et par suite à l'embouchure A.

Téléphone de M. Millar. — Cet appareil, présenté à l'Association britannique pour l'avancement des sciences dans sa réunion à Dublin en 1878, est constitué par un petit barreau aimanté de 5 pouces de longueur sur $5/16$ de pouce de largeur et d'épaisseur, enveloppé dans le sens de sa longueur par une hélice de cuivre (du n° 50) de 6 mètres de longueur environ. Il était fixé dans une boîte de carton peu épaisse, garnie en dessus et en dessous de deux plaques de zinc, ce qui le rendait très transportable. Avec un transmetteur téléphonique à pile et un seul élément Leclanché, on a pu transmettre parfaitement la parole; les airs sifflés, le chant et le bruit de la respiration étaient même perçus. Il paraît aussi que l'appareil peut fonctionner sans aimant, rien qu'avec un simple morceau de fer entouré de l'hélice; mais les sons sont alors beaucoup moins forts.

Téléphone de MM. Lockwood et Bartlett. — Ce téléphone, qui a été essayé récemment avec succès entre New-York et Philadelphie et que nous représentons en élévation et en coupe figure 105, est fondé sur le principe des vibrations moléculaires. C'est un téléphone ordinaire auquel on a enlevé le diaphragme de fer qu'on a rem-

placé par une lame d'acier très mince *r* soudée sur le

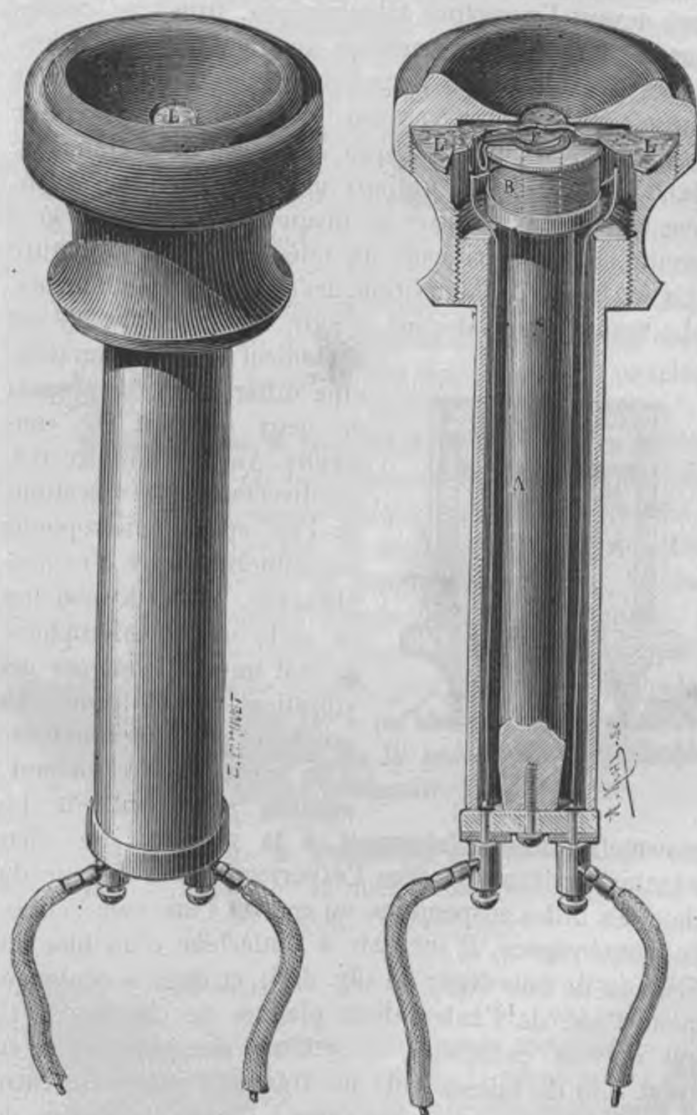


Fig. 105.

pôle magnétique de l'aimant et repliée de manière à for-

mer ressort contre un disque de liège ou de carton LL placé devant l'ouverture téléphonique. Dans ces conditions, la lame d'acier participe aux modifications déterminées dans le noyau magnétique, sous l'influence des courants ondulatoires transmis, et comme elle peut vibrer plus facilement que le noyau en raison de sa minceur, elle détermine des vibrations moléculaires plus accentuées qui sont transmises au disque de liège et de là à l'oreille. J'ai expérimenté un téléphone de cette nature et j'ai été frappé de l'amplitude des sons qui étaient fournis.

Le transmetteur destiné à agir sur cet appareil est

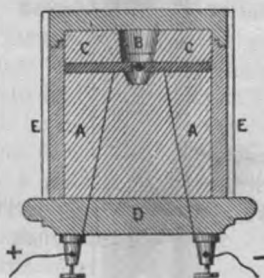


Fig. 104.

également fondé sur un principe différent de la plupart de ceux qui ont été construits. Au lieu de faire réagir directement les vibrations de l'air sur le microphone par l'intermédiaire d'un diaphragme, M. Lockwood fait en sorte que le microphone ne soit impressionné par ces vibrations que de proche en proche et par l'intermédiaire d'un corps non résonnant, capable seulement de les

transmettre moléculairement, à la manière des effets mécaniques transmis dans l'expérience bien connue du choc des billes suspendues, en contact l'une avec l'autre. En conséquence, il incruste à l'intérieur d'un bloc de liège ou de bois léger AA (fig. 104), et dans le prolongement l'une de l'autre, deux plaques de charbon C, C, qui doivent constituer le système microphonique, en ayant soin de laisser vide un très petit intervalle entre leurs extrémités opposées l'une à l'autre. Au-dessus de ces deux extrémités des charbons se trouve appuyé une sorte de bouton de charbon B dont la queue pend dans

l'intervalle qui les sépare et qui les réunit par son propre poids, comme dans le système de M. Lippens. Les deux plaques de charbon sont d'ailleurs réunies métalliquement à deux boutons d'attache, par deux fils qui traversent la masse du bloc de bois, ordinairement de forme cylindrique, et celui-ci est enfermé dans une enveloppe métallique EE, qui permet, au moyen d'un couvercle, d'accéder à la partie correspondante au point de jonction des deux charbons, laquelle forme une petite chambre vide B, fermée seulement avec un long bouchon de liège. L'enveloppe métallique elle-même est recouverte de peau, de caoutchouc ou de flanelle de Canton. On peut toutefois à la rigueur se passer de ces deux dernières enveloppes.

Téléphone de M. Boudet de Paris. — La disposition de ce système est le téléphone réduit à sa plus simple expression. Il consiste uniquement dans une petite boîte en forme de tabatière, au fond de laquelle est collée une bobine d'induction de téléphone ordinaire, et dont le couvercle, en forme d'embouchure téléphonique, porte un diaphragme d'acier aimanté. Avec un transmetteur à charbon du même auteur, dont nous avons donné la description page 144, on a pu obtenir d'une manière très nette la reproduction de la parole sous la simple influence d'un élément Leclanché.

Téléphone de M. Perceival Jenns. — Nous croyons devoir rapporter ici la note même que l'inventeur a envoyée au journal anglais *Nature*.

« Les expériences que j'ai entreprises dernièrement avec le téléphone Bell m'ont convaincu que les sons produits dans cet appareil sont dus aux changements moléculaires effectués au sein du diaphragme, et sont de la même nature que ceux produits dans le téléphone de Reiss. Ces expériences ont été faites avec un transmetteur à charbon d'Edison et un récepteur Bell actionnés par une petite batterie.

« J'ai d'abord retiré le barreau aimanté du récepteur, et l'effet produit après cette suppression était à peu près le même qu'avant. J'eus alors l'idée que l'intensité du son pourrait être amplifiée en employant deux diaphragmes au lieu d'un seul, et je disposai en conséquence deux disques découpés dans une même feuille de fer-blanc, ayant soin de les laisser réunis par une petite bande de fer assez longue pour permettre d'introduire entre eux la bobine et de les y appliquer comme des armatures d'électro-aimant.

« En faisant l'expérience, mes prévisions furent réalisées ; les sons étaient doublés en intensité. Je pouvais même tenir à la main les deux disques sans aucune liaison avec le bois du téléphone, et l'effet restait le même.

« En mettant un couteau de table ou une pièce de fer brut en contact avec un électro-aimant, j'ai pu obtenir également des sons, et j'ai pu même construire un très bon téléphone récepteur en employant simplement un bloc de bois de 2 pouces carrés sur un quart de pouce d'épaisseur, dans lequel était évidé un trou assez large pour renfermer la bobine, et sur l'une des faces duquel était appliquée une lame de fer.

« Dans ces conditions, il n'était pas besoin d'une embouchure pour l'oreille, et l'appareil ainsi établi constituait le meilleur téléphone récepteur que j'eusse encore vu.

« En poursuivant mes recherches pour démontrer que les sons produits dans le téléphone sont bien dus à la magnétisation du disque de fer, et non aux vibrations mécaniques déterminées par l'électro-aimant, je fus conduit à construire en fer la bobine elle-même dont les extrémités avaient 2 pouces de diamètre, et, après avoir recouvert cette bobine, et l'avoir interposée dans le circuit, je pus entendre les sons à ses deux extrémités, aussi distinctement qu'avec un téléphone Bell. Cette expérience, suivant moi, démontre clairement que les sons dans le téléphone proviennent uniquement de la magnétisation et de la démagnétisation du fer, et sont par conséquent de la même nature que ceux du récepteur de Reiss. »

Téléphone de M. Wiesendanger. — Pensant que les sons dans un téléphone animé par un transmetteur microphonique pourraient bien provenir, du moins en partie,

des variations thermiques développées dans le fil du circuit à la suite des variations de l'intensité électrique, effets se traduisant par des dilatations et des contractions, M. Wiesendanger a combiné deux sortes de téléphones qui démontrent très bien que les attractions électro-magnétiques ne peuvent exercer aucun effet. Dans l'un de ces téléphones, le système électro-magnétique était simplement constitué par un disque magnétique sur lequel était enroulée une hélice de fil fin, mise en rapport avec le circuit d'un transmetteur à charbon, et qui était collée au centre de la membrane de parchemin d'un téléphone à ficelle ordinaire. Ce disque était constitué lui-même par deux lames de fer séparées par une rondelle de charbon d'un plus petit diamètre, le tout étant serré pour former une masse solide. Dans l'autre téléphone, l'hélice était enroulée sur un tube de fer-blanc de 6 pouces de longueur sur $5/8$ de pouce de diamètre, qui était soudé par un point seulement à la partie centrale d'un diaphragme de téléphone ordinaire. Suivant l'auteur, *ce tube et ce diaphragme n'agiraient que comme des résonateurs*, et les sons fournis par cet appareil seraient à peu près semblables à ceux que l'on obtient avec les téléphones à ficelle ordinaires; on entendait les airs d'une boîte à musique, *et la reproduction de la parole était parfaite, aussi bien pour l'intensité que pour la netteté des sons; il paraît même que l'on pouvait entendre les sons téléphoniques avec le simple tube de fer-blanc entouré de l'hélice.* « Ces différents récepteurs téléphoniques, dit M. Wiesendanger, montrent clairement que le diaphragme et l'aimant d'un téléphone ne sont pas les parties essentielles de l'instrument, mais simplement des parties accessoires. »

Thermophone de M. Preece. — M. Ader, comme on l'a vu, était parvenu à reproduire la parole en faisant traverser un simple fil de fer par un courant ondulatoire

transmis par un microphone, mais à la condition que ce fil de fer fût soudé à une masse métallique. Peu de temps après M. Wilbrant (de Bruxelles) montra que cette reproduction de la parole pouvait être obtenue avec un fil de matière quelconque lorsqu'on employait un courant suffisamment énergétique, et M. Dunand, de son côté, avait constaté les mêmes effets avec un fil de platine de quelques millimètres tendu entre deux plaques. M. Preece a voulu se rendre compte des effets produits dans ces conditions, en construisant un appareil spécial auquel il donna le nom de *thermophone* et qui lui permit de voir

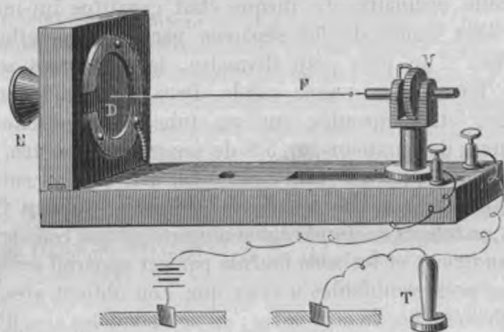


Fig. 105.

dans quelles conditions la parole se trouvait alors reproduite.

Cet appareil, que nous représentons figure 105, se composait d'une embouchure téléphonique E, munie d'un large diaphragme D au centre duquel était tendu, sur une longueur variable, un fil fin de platine F soutenu, ainsi que le diaphragme, sur une caisse d'harmonie C. Ce fil était traversé par le courant ondulatoire d'un parleur microphonique animé par une pile à bichromate de potasse de six éléments. Comme l'appareil était disposé de manière à ce qu'on pût varier la longueur et la nature du

fil, on put varier les expériences, et on est arrivé à constater les résultats suivants :

1^o La longueur de fil correspondante à la plus grande intensité des sons était d'environ six pouces.

2^o Le diamètre le plus favorable était de 0,004 de pouce.

3^o Le métal donnant les meilleurs effets était le platine, et les autres métaux pouvaient être rangés dans l'ordre suivant, eu égard à la propriété que nous étudions : platine, aluminium, palladium, fer, cuivre, argent, or.

4^o L'étirage et la compression des fils n'amenaient aucun changement dans leur faculté de reproduire les sons, quand toutefois la tension requise avait été atteinte. Il en a été de même en substituant aux fils des crayons de charbon.

5^o Les effets dus à l'échauffement ou au refroidissement du fil pouvaient être mis en évidence par la sensation que l'on ressentait en touchant ces fils du doigt, et on pouvait d'ailleurs distinguer à l'œil les dilatations et contractions qui en résultaient quand on émettait des sons bas.

« Or il semble démontré d'après ces expériences, dit M. Preece, que les fils servant aux transmissions téléphoniques peuvent reproduire, par des effets de dilatation et de contraction, les mouvements des ondes sonores, qui déterminent dans le transmetteur les renforcements et les affaiblissements du courant transmis, et, par conséquent, peuvent émettre des vibrations sonores. Ces vibrations sont donc, par le fait, très analogues à celles qui sont produites mécaniquement et moléculairement dans les fils des téléphones à ficelle, mais avec cette grande différence que, dans ce dernier cas, elles se propagent lentement le long du fil avec une vitesse facile à mesurer, tandis que dans l'autre cas elles se propagent pour ainsi dire instantanément sur toute la longueur du fil. »

D'autres expériences faites par M. Preece sur l'origine des sons dans le radiophone lui ont fait toutefois modifier un peu cette conclusion, et il put s'assurer que les effets

thermiques pouvaient provoquer des sons d'une manière tout à fait indépendante des effets de dilatation et de contraction, lesquels par le fait ne peuvent que s'effectuer lentement. (Voir la *Lumière électrique*, t. III, p. 298.) M. Ader, dans son travail sur les effets mécaniques produits par l'aimantation, était arrivé à une conclusion analogue, car il avait très bien observé les effets d'allongement de ses fils magnétiques sous l'influence du passage du courant à travers les hélices qui les aimantait; mais ces effets étaient lents et ne semblaient pas se prêter à la formation de mouvements vibratoires. (Voir la *Lumière électrique*, t. II, p. 265.)

Téléphone chimique de M. Edison. — Ce téléphone, que nous avons décrit déjà dans nos précédentes éditions sous la première forme qui lui avait été donnée, a été, depuis le mois de mai 1879, tellement transformé, que de non pratique qu'il était dans l'origine, il est devenu un instrument usuel tout à fait remarquable par sa puissance, et qui a été essayé avec succès en Amérique et en Angleterre. Il a même figuré à l'Exposition d'électricité de 1881.

Ce téléphone, comme nous l'avons déjà dit, est basé sur un principe tout à fait nouveau qui avait, dès l'année 1872, servi de base à un relais télégraphique auquel M. Edison avait donné le nom d'*électro-motographe*. Cet appareil était déjà par lui-même extrêmement intéressant, et appliqué au téléphone, il est devenu réellement curieux. Pour qu'on puisse en comprendre le mode de fonctionnement, il est nécessaire que nous entrons dans quelques détails sur l'appareil primitif.

Le principe sur lequel il est fondé est celui-ci : si une feuille de papier ou une surface poreuse quelconque, préparée avec une solution d'hydrate de potasse, est appliquée sur une plaque métallique réunie au pôle positif d'une pile, et qu'une pointe de plomb ou de platine re-

liée au pôle négatif soit promenée sur le papier, le frottement que cette pointe rencontre cesse dès que le courant passe, et elle peut dès lors glisser comme sur une glace jusqu'à ce que le courant soit interrompu. Or, comme cette réaction peut être effectuée instantanément sous l'influence de courants excessivement faibles, les effets mécaniques produits par ces alternatives d'arrêt et de glissement peuvent, pour une disposition convenable de l'appareil, déterminer des vibrations en rapport avec les interruptions de courant produites par le transmetteur.

En 1877, M. Edison avait appliqué ce principe au téléphone, et il employait alors, comme on l'a vu dans mes

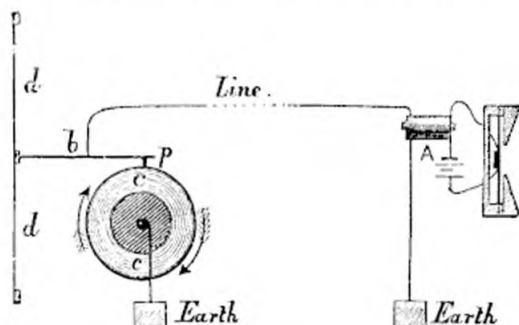


Fig. 106.

deux premières éditions, une bande de papier comme organe provocateur des vibrations; mais cette disposition n'ayant pas donné de bons résultats, il dut modifier complètement l'organisation téléphonique de son récepteur, et il le disposa comme l'indique théoriquement la figure 106.

Dans ce système, la pièce métallique destinée à reproduire les sons est une lame de ressort *b* adaptée à un diaphragme de mica *dd* qui appuie par son extrémité libre *p*, munie d'un frotteur de platine, sur un cylindre de chaux *cc*, imprégné d'hydrate de potasse et d'acétate de mercure. Ce cylindre est légèrement humidifié, et

lorsque le courant électrique passe du ressort au cylindre de chaux interposé dans le circuit téléphonique, il se produit au moment du passage du courant des affaiblissements de frictions qui, si le cylindre de chaux est animé d'un mouvement de rotation, se traduisent par des mouvements rétrogrades du ressort *b*, lesquels mouvements se trouvent être inverses de ceux produits pendant l'inaction du courant, et sont en rapport avec l'intensité du courant transmis. Il en résulte que si on parle dans un transmetteur téléphonique à charbon placé en *A*, les variations d'intensité résultant des vibrations déterminées par la parole produiront des alternatives de frictions et de non-frictions sur le cylindre *c c*, qui auront pour effet des mouvements d'entraînement et de recul du ressort *b* et, par suite, des vibrations du diaphragme *dd* qui reproduiront les vibrations transmises en *A*.

Dans un récent perfectionnement, le cylindre de chaux, qui avait toujours besoin d'être humidifié, peut aujourd'hui rester sec, ce qui est évidemment un avantage pratique. La disposition du système a été également changée, et aujourd'hui ce téléphone se présente sous l'aspect de la figure 107.

Le transmetteur que nous représentons séparément en coupe est soutenu dans une boîte rectangulaire fixée contre un mur, et son embouchure n'a qu'une légère saillie. Le diaphragme est en mica et supporté par un cadre et un ressort métallique placés à l'intérieur du couvercle de la boîte. Au centre de ce diaphragme est fixé, par un écrou métallique mis en communication avec un des pôles de la batterie, une petite équerre d'ébonite *EE* qui est creusée devant l'écrou de manière à former une cavité dans laquelle est introduit un bout de crayon de charbon à lumière électrique *C*. Ce charbon est revêtu du côté du diaphragme d'un dépôt galvanique de cuivre et repose sur un autre disque de noir de fumée de même diamètre et d'un millimètre environ d'épaisseur, lequel

appuie à son tour contre une plaque métallique placée au fond de la cavité. Sur l'extrémité arrondie du charbon C appuie extérieurement un ressort de platine R fixé au bout de l'équerre d'ébonite EE. A l'extrémité de ce ressort, sur la partie correspondante au point de contact,

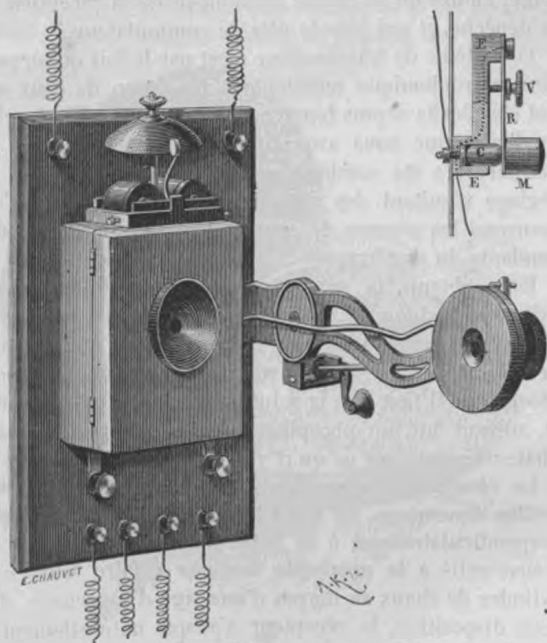


Fig. 107.

est fixée une masse métallique pesante M, et la pression du ressort est réglée par une vis de réglage V. Un fil conducteur adapté à ce ressort complète le circuit qui, comme dans les autres systèmes d'Edison, correspond au circuit primaire de la bobine d'induction appelée à réagir sur le circuit du récepteur. Celui-ci se trouve en plus relié à

une troisième hélice qui enveloppe l'hélice secondaire de cette bobine, et c'est le courant ainsi fourni qui traverse le cylindre de chaux du récepteur. Sous la boîte du transmetteur se trouvent deux clefs, l'une qui sert à envoyer des signaux Morse comme dans le premier système, l'autre qu'on presse au moment de la réception de la dépêche, et qui joue le rôle de commutateur.

Ce système de transmetteur n'est par le fait qu'un parleur microphonique semblable à beaucoup de ceux qui ont été décrits depuis longtemps, et en particulier à celui de Blake, que nous avons décrit page 160. Comme ce dernier, il a été combiné en vue d'éviter les effets de réglage résultant des actions atmosphériques, et c'est pourquoi les organes de contact sont tous les deux dépendants du diaphragme.

Pour obtenir la suppression de l'humidification du cylindre de chaux, M. Edison emploie de la chaux solidifiée à une grande pression et imprégnée d'une solution de phosphate de soude hydrogénée (*hydrogen disodic phosphate*). Il faut que la solution employée soit alcaline, et, suivant lui, un phosphate alcalin, tel que le phosphate de soude, est ce qu'il y a de mieux.

Le récepteur, du reste, qui est maintenant de très petites dimensions, est fixé à l'extrémité d'un bras adapté perpendiculairement à la boîte du transmetteur, et se trouve relié à la manivelle destinée à faire tourner le cylindre de chaux au moyen d'une tige d'engrenage. Par cette disposition, le récepteur s'adapte naturellement à l'oreille de celui qui place sa tête contre le transmetteur pour parler.

Téléphone de M. Dolbear. — M. Dolbear, pensant que les vibrations dues aux mouvements de glissement et d'entraînement produits dans le système précédent pouvaient s'obtenir électro-magnétiquement de la part d'une tige de fer recourbée appuyant sur les deux pôles d'un

électro-aimant droit tournant, a combiné sur ce principe un système téléphonique qui fonctionne à la manière du téléphone chimique de M. Edison, et que nous représentons figure 108.

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,

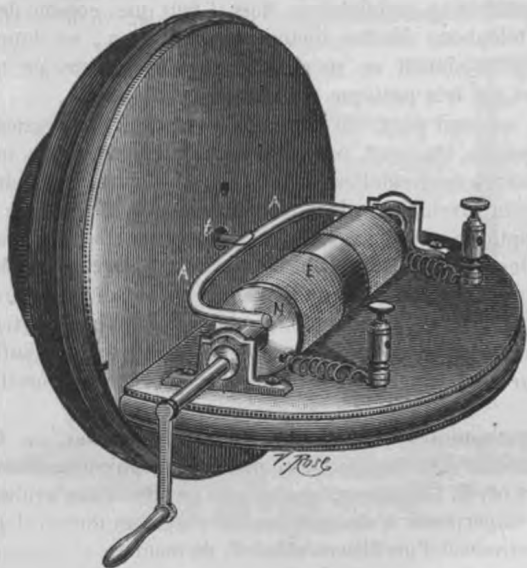


Fig. 108.

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 *t* 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 repoussée en sens inverse par le diaphragme qui agit comme un 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 ces courants sont simplement interrompus ou ondulatoires. Mais il faut que, comme dans le téléphone électro-motographe d'Edison, on tourne l'électro-aimant en même temps qu'on écoute, ce qui 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.

Téléphones à mercure de M. A. Breguet. — Ces systèmes sont fondés sur ce phénomène physique découvert par M. Lippmann, que si une couche d'eau acidulée est superposée à du mercure et réunie au moyen d'une électrode et d'un fil avec celui-ci, de manière à constituer un circuit, toute action mécanique qui aura pour effet de presser sur la surface du mercure et de faire varier la forme de son ménisque, déterminera une réaction électrique capable de donner lieu à un courant dont la force sera en rapport avec l'action mécanique exercée. Par réciproque, toute action électrique qui sera produite sur le circuit d'un pareil système, donnera lieu à une déformation du ménisque et par suite à un mouvement de celui-ci, qui sera d'autant plus caractérisé que le tube

où se trouve le mercure sera plus petit et l'action électrique plus grande. Cette action électrique pourra d'ailleurs résulter d'une différence de potentiel dans l'état électrique des deux extrémités du circuit mis en rapport avec la source électrique employée ou d'un générateur électrique quelconque¹.

On comprend facilement, d'après ces effets, que si on plonge dans deux vases V, V_1 (fig. 109), remplis d'eau aci-

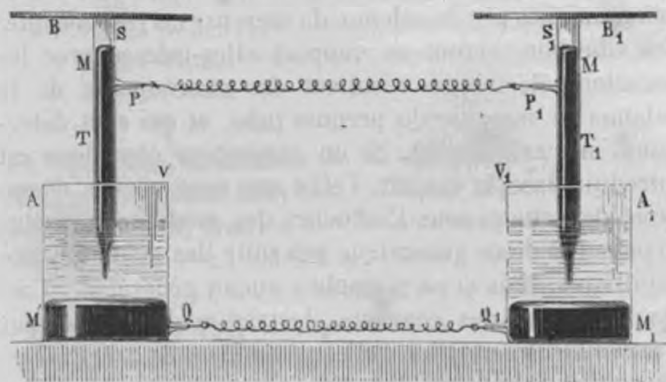


Fig. 109.

dulée et de mercure, deux tubes T, T_1 à bout effilé contenant du mercure M , et qu'on réunisse entre elles, par des fils métalliques PP_1, QQ_1 , d'abord les deux colonnes de mercure remplissant les tubes et, en second lieu, les

¹ M. J.-M. Page avait déjà reconnu que si un téléphone est placé dans le circuit de l'hélice primaire d'une bobine d'induction alors que l'hélice secondaire de cet appareil est placée dans le circuit d'un électromètre capillaire de M. Lippmann, il se produit à chaque mot prononcé dans le téléphone un mouvement de la colonne mercurielle de l'électromètre, lequel mouvement s'effectue vers le bout capillaire du tube et quelle que soit la direction du courant envoyé par le téléphone. On reconnut que cet effet était dû à ce que le mercure tend toujours à se mouvoir plus rapidement du côté du bout capillaire que du côté opposé.

couches de mercure qui occuperont le fond des deux vases, on aura, si on a soin de placer les tubes à une certaine distance de la surface du mercure dans les vases, un circuit métallique complété par deux électrolytes, dont l'un pourra accuser les effets mécaniques ou électriques produits au sein de l'autre. Si donc on adapte au-dessus des tubes deux lames vibrantes B, B₁ et qu'on fasse vibrer l'une d'elles, l'autre devra reproduire ces vibrations sous l'influence des mouvements vibratoires communiqués par la colonne de mercure correspondante. Ces vibrations seront en rapport elles-mêmes avec les émissions électriques résultant des mouvements de la colonne de mercure du premier tube, et qui sont déterminés mécaniquement. Si un générateur électrique est introduit dans le circuit, l'effet que nous venons d'analyser s'effectuera sous l'influence des modifications dans le potentiel de ce générateur par suite des effets électro-capillaires. Mais si on n'emploie aucun générateur, l'action résultera des courants électriques déterminés par l'action électro-capillaire elle-même. Dans ce dernier cas, cependant, l'appareil doit être construit d'une manière un peu plus délicate, pour obtenir des réactions électriques plus sensibles, et voici comment M. A. Breguet décrit l'appareil qu'il construit alors :

« L'appareil consiste dans un tube de verre fin, de quelques centimètres de longueur, contenant des gouttes alternées de mercure et d'eau acidulée, de façon à constituer autant d'éléments électro-capillaires associés en tension. Les deux extrémités du tube sont fermées à la lampe, mais laissent pourtant un fil de platine prendre contact de chaque côté sur la goutte de mercure la plus voisine. Une rondelle de sapin mince est fixée normalement au tube par son centre, et permet ainsi d'avoir une surface de quelque étendue à s'appliquer sur la coquille de l'oreille quand l'appareil est récepteur, et de fournir au tube une plus grande quantité de mouvement sous l'influence de la voix, quand l'appareil est transmetteur. Voici les avantages que présentent ces sortes d'appareils :

« 1^o Ils ne nécessitent l'usage d'aucune pile ;

« 2^o L'influence perturbatrice de la résistance d'une longue ligne est presque nulle pour ces instruments alors qu'elle est encore appréciable avec le téléphone Bell ;

« 3^o Deux appareils à mercure accouplés comme il a été dit plus haut sont absolument corrélatifs, en ce sens que, même des positions *différentes* d'équilibre de la surface du mercure dans l'un d'eux, produisent des positions différentes d'équilibre dans l'appareil opposé. On peut donc reproduire à distance, sans pile, non seulement des indications fidèles de mouvements pendulaires, comme le fait le téléphone de Bell, mais encore l'image exacte des mouvements les plus généraux. »

Téléphone à friction de M. Gray. — Il y a déjà trois ans, en 1878, M. E. Gray a pu appliquer le principe des sons produits par la friction des tissus d'origine animale à la construction d'un téléphone parlant qui, suivant lui, pourrait s'entendre dans toute une pièce, comme le condensateur chantant. Il aurait obtenu ce résultat au moyen d'un mécanisme d'horlogerie qui met en mouvement de rotation le disque métallique dont nous avons parlé page 20 et sur lequel frotte un morceau de peau convenablement disposé. En parlant dans un transmetteur téléphonique à charbon ou à liquide installé à la station de transmission et disposé de manière à réagir sur une bobine d'induction, comme dans les systèmes d'Edison, de Navez et de Pollard, on obtiendrait sur le disque en mouvement la reproduction de la parole qui, comme nous le disions, serait perceptible sans qu'on eût besoin d'approcher l'oreille de l'instrument.

La meilleure disposition du disque métallique sur lequel frotte le tissu animal est celle d'une boîte cylindrique dont le couvercle extérieur est constitué par une lame mince de zinc dont la surface est bien polie et légèrement oxydée ; et l'on peut employer comme organe frottant de la peau de gant légèrement mouillée avec de

l'eau acidulée, un nerf de bœuf ou de la peau de cochon (prise sur l'oreille ou sur la queue).

Condensateurs parlants. — Nous avons vu, page 215, comment on était parvenu à faire parler le condensateur chantant en interposant dans le circuit induit en rapport avec les armatures du condensateur, une pile un peu énergique destinée à les polariser; nous avons vu égale-

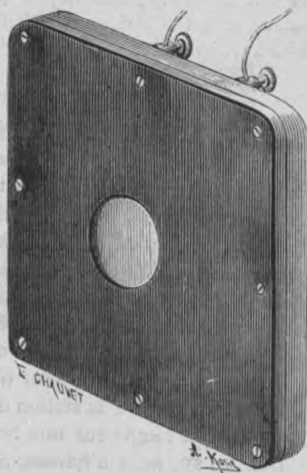


Fig. 110.

ment qu'avec des condensateurs à lame d'air, tels que ceux employés par M. Dolbear, on pouvait se passer de cette pile supplémentaire. La théorie de ces effets n'est pas encore bien élucidée, cependant les effets constatés par MM. Duter et Govi pourraient, comme on l'a déjà vu, en rendre compte, et les travaux récents de MM. Moutier et Lippmann, sur la conservation de l'énergie, sembleraient en donner une expli-

cation assez satisfaisante (voir *la Lumière électrique*, tome III, page 396). Il résulte en effet des formules de M. Lippmann que si on électrise de plus en plus le plateau d'un condensateur, le gaz qui l'entoure se contracte sous l'influence de cette électrisation; or, de cette contraction et de la dilatation subséquente qui en est la conséquence, il doit résulter, pour des actions rapides, une vibration de la couche gazeuse interposée

entre les lames du condensateur et par conséquent un son. MM. Maiche et Dolbear ont constaté d'ailleurs de leur côté que, dans le cas des condensateurs à isolant solide, les feuilles de papier interposées entre les lames conductrices du condensateur pouvaient bien jouer un certain rôle dans les sons produits, et ce rôle serait analogue à celui des corps médiocrement conducteurs dans un microphone récepteur. « Chaque fois que l'électricité dépense son énergie sur un conducteur imparfait, dit

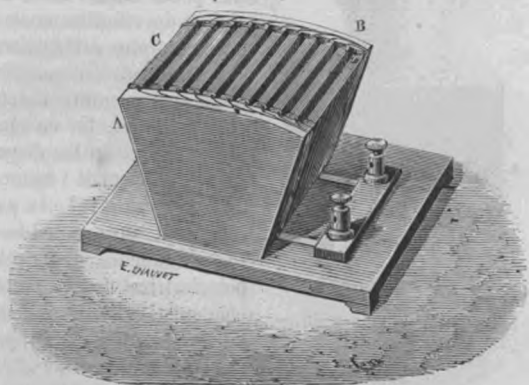


Fig. 111.

M. Dolbear, il l'échauffe et produit des vibrations *atomiques* ou *moléculaires* qui peuvent être perçues par l'oreille et qui peuvent reproduire la parole si elles sont le résultat d'un courant ondulatoire transmis par un microphone ordinaire; mais parmi les corps médiocrement conducteurs il peut y en avoir qui reproduisent mieux ces sortes de vibrations les uns que les autres, et l'expérience montre que des feuilles de papier ou de gélatine sont précisément dans ce cas. »

Avec les condensateurs à feuilles de papier, il paraît, d'après MM. Dunand et Chevrant, que le point essentiel, pour obtenir une bonne reproduction de la parole, est que leurs dimensions soient assez petites ($0^m,06$ sur $0^m,06$), et que les feuilles soient nombreuses (trente au moins); il faut que le tout soit enveloppé, comme on le voit figure 110, et que l'appareil présente une petite ouverture à son centre;

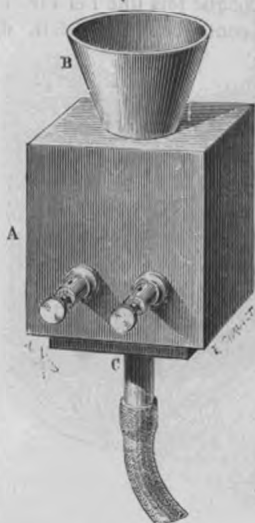


Fig. 112.

téléphonique sur une ligne un peu longue, les condensateurs doivent être empilés dans une boîte surmontée d'une embouchure ou d'un tuyau acoustique comme dans la figure 112, mais en ayant soin que l'embouchure ou le tuyau acoustique soit adapté du côté de la tranche des condensateurs.

Le transmetteur microphonique adopté par M. Dunand

de grands condensateurs en surface ne donnent que de très petits effets; mais on obtient des résultats encore beaucoup plus satisfaisants en réunissant en quantité un certain nombre de ces condensateurs. En en employant 11 et en les disposant en éventail comme dans la figure 111, la parole peut être entendue, sous l'influence d'une pile polarisatrice de 24 petits éléments Leclanché, à deux ou trois mètres de l'appareil. C'est la disposition la plus convenable pour obtenir des sons forts sur un circuit court. Mais quand on veut appliquer le condensateur comme récepteur

pour faire fonctionner ses appareils est représenté figure 115, et se compose de deux diaphragmes en fer blanc D, D', réunis par un cerceau en bois, et entre lesquels est intercalé obliquement à leur surface un petit crayon de charbon A d'environ 12 millimètres de longueur qu'appuie de côté par ses extrémités arrondies sur deux pastilles de charbon C, C' fixées au centre des deux diaphragmes. Cette petite baguette de charbon est serrée entre deux fils métalliques tendus FF, aboutissant à une sorte de clef de violon M qui permet de la serrer plus ou moins par torsion contre les pastilles, et c'est au moyen de cette clef que l'on règle l'appareil. Ordinairement, un élément Leclanché suffit pour actionner ce transmetteur quand il ne s'agit que d'une transmission ordinaire de la parole, mais quand on veut obtenir une transmission à voix haute, il faut en employer au moins cinq ou six.

Dans le système de M. Herz, c'est le transmetteur que nous avons décrit en dernier lieu, page 197, qui fait fonction-

ner le condensateur, auquel il a donné du reste plusieurs formes différentes; mais le circuit induit qui correspond aux armatures du condensateur est mis en relation avec les pôles de la pile afin de les polariser préventivement, de sorte que par le fait on n'emploie qu'une seule pile au poste de transmission.

Dans le système de M. Dunand, les sons augmentent avec le nombre des éléments de la pile polarisatrice jus-

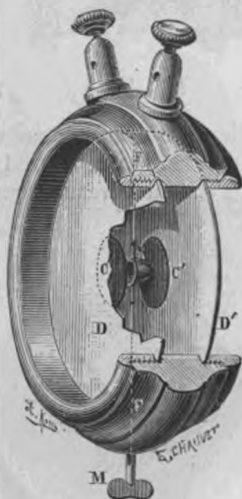


Fig. 115.

qu'à une certaine limite qui dépend de la disposition du condensateur, et qui peut être éloignée autant qu'on le veut en augmentant leur nombre. Avec 24 éléments on obtient, comme nous l'avons dit, des résultats très satisfaisants.



Fig. 114.

Le condensateur n'est pas seulement propre à reproduire les sons, il peut encore servir à les transmettre, absolument comme un transmetteur microphonique. M. Maiche y était déjà parvenu en appliquant au

milieu du condensateur une embouchure téléphonique comme on le voit figure 114, et en plaçant en arrière de cette embouchure une lame de mica pour empêcher l'effet

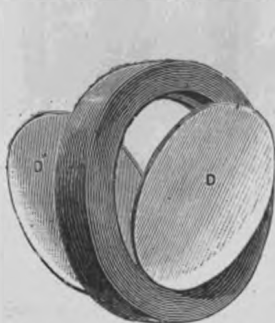


Fig. 115.



Fig. 116.

humide de l'haleine. Il fallait, par exemple, que les lames ne fussent pas trop serrées, qu'elles fussent assez nombreuses (50 au moins) et qu'on les actionnât avec une pile d'une quinzaine d'éléments Leclanché au moins. Avec

un téléphone ordinaire, la parole ainsi transmise était à peu près aussi forte qu'avec les moyens ordinaires; mais avec les appareils de M. Dunand, les effets étaient bien meilleurs encore, et M. Dunand nous a assuré qu'il avait même pu transmettre de cette manière la parole avec un condensateur employé comme récepteur.

M. Maiche a remarqué, du reste, que pour obtenir de bons résultats avec le condensateur employé comme transmetteur, il fallait que les lames isolantes ne fussent pas trop isolantes; des lames de mica donnent de mauvais effets, et c'est le papier à surface plombaginée qui fournit les meilleures résultats. Il faut aussi que les lames ne soient pas trop serrées; ceci s'explique du reste facilement, si l'on considère que dans les conditions d'un condensateur transmetteur, les variations électriques

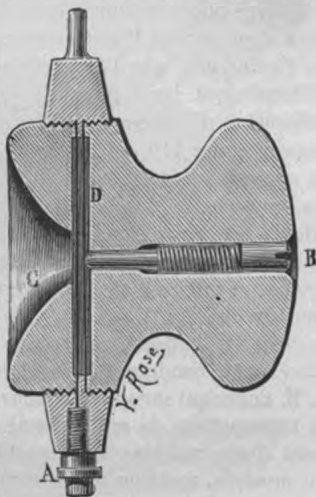


Fig. 117.

peuvent être effectuées d'une manière double; elles résultent d'abord des différences de potentiel des charges électriques sur les armatures, différences, qui sont la conséquence des variations d'épaisseur de la couche isolante qui les sépare; en second lieu, quand les lames sont médiocrement isolantes, elles peuvent résulter, comme dans les microphones, des différences de résistance qu'entraîne le tassement plus ou moins grand des lames de papier contre les feuilles d'étain. Comme ces actions

s'effectuent dans le même sens, puisque les pressions produisent d'un côté un accroissement de la différence de potentiel, et d'un autre côté une diminution de la résistance, il doit s'en suivre des différences d'actions électriques plus grandes sur le récepteur, et partant, des sons plus élevés.

Nous représentons, dans les figures 115, 116, 117, le téléphone condensateur à lame d'air, de M. Dolbear. Les deux diaphragmes D, D' se voient figure 115, écartés l'un de l'autre, afin que l'on distingue au milieu du cercle d'ébonite qui les soutient la petite portée d'un demi-millimètre d'épaisseur qui les sépare l'un de l'autre. Dans la figure 116, qui en représente l'aspect extérieur, on aperçoit ces deux lames en D dans la déchirure qu'on y a pratiquée. La figure 117 représente la coupe transversale de cet appareil qui montre en B une vis de réglage établie non-seulement pour régler la distance des deux disques métalliques mais encore pour étouffer les vibrations de l'un des disques D, et le maintenir fixe. S'il faut en croire M. Dolbear, cet appareil aurait été essayé avec succès entre Londres et Norwich (entre les deux fabriques de M. Colmann) sur une longueur de ligne de 120 milles. Le transmetteur de cet appareil a été disposé dernièrement d'une manière toute particulière qui ne m'a pas été montrée, mais on m'a assuré que tous les transmetteurs microphoniques pouvaient être employés. Celui que nous avons vu et que nous représentons figure 118, était un simple transmetteur à un seul contact, dans lequel le contact mobile C était appuyé contre le charbon du diaphragme, par la simple action de la pesanteur. On m'a assuré qu'on n'employait pour faire fonctionner ce système qu'une seule pile, mais comme elle agissait sur une forte bobine d'induction dont la résistance était au moins de 5000 ohms, on peut comprendre qu'on était en possession, de cette manière, de courants induits d'une assez grande tension pour polariser suffisamment par eux-

mêmes les lames. D'ailleurs on peut admettre que dans un condensateur à air où les vibrations des lames ne sont pas étouffées par leur contact avec des isolants solides, il soit possible d'actionner les systèmes dans des

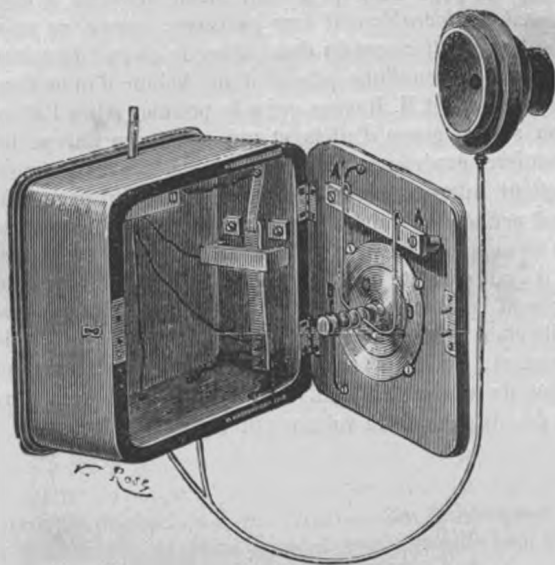


Fig. 118.

conditions plus simples. Quoi qu'il en soit, les résultats dont j'ai été témoin étaient satisfaisants, et les sons étaient reproduits avec une intensité au moins aussi forte qu'avec les téléphones ordinaires.

Microphones récepteurs. — Nous terminerons ce chapitre, réservé aux téléphones particuliers, en disant quelques mots des *microphones récepteurs*, qui, à une certaine époque, ont étonné tellement les savants, que beaucoup ont nié la possibilité de leur existence. D'après

les renseignements que nous a envoyés M. Berliner, ce serait lui qui aurait le premier remarqué qu'un transmetteur microphonique convenablement réglé pouvait servir en même temps de récepteur téléphonique. Nous avons vu, page 214, qu'il était même parvenu à *augmenter considérablement leur puissance sonore en polarisant préventivement les deux pièces de contact du microphone* au moyen d'une pile et d'une bobine d'induction. Toutefois, c'est M. Hughes qui a le premier attiré l'attention sur ce genre d'effets et qui a fait en Europe les premières expériences. M. Boudet de Paris, avec le transmetteur microphonique représenté figure 55, page 145, était arrivé à obtenir la reproduction de la parole presque aussi énergiquement qu'avec un téléphone ordinaire, et il avait constaté que l'effet était meilleur avec un seul élément Leclanché qu'avec plusieurs. Toutefois ces appareils étant très capricieux n'ont pas été employés pratiquement, mais ils sont extrêmement intéressants au point de vue scientifique. Nous en parlerons avec plus de détails dans notre volume sur le microphone.

QUATRIÈME PARTIE

INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES

ET APPLICATIONS DU TÉLÉPHONE

Dans l'origine, les Américains avaient prévu tout le parti qu'on pourrait tirer de la téléphonie pour la télégraphie privée au sein des villes, et on ne tarda pas dans ce pays à créer des bureaux téléphoniques qui permettaient de mettre en rapport les uns avec les autres les différents particuliers abonnés à ces bureaux. Ces établissements, à peine créés, se développèrent avec une telle rapidité, qu'on se trouva bientôt en présence d'une foule de difficultés techniques qu'il a fallu résoudre, pour permettre une exploitation régulière de ce système de télégraphie, et ce n'est que dernièrement que l'on a pu obtenir, sous ce rapport, une solution satisfaisante. Encore même aujourd'hui, cherche-t-on à améliorer le système, et nous avons vu à l'Exposition d'électricité de 1881 des combinaisons qui semblent réaliser des progrès réels. Nous nous occuperons plus loin de tous les détails que cette question comporte; pour le moment nous dirons que le principe général sur lequel est fondé ce genre d'exploitation est que les abonnés sont tous reliés séparément

par un ou deux fils à un bureau central, que chacun de ces fils aboutit à un commutateur et à un appareil indicateur pour la désignation des appelants, et que des employés chargés de répondre aux appels mettent les abonnés en rapport, les uns avec les autres, par des liaisons métalliques opérées sur les commutateurs. Seulement, quand le nombre des abonnés est considérable, ces liaisons se font assez difficilement; car, outre que les recherches sont plus difficiles, il faut s'assurer si les abonnés appelés ne sont pas déjà en rapport avec d'autres correspondants, et c'est pour éviter ces pertes de temps que M. Haskins a imaginé un système d'épreuve très-simple, qui permet de savoir instantanément, sur chaque commutateur, si la personne appelée est occupée ou non d'autre part.

En France, on a hésité quelque temps avant d'établir une Société des téléphones, puis il s'en est formé presque simultanément trois qui se sont ensuite fondues en une seule, et il a fallu passer par une période d'essais avant d'adopter un système définitif. On semble aujourd'hui fixé à cet égard, et on en est revenu à peu près au système Américain avec des dispositifs Français. On a pu voir à l'Exposition que ce système fonctionne très bien et qu'il ne laisse rien à désirer; aussi est-il à présumer que le succès inespéré qui a accueilli cette entreprise ne fera que s'accroître de plus en plus.

L'une des grandes difficultés qui se sont présentées dans l'établissement des lignes téléphoniques a été l'intervention des courants anormaux résultant de l'induction des fils les uns sur les autres, des mélanges à travers les poteaux, des dérivations par la terre et des réactions extérieures. On avait pensé un instant qu'on pourrait conjurer ces effets nuisibles au moyen de spirales d'induction envoyant sur les lignes des courants induits de sens contraire à ceux fournis par l'induction directe des fils, mais ce moyen ne semble pas avoir donné des résultats pratiques bien satisfaisants, car on ne l'a pas employé,

et ce qui a le mieux réussi jusqu'à présent a été d'employer pour chaque ligne deux fils entortillés l'un autour de l'autre. Si les condensateurs parlants pouvaient être employés dans de bonnes conditions, on devrait obtenir de bons effets de leur emploi, car le circuit étant interrompu sur les lames du condensateur, les courants anormaux ne pourraient guère s'y propager; mais tout ceci n'est qu'aléatoire, car, jusqu'à présent, les sons fournis par les condensateurs sur une ligne un peu longue ne sont pas assez forts pour qu'on songe à les substituer en ce moment aux téléphones.

Pour mettre de l'ordre dans l'étude de toutes les questions que comportent les installations téléphoniques, nous commencerons d'abord par étudier les perturbations qui se produisent sur les lignes téléphoniques, les moyens imaginés pour les combattre, puis nous indiquerons les diverses dispositions des bureaux téléphoniques, et nous terminerons par l'étude des diverses applications usuelles que l'on a faites de la téléphonie. Nous reviendrons du reste sur ces applications, considérées au point de vue scientifique dans notre volume sur le *microphone*, le *radiophone* et le *phonographe*.

EFFETS DES ACTIONS EXTÉRIEURES SUR LES TRANSMISSIONS TÉLÉPHONIQUES

Les obstacles qu'on rencontre dans les transmissions téléphoniques proviennent de trois causes: 1^o de l'affaiblissement des sons par suite des pertes de courant sur les lignes, pertes beaucoup plus grandes avec les courants d'induction qu'avec les courants de pile; 2^o des mélanges produits par les dérivations des courants voisins; 3^o de l'induction des fils les uns sur les autres. Cette dernière influence est beaucoup plus grande qu'on se le figure ordinairement. Placez côte à côte deux fils

parfaitement isolés, l'un en correspondance avec un circuit de sonnerie trembleuse, l'autre avec un circuit de téléphone : ce dernier répètera les bruits de la sonnerie avec une intensité souvent assez grande pour fournir lui-même un appel sans qu'on ait l'appareil à l'oreille. MM. Pollard et Garnier, dans leurs intéressantes expériences avec les courants induits de la bobine de Ruhmkorff, ont reconnu qu'on pouvait obtenir de cette manière non seulement les sons en rapport avec les courants induits résultant de l'action du courant traversant l'hélice primaire, mais encore ceux qui résultent de l'action des courants secondaires sur d'autres hélices et qu'on a désignés sous le nom de courants de second ordre. Ce sont ces différentes réactions qui font que les transmissions téléphoniques faites sur les lignes télégraphiques se trouvent souvent troublées par des bruits insolites qui viennent des transmissions électriques sur les fils voisins; mais elles paraissent subir ces influences sans s'éteindre, et il arrive que l'on peut entendre à la fois une conversation parlée en langage ordinaire et une dépêche transmise dans le langage Morse.

A l'école d'artillerie de Clermont, on a établi à titre d'expériences une communication téléphonique entre cette école et le champ de tir, qui est à une distance de 14 kilomètres. Une autre communication du même genre est établie entre l'observatoire de Clermont et celui du Puy-de-Dôme, à 15 kilomètres de distance. Ces deux lignes sont portées par les mêmes poteaux sur un parcours de 10 kilomètres, et dans ce trajet, sur ces poteaux, se trouve un fil télégraphique ordinaire. Enfin, dans cet espace, les poteaux, pendant 500 mètres, portent aussi sept autres fils télégraphiques. Les deux fils téléphoniques sont d'ailleurs éloignés de 0^m,85 l'un de l'autre. Dans ces conditions on a constaté :

1^o Que le téléphone de l'école lit très bien, par le son, les dépêches Morse qui passent dans le télégraphe sur

les deux fils qui l'avoisinent, mais que le tic-tac de l'appareil ne gêne en rien le passage ni l'audition de la communication verbale du téléphone ;

2° Que les deux lignes téléphoniques voisines, quoique ne se touchant pas et sans communication entre elles, mélangent cependant leurs dépêches, et il est arrivé qu'on a pu entendre à l'école par le fil venant du champ de tir, des dépêches du Puy-de-Dôme, et qu'on a pu y répondre, sans que nulle part la distance entre les fils des deux lignes fût moindre que 85 centimètres.

On a pu remédier un peu à ces inconvénients en interposant dans le circuit de fortes résistances, ou en établissant des dérivations à la terre à une certaine distance des postes téléphoniques.

Suivant M. Izarn, professeur de physique au lycée de Clermont, les courants électriques téléphoniques pourraient très bien se dériver par la terre, surtout quand ils rencontreraient sur leur passage des conducteurs métalliques comme des conduites d'eau ou de gaz. Voici ce qu'il dit dans une note adressée à l'Académie des sciences le 15 mai 1878 :

« J'ai installé au lycée de Clermont un téléphone sur un fil unique d'une cinquantaine de mètres, qui, traversant la grande cour du lycée, va du laboratoire de physique où il s'accroche à un bec de gaz, à une pièce placée près de la loge du concierge où il s'accroche à un autre bec de gaz. En appliquant l'oreille au téléphone, j'entends très nettement les signaux télégraphiques Morse ou autres qui proviennent soit du bureau télégraphique de Clermont, soit du bureau téléphonique fonctionnant entre l'école d'artillerie de Clermont et le polygone de tir, établi à 14 kilomètres de la ville au pied du Puy-de-Dôme. J'entends même des paroles et surtout des commandements militaires émis dans le téléphone du polygone et destinés à être entendus à l'école. Or mon fil est absolument indépendant de ceux où circulent ces signaux ; il en est même très éloigné ; mais comme les prises de terre du bureau télégraphique et de l'école d'artillerie se font à une petite distance des tuyaux de gaz, il

n'est pas douteux que le phénomène ne soit dû à une dérivation du courant produite à travers mon fil par l'intermédiaire du sol et du réseau métallique des tuyaux.»

Cette remarque avait été déjà faite par M. Preece dans sa notice : *Sur quelques points physiques en rapport avec le téléphone*. D'un autre côté, nous lisons dans le *Telegraphic journal*, du 15 juin 1878, que dans un concert téléphonique transmis de Buffalo à New-York, les chanteurs de Buffalo ont été entendus dans un bureau particulier placé en dehors du circuit télégraphique sur lequel s'opérait la transmission. Après informations, on reconnut que le fil à travers lequel la transmission téléphonique s'effectuait dans ce bureau, se rapprochait en un point de son parcours de celui qui transmettait directement les sons musicaux ; mais la distance entre les deux fils n'était pas moindre de dix pieds.

Avec les circuits entièrement métalliques, les effets des mélanges sont beaucoup moins à craindre, et, suivant M. Zetzche, on n'entend que très peu et seulement par instants les sons provenant d'autres fils ; on entend donc beaucoup mieux et plus aisément avec cette disposition qu'avec la disposition ordinaire. « Ce ne sont pas d'ailleurs, dit-il, les résistances des fils, mais bien plutôt les dérivations de courant près des poteaux qui présentent des obstacles pour les correspondances téléphoniques échangées sur de longues lignes aériennes. J'ai pu en avoir la preuve dans les expériences suivantes : ayant relié la ligne télégraphique de Dresde à Chemnitz à l'une des lignes de Chemnitz à Leipzig (87 kil.), ce qui fournissait un circuit de 167 kilomètres communiquant à la terre à ses deux extrémités, Dresde et Leipzig n'ont pu s'entretenir, tandis que Dresde et Chemnitz le pouvaient très bien, malgré la plus grande étendue de la ligne. Ayant fait supprimer la communication à la terre, d'abord à Leipzig, puis à Leipzig et à Dresde simultanément, j'ai constaté les effets suivants : avec l'isolation effectuée à

Leipzig seulement, les stations de Dresde, de Riesa, de Wurzen purent bien s'entendre au moyen du téléphone; mais avec l'isolation de la ligne aux deux extrémités, les deux dernières stations communiquèrent bien entre elles, mais la station intermédiaire fit remarquer qu'elle entendait mieux les mots prononcés à Wurzen que l'on n'entendait à Wurzen les paroles dites à Riesa. Dans les deux cas, le téléphone reproduisait distinctement les signaux télégraphiques émis sur les fils parallèles à celui de la ligne d'essai. Or, comme Wurzen n'est qu'à 26,6 kilomètres de Leipzig, tandis que Riesa se trouve à une distance de 49 kilomètres de Dresde, et qu'il y a, par conséquent, sur ce dernier parcours à peu près une fois autant de poteaux offrant aux courants des dérivations à la terre, j'ai cru pouvoir en conclure que c'était par les dérivations qu'on pouvait expliquer la possibilité de correspondre sur une ligne isolée, et la perception plus distincte des sons à la station de Riesa, laquelle provenait de la plus grande intensité de courant restant encore sur la ligne. »

Il est aussi certaines vibrations résultant de l'action des courants d'air sur les fils télégraphiques et qui leur font émettre ces bourdonnements bien connus sur certaines lignes, qui peuvent encore réagir sur le téléphone; mais elles sont alors le plus souvent propagées mécaniquement, et on peut les distinguer des autres, quand les sons qui en résultent sont entendus après qu'on a exclu le téléphone du circuit par une fermeture à court circuit et après avoir supprimé la communication à la terre établie en arrière du téléphone.

Les réactions d'induction exercées par les fils de ligne les uns sur les autres ne sont pas les seules qui puissent être accusées sur un circuit téléphonique : toute manifestation électrique produite dans le voisinage d'un téléphone peut déterminer des sons plus ou moins forts. Nous en avons déjà eu la preuve dans les expériences de

M. d'Arsonval, et voici quelques expériences de M. Demoget qui le démontrent de la manière la plus notoire. En effet, si devant l'un des téléphones d'un circuit téléphonique on place un petit électro-aimant droit muni d'un trembleur, et que, pour écarter l'influence du son produit par le trembleur, on enlève la lame vibrante du téléphone, on entend parfaitement sur le second téléphone du circuit le bourdonnement du trembleur, qui atteint son maximum quand les deux extrémités de l'électro-aimant sont le plus rapprochées possible du téléphone sans diaphragme, et son minimum quand cet électro-aimant lui est présenté suivant sa ligne neutre. D'après M. Demoget, l'action exercée dans cette circonstance pourrait être considérée comme celle d'un aimant exerçant deux actions inductrices opposées et symétriques, dont le champ serait limité par un double paraboloïde, ayant pour grand axe, dans ses expériences, 0^m,55 de longueur au delà du noyau magnétique, et pour grand diamètre perpendiculaire 60 centimètres. Il croit que par ce moyen on pourrait aisément télégraphier dans le système Morse, et qu'il suffirait pour cela d'adapter une clef à l'électro-aimant inducteur.

Pour surmonter les difficultés que présentent les réactions d'induction des fils les uns sur les autres dans les transmissions téléphoniques, M. Preece indique trois moyens :

1^o Augmenter l'intensité des courants transmis de manière à les faire prédominer notablement sur les courants induits, et réduire la sensibilité du téléphone de réception;

2^o Mettre le fil téléphonique à l'abri de l'induction ;

3^o Neutraliser les effets d'induction.

Le premier moyen peut être réalisé par les systèmes à pile, et nous avons vu qu'il a fourni des résultats avantageux.

Pour mettre à exécution le second moyen, M. Preece

considère qu'il y a lieu de se préoccuper des deux sortes d'inductions qui se développent sur les lignes télégraphiques : de l'induction électro-statique, analogue à celle qui se produit sur les câbles immergés, et en second lieu de l'induction électro-dynamique résultant de l'électricité en mouvement. Dans le premier cas, M. Preece propose d'interposer entre le fil téléphonique et les autres fils un corps conducteur en communication avec la terre, et susceptible de former écran à l'induction en absorbant lui-même les effets électro-statiques produits. Ce problème pourrait être résolu, suivant lui, en entourant les fils télégraphiques avoisinant le fil téléphonique d'une enveloppe métallique, ou en les immergeant dans l'eau. « Bien que par ce dernier moyen, dit-il, on n'élimine pas complètement les effets d'induction statique, en raison de la mauvaise conductibilité de ce corps, on peut les réduire considérablement, ainsi que mes expériences entre Dublin, Holyhead, Manchester et Liverpool l'ont démontré. » Dans le second cas, M. Preece admet qu'une enveloppe de fer est susceptible de paralyser les effets électro-dynamiques déterminés, en les absorbant; de sorte qu'en employant des fils isolés recouverts d'une garniture de fer mise en communication avec le sol, on annulerait les deux réactions d'induction. Nous ne suivrons pas M. Preece dans la théorie qu'il donne de ces effets, théorie qui nous paraît tout au moins discutable, et nous nous contenterons de l'indication du moyen d'atténuation qu'il propose.

Pour mettre à exécution le troisième moyen, on pourrait croire qu'il suffirait de supprimer les communications avec la terre et d'employer un fil de retour; car, dans ces conditions, les courants d'induction déterminés sur l'un des fils devraient se trouver neutralisés par ceux qui résulteraient de la même induction sur le second fil, et qui se trouveraient alors agir dans un sens opposé; mais ce moyen ne peut être efficace qu'autant que la distance

entre les deux fils téléphoniques est très petite et que leur éloignement des autres fils est considérable. Quand il n'en est pas ainsi et qu'ils se trouvent tous très rapprochés, comme cela a lieu dans les câbles sous-marins ou souterrains à plusieurs fils, ce moyen est tout à fait insuffisant. En prenant comme ligne aérienne un petit câble renfermant deux conducteurs isolés avec de la gutta-percha, on peut obtenir de très bons résultats.

L'emploi de deux conducteurs a encore l'avantage d'éviter les inconvénients des dérivations sur la ligne et à travers le sol qui, quand les communications à la terre ne sont pas parfaites, permettent au courant d'une ligne de passer plus ou moins facilement à travers la ligne téléphonique.

Le système qu'on avait cru devoir le mieux réussir pour combattre efficacement ces effets d'induction des fils les uns sur les autres, est celui qui avait été combiné par MM. Hughes et Edison. Il était fondé sur les effets d'induction qui ont été si heureusement appliqués par M. Hughes dans son sonomètre et sa balance d'induction. Pour qu'on puisse le comprendre, considérons deux lignes conductrices droites et parallèles : un courant commençant dans la première donnera dans la seconde un courant induit de sens contraire dont l'intensité croîtra avec celle du courant primaire et la longueur des lignes. A l'origine de ces deux lignes, imaginons que les fils soient enroulés sur eux-mêmes et forment des bobines plates parallèles l'une à l'autre. Si ces bobines sont de même sens l'effet d'induction sera de même sens que celui des lignes droites et s'y ajoutera ; mais si elles sont de sens contraire le phénomène change : la bobine primaire engendrera dans la bobine secondaire un courant induit qui sera de sens inverse à celui que produisent les parties droites, en sorte que le courant passant dans l'ensemble de la première ligne fera naître à la fois dans la seconde deux courants induits de sens contraire, dont la diffé-

rence seule subsistera. Si l'on s'est arrangé pour que ces courants soient égaux, l'induction sera compensée et annulée. Or, cela est très réalisable, car on pourra proportionner la longueur des bobines à celle des lignes, et en plaçant dans le premier circuit un appareil microphonique et un téléphone dans l'autre, on rapprochera les bobines jusqu'à ce que les sons s'annulent. Dans ces conditions, les lignes sont compensées; elles ne s'induisent plus, ou, pour mieux dire, leurs inductions s'annulent par elles-mêmes. On pourrait donc ainsi, à l'aide d'un nombre égal de bobines et d'un commutateur convenable, rendre un nombre de lignes quelconque indépendantes des autres, mais l'expérience n'est pas venue confirmer ces espérances, et d'ailleurs, dans une ligne téléphonique, il est d'autres courants accidentels que des courants induits, et ces courants ne peuvent plus être annulés par les mêmes moyens.

Dans le système de M. Edison, on introduisait dans la ligne à protéger autant d'électro-aimants qu'il y avait de circuits inducteurs, et dans chacun de ces derniers, on introduisait un électro-aimant de sens contraire à ceux de la ligne induite. Chacun des électro-inducteurs était placé en regard d'un des électro-aimants de la ligne à préserver, et leur distance ainsi que leur longueur de fil, étaient réglées de façon à produire un courant induit exactement égal à celui qui naissait du parallélisme des lignes, et naturellement de sens contraire.

On avait annoncé dans les journaux que M. F. W. Jones, de la compagnie de l'Ouest des États-Unis, avait trouvé un moyen d'annuler les bruits anormaux sur les lignes téléphoniques desservant plusieurs stations, en dérivant le courant à ces stations par l'intermédiaire d'une hélice de fil fin enroulée de telle sorte que ses effets d'induction fussent susceptibles de neutraliser ceux des fils les uns sur les autres; ces hélices seraient disposées autour d'aimants, dans le circuit téléphonique, et de manière à

pouvoir, par une simple dérivation, être écartées du circuit quand celui-ci doit transmettre des dépêches ordinaires.

Nous ne voyons pas en quoi ce système diffère de celui de M. Edison, dont nous venons de parler.

Pour obtenir l'atténuation des bruits résultant des courants accidentels dans les lignes téléphoniques, courants qu'il attribue surtout aux dérivations, par les sup-

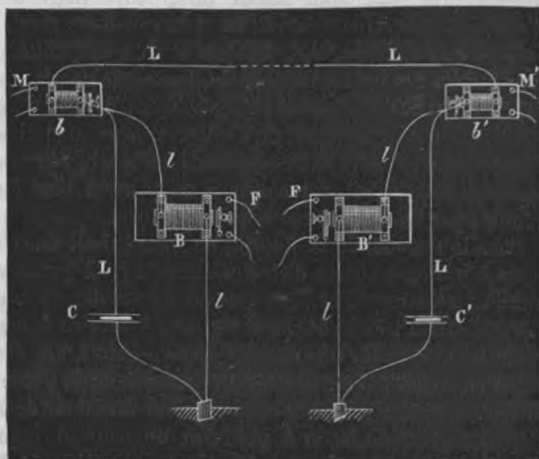


Fig. 119.

ports des lignes, des courants télégraphiques, M. Maiche interpose, comme on le voit figure 119, sur le fil de terre des bobines d'induction de ses appareils b, b' , d'autres bobines d'induction B, B' dont l'hélice secondaire est très résistante et construite avec du maillechort, et c'est l'hélice primaire qui est alors en rapport avec les téléphones récepteurs par les fils F, F . De plus, cette liaison est complétée par une seconde dérivation parallèle LC, LC' dans

laquelle est intercallé un condensateur en papier C, C'; de sorte qu'à l'arrivée, le courant ondulatoire transmis, avant de pénétrer en terre, se bifurque en passant d'un côté à travers la bobine correspondante au téléphone, de l'autre, à travers le condensateur. Cette dernière voie n'empêche pas le courant induit de passer, mais elle ne peut être franchie par les courants accidentels, et cela suffit pour compléter le circuit à travers la terre au poste de transmission; mais au poste de réception il n'en est pas de même, et le courant passe plus aisément à travers la bobine d'induction qu'à travers le condensateur, et transforme sur l'hélice primaire sa tension en électricité de quantité, ce qui lui permet d'agir plus énergiquement sur le récepteur téléphonique. Dans ces conditions, les courants accidentels ne peuvent plus se développer facilement dans la ligne et se trouvent pour ainsi dire annulés, d'autant plus qu'ils n'agissent plus alors que sur une petite fraction du circuit total.

M. Maiche a encore proposé, pour éviter les effets des courants accidentels dans les circuits téléphoniques, deux autres moyens fondés comme ceux de MM. Hughes et Edison sur des réactions d'induction, mais dans des conditions très différentes. L'un consiste à composer la bobine des récepteurs téléphoniques de deux hélices superposées dont l'une est enroulée avec un fil très fin et très long, et l'autre avec un fil un peu gros (du n° 12 par exemple). Il réunit les bouts de l'hélice résistante et intercalles l'autre hélice dans le circuit de ligne animé par les courants induits provenant d'une bobine d'induction dont le fil secondaire est un peu gros. Dans ces conditions, les variations d'intensité électrique dues à l'intervention des courants accidentels ont pour effet de déterminer dans l'hélice à fil fin des courants induits contraires qui, en réagissant sur le noyau magnétique du téléphone en sens inverse des effets qu'ils pourraient déterminer sur lui en traversant

l'hélice à gros fil, tendent à annuler ces derniers et par conséquent à supprimer les bruits anormaux. Il paraît que ce moyen lui a bien réussi. Le second moyen applicable surtout aux lignes téléphoniques des abonnés réunies à un bureau central, est basé sur l'emploi de deux fils pour ces lignes, sur l'isolation complète l'un de l'autre des deux circuits appelés à transmettre la correspondance, et sur la réaction par induction de ces circuits l'un sur l'autre pour les transmissions électriques. Pour obtenir ce résultat, les deux lignes qui doivent être réunies, au lieu d'être jointes par les bouts de leurs fils ou par leurs commutateurs, sont mises en rapport avec deux hélices enroulées en sens contraire sur une même bobine, et dans ces conditions, toutes les variations d'intensité électrique, en rapport avec la voix, qui se produisent dans l'une des hélices, sont reproduites par induction dans l'autre, sans qu'aucun courant accidentel ne puisse survenir, puisque les circuits n'ont alors aucune communication avec la terre.

En outre des causes de perturbation que nous venons d'énumérer, il en est d'autres qui sont également très appréciables dans les transmissions téléphoniques, et, parmi elles, nous devons citer les courants accidentels qui se produisent constamment sur les lignes télégraphiques. Ces courants peuvent provenir de bien des causes, tantôt de l'électricité atmosphérique, tantôt du magnétisme terrestre, tantôt d'effets thermo-électriques produits sur les lignes, tantôt de réactions hydro-électriques déterminées sur les fils et les plaques de communication avec le sol. Ces courants sont toujours très instables, et ils doivent, par conséquent, en réagissant sur les courants transmis, les altérer plus ou moins et déterminer par cela même des sons sur le téléphone. Suivant M. Preece, le bruit provenant des courants telluriques se rapproche un peu de celui d'une cascade. Les décharges d'électricité atmosphérique, même quand

L'orage est éloigné, déterminent un son plus ou moins sec suivant la nature de la décharge. Quand elle est diffuse et qu'elle éclate à peu de distance, le bruit produit ressemble, d'après le docteur Channing de La Providence, à celui que produit une goutte de métal en fusion quand elle tombe dans de l'eau, ou bien encore à celui d'une fusée volante tirée à distance; dans ce cas, il paraîtrait que le son serait perçu avant l'apparition de l'éclair, ce qui démontre bien que les décharges électriques atmosphériques ne se produisent qu'à la suite d'un mouvement électrique déterminé dans l'air. « Quelquefois, dit M. Preece, on entend un son lamentable, un son que l'on a comparé au cri d'un oiseau naissant, et qui doit provenir des courants induits que le magnétisme terrestre doit déterminer dans les fils télégraphiques quand ils sont mis en mouvement vibratoire par les courants d'air. »

M. Gressier, dans une communication faite à l'Académie des sciences le 6 mai 1878, a mentionné quelques-uns de ces bruits, mais nous ne sommes pas d'accord avec lui sur l'origine qu'il leur a supposée.

« Indépendamment du grésillement dû aux appareils télégraphiques mis en action sur les lignes voisines, dit-il, il se produit dans le téléphone un bruissement très confus, un froissement assez intense parfois pour faire croire que la plaque vibrante va se déchirer. C'est plutôt le soir que le jour qu'on entend ce bruissement, qui devient même insupportable et empêche de se comprendre au téléphone, alors qu'on n'est plus troublé par le travail des bureaux. On entend ce bruit quand on ne fait usage que d'un seul téléphone. Un bon galvanomètre interposé dans le circuit a montré la présence de courants assez sensibles, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. »

Ces courants, que j'ai étudiés pendant longtemps avec le galvanomètre, et qui ont été l'objet de quatre mémoires présentés par moi à l'Académie des sciences en 1872, n'ont généralement aucun rapport avec l'électricité atmos-

phérique, comme le croit M. Gressier, et proviennent soit d'actions thermo-électriques, soit d'actions hydro-électriques. Ils se manifestent toujours et en tous temps sur les lignes télégraphiques, qu'elles soient isolées à l'une de leurs extrémités ou en contact avec la terre par les deux bouts. Dans le premier cas, les électrodes polaires du couple sont constituées par le fil télégraphique et la plaque de terre, ordinairement de la même nature, et le milieu conducteur intermédiaire est représenté par les poteaux souteneurs du fil et le sol, qui complètent le circuit. Dans le second cas, le couple est constitué à peu près de la même manière, mais la différence de composition chimique des terrains aux deux points où les plaques de terre sont enterrées, et souvent leur différence de température, exercent un effet prédominant. Si l'on ne considère que le premier cas, il arrive le plus souvent, par les beaux jours de l'été, que les courants produits pendant la journée sont inverses de ceux qui sont produits pendant la nuit, et varient avec la température ambiante dans l'un et l'autre sens. La présence ou l'absence du soleil, le passage des nuages, les courants d'air, entraînent même des variations très brusques et très caractérisées que l'on peut suivre facilement sur le galvanomètre, et qui engendrent des sons plus ou moins accentués dans le téléphone.

Pendant le jour, ces courants sont dirigés de la ligne télégraphique à la plaque de terre, parce que le fil est plus échauffé que la plaque, et *ces courants sont alors thermo-électriques*. Pendant la nuit, le contraire a lieu parce que le serein, en tombant, provoque sur le fil un refroidissement et y détermine une oxydation plus grande que celle qui est effectuée sur la plaque de terre, et *les courants sont alors surtout hydro-électriques*.

J'ai insisté un peu sur ces courants parce que, par suite d'une fausse interprétation de leur origine, on a cru que le téléphone pourrait servir à l'étude des variations

de l'électricité atmosphérique répandue normalement dans l'air; or cette application du téléphone serait, dans ces conditions, non seulement inutile, mais encore pourrait égarer les observateurs en leur faisant faire des recherches sur des phénomènes très compliqués, dont l'étude ne conduirait à rien de plus que ce que j'ai dit dans mes différents mémoires sur cette question.

Il est aussi certaines actions locales qui peuvent déterminer des sons sur le téléphone. Ainsi la distension du diaphragme sous l'influence de la chaleur humide de la respiration, quand on porte l'appareil devant la bouche pour parler, détermine un bruissement qui est facile à percevoir.

En raison des réactions électro-statiques si énergiques déterminées sur les câbles sous-marins par suite des transmissions électriques, on pouvait craindre que l'on ne pût correspondre facilement à travers ces sortes de conducteurs au moyen du téléphone, et, pour s'en assurer, on fit une expérience entre Guernesey et Darmouth à travers un câble de soixante milles de longueur. On reconnut avec surprise et satisfaction que les articulations de la parole étaient parfaitement effectuées, seulement un peu voilées. D'autres expériences, entreprises par MM. Preece et Wilmot sur un câble sous-marin artificiel placé dans des conditions analogues à celui des États-Unis, démontrèrent que sur une longueur de cent milles, on pouvait facilement entretenir une correspondance téléphonique, bien que les effets d'induction fussent manifestes. Sur une longueur de cent cinquante milles, il devint assez difficile de s'entendre, et les sons étaient considérablement affaiblis; il semblait qu'on parlait à travers une épaisse cloison. Les sons diminuèrent rapidement jusqu'à deux cents milles, et à partir de là, la parole devint complètement indistincte, quoique le chant pût être encore perçu. On put même l'entendre sur toute la longueur du câble, c'est-à-dire sur une longueur de

trois mille milles; mais cela tenait, suivant M. Preece, à l'induction du condensateur sur lui-même; néanmoins M. Preece croit que le chant peut être entendu à une bien plus grande distance que la parole, en raison de la plus grande régularité dans la succession des ondes électriques.

« J'ai expérimenté aussi, dit M. Preece, des câbles souterrains entre Manchester et Liverpool sur une longueur de trente milles, et je n'ai rencontré aucune difficulté dans la correspondance que j'ai échangée; il en a été de même sur le câble de Dublin à Holyhead, ayant soixante-sept milles de longueur. Celui-ci avait 7 fils conducteurs, et quand le téléphone était réuni à l'un des fils, on pouvait entendre la répétition des sons à travers tous les autres, mais à un degré plus faible. Quand les fils fonctionnaient avec les courants des appareils télégraphiques, l'induction était manifeste, mais elle ne suffisait pas pour empêcher les communications téléphoniques. »

ORGANISATION DES BUREAUX TÉLÉPHONIQUES

Nous avons indiqué précédemment le mode général d'organisation des bureaux téléphoniques destinés à mettre en rapport entre eux les différents abonnés d'une ville, et nous avons vu que chaque abonné avait une ligne spéciale aboutissant à un bureau central où des employés étaient chargés d'établir les communications électriques demandées. Pour effectuer facilement et méthodiquement toutes ces liaisons, il a fallu faire aboutir tous les fils des abonnés à des commutateurs d'une manipulation facile, et ces commutateurs ont reçu en Amérique le nom de *Switchs*. Ils sont ordinairement constitués par une double lame métallique percée d'un ou de deux trous dans lesquels on enfonce une cheville ou fiche adaptée à un conducteur flexible qui sert à effectuer les liaisons des commutateurs entre eux. Quelquefois ces plaques sont munies d'un disjoncteur de cir-

cuit dont nous expliquerons plus tard le but, et alosr elles prennent le nom de *Jack-knifs*. Elles sont du reste toutes rangées les unes à côté des autres par ordre de numéros, afin de pouvoir les retrouver plus facilement.

Pour que l'abonné puisse indiquer au bureau central ce qu'il veut, il faut nécessairement qu'il puisse faire fonctionner un appel, et nous avons vu que le meilleur appel était la sonnerie électrique; mais comme on ne pouvait affecter au service de chaque abonné une sonnerie spéciale, il a fallu employer un système analogue à celui des sonneries d'hôtels, c'est-à-dire n'avoir qu'une seule sonnerie pour tous les abonnés, et faire passer leur circuit respectif à travers un appareil indicateur, disposé de telle sorte que, par le fait même du mouvement de l'indicateur, un circuit local fût fermé à travers la sonnerie d'appel. On a essayé bien des formes de ces appareils indicateurs, mais celui auquel on s'est arrêté est une sorte de guichet vertical portant le numéro de l'abonné, lequel se trouve à l'état normal caché par une plaque retenue enclanchée sur l'armature d'un petit électro-aimant placé derrière le numéro, et qui en tombant sur un contact quand l'électro-aimant devient actif, ferme le courant local de la sonnerie d'appel. Ces indicateurs, de très petites dimensions, sont placés comme les plaques des commutateurs les uns à côté des autres et rangés dans l'ordre des numéros, et une liaison électrique les réunit isolément avec les plaques des switchs portant les mêmes numéros. Quant au complément des circuits, il varie suivant qu'on emploie un ou deux fils pour les différentes lignes des abonnés et suivant l'organisation des bureaux. Nous les indiquerons dans les descriptions que nous allons faire maintenant des différents systèmes de bureaux téléphoniques.

Bureaux de la Compagnie des Téléphones de Paris. — L'installation des bureaux téléphoniques de Paris

a naturellement suivi les différentes phases par lesquelles a passé la Compagnie elle-même. Dans l'origine, la Compagnie de la rue des Petits-Champs avait été fondée pour l'exploitation du système Gower, et naturellement toute cette installation a dû être faite dans l'hypothèse qu'aucune pile ne serait employée. Au contraire la Compagnie du système Edison, qui avait son siège avenue de l'Opéra, exploitait le système usité en Amérique, et avait une organisation se rapportant à l'emploi des piles. Quand les deux Compagnies se sont fondues, on a discuté longtemps le système définitif qu'il y avait lieu d'adopter, et on s'est décidé, comme nous l'avons déjà dit, à un système mixte combiné par MM. Brown, Lartigue et Berthon, mais en employant pour les abonnés des appareils d'Ader.

Aujourd'hui la Compagnie a dix bureaux à Paris, avec un bureau central qui est installé avenue de l'Opéra, n° 27, et dont l'organisation a été parfaitement combinée par MM. Brown, Lartigue et Berthon : c'est de ce bureau dont nous allons parler, et d'après la manière dont nous avons vu le service se faire, nous croyons qu'il ne laisse guère à désirer. Nous représentons figure 120 une des salles.

Ce bureau se compose essentiellement de 3 grandes pièces, dont une est constituée par les caves de la maison qui se trouvent précisément au-dessous de la salle où se font les liaisons électriques, et celle-ci est précédée d'une pièce formant boutique sur la rue, qui sert de bureau de renseignements, et où l'on vend en même temps les appareils exploités par la compagnie.

La pièce où se fait le service est une longue salle divisée longitudinalement en deux compartiments par une double cloison en bois, laissant entre les deux panneaux qui la composent un couloir d'une largeur suffisante pour qu'un homme puisse y travailler facilement. C'est par ce couloir que les fils des abonnés et ceux des autres bureaux pénètrent dans la pièce, et viennent se distribuer, des deux côtés, sur les commutateurs, indica-

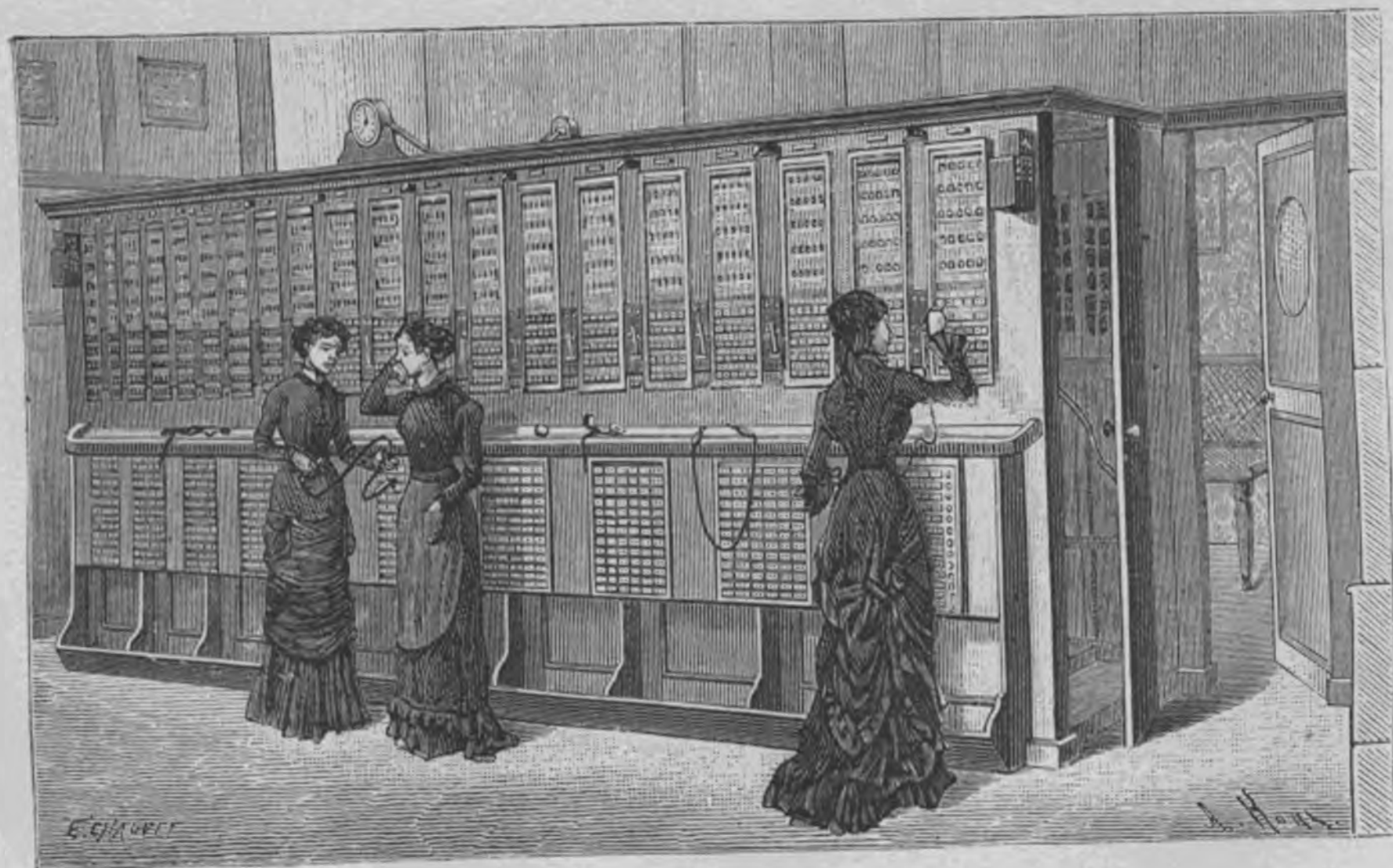


Fig. 120.

teurs, etc., qui sont appliqués extérieurement sur les panneaux des cloisons.

Dans le système adopté par la compagnie, les commutateurs ne sont pas sectionnés, c'est-à-dire divisés en groupes desservis par un employé spécial; ils sont, il est vrai, rassemblés par groupes de 25 dans des espèces de tableaux numérotés et accouplés par deux, mais leur service est effectué indistinctement par tous les employés. Il y a dans la longueur de la pièce, et de chaque côté, 25 tableaux de ce genre, qui sont placés parallèlement les uns à côté des autres, et qui sont eux-mêmes divisés, dans le sens vertical, en 3 zones : celle du haut comprend les indicateurs à plaques dont les numéros se suivent par ordre dans le sens vertical et qui sont placés comme les chiffres d'une table de multiplication, comme on le voit d'ailleurs dans la figure 120. La zone au-dessous renferme les commutateurs ou *switchs* qui sont disposés en *jack-knifs*¹ et dont nous donnons la disposition figure 122. C'est sur ces commutateurs qu'on effectue la liaison des abonnés entre eux. Enfin la troisième zone, celle du dessous, porte encore des jack-knifs, mais disposés pour les liaisons des abonnés qui doivent s'étendre aux autres bureaux de Paris, et pour la liaison entre eux de certains groupes de tableaux aux différents points du bureau.

Deux sonneries communes, installées aux deux extrémités de chaque compartiment du bureau, fonctionnent sous l'influence des indicateurs, et attirent l'attention des employés à chaque appel fait par les abonnés; mais il n'est pas besoin de cette sonnerie, car le bruit produit par la chute de la plaque des indicateurs suffit pour cela. Ces sonneries sont disposées de manière à faire peu de

¹ Ce nom a été donné, parce que, dans l'origine, le ressort de contact était disposé comme une lame de couteau, et que c'est un Français du Canada appelé Jack qui avait imaginé cette disposition.

bruit le jour; mais par un mécanisme très simple, combiné par M. Brown, elles peuvent réagir fortement sur un timbre pour le service de nuit, ce qui est nécessaire dans le cas assez fréquent où le service n'étant pas très actif, les employés peuvent s'endormir.

Entre les commutateurs des abonnés et ceux des liaisons des bureaux entre eux, se trouve un rebord saillant qui longe chaque cloison, et sur lequel on dépose les téléphones, pour la correspondance des employés avec les abonnés. Ces téléphones qui, pour la plupart, portent le transmetteur combiné au récepteur sur le même manche, comme dans les figures 60 et 121, sont naturellement pourvus des fils électriques nécessaires pour effectuer les communications avec l'abonné appelant, avec la pile et la bobine du poste. Cette dernière communication se fait sur des plaques particulières, placées entre les tableaux. Mais, en outre de ces téléphones portatifs que chaque employé a sur lui, il y en a de fixes, suspendus entre les tableaux, qui sont destinés à être appliqués sur l'oreille libre, quand on fait trop de bruit dans la pièce.

Les vingt-cinq tableaux de chaque compartiment du bureau ne sont pas tous appropriés aux liaisons directes des abonnés; il en est un certain nombre, quatre par compartiment, qui correspondent aux fils des différents bureaux de Paris, et un cinquième qui se trouve au milieu, qui relie les deux compartiments du bureau. Pour les désigner facilement à l'œil, on a placé au-dessus une sorte de prisme triangulaire, portant la couleur du bureau auquel il correspond. Ces couleurs sont le blanc, le bleu, le jaune et le noir. Le prisme du tableau du milieu porte trois bandes rouge, verte et brune, qui correspondent aux trois grands groupes de chaque compartiment, lesquels, pour être joints aux différents commutateurs, exigent la présence des tableaux inférieurs. Les autres tableaux sont numérotés par couples, depuis 1 jusqu'à 8, et s'échelonnent dans l'ordre suivant : 1, blanc. — 2, 5, bleu. —

4 (rouge, vert, brun). — 5, jaune. — 6, 7, noir. — 8. Les tableaux correspondant aux couleurs sont simples. Avec cette disposition, la liaison des commutateurs des abonnés avec les fils des bureaux peut s'effectuer directement quand ils sont dans le voisinage les uns des autres, mais quand ils sont à une distance plus grande que l'intervalle séparant trois tableaux, on doit avoir re-

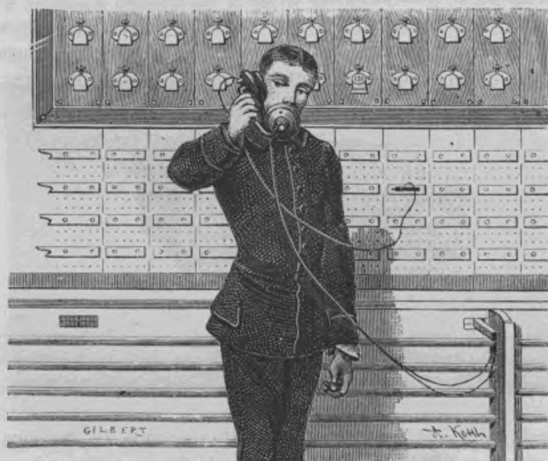


Fig. 121.

cours aux tableaux du dessous qui sont en nombre moitié moindre que celui des tableaux supérieurs, et placés de manière à ce que chacun se trouve compris entre deux de ces derniers tableaux.

Les tableaux en question (ceux du dessous) comprennent six rangées verticales de commutateurs qui s'échelonnent sur 15 lignes horizontales; les 4 premières de ces lignes désignées par les couleurs blanc, bleu,

jaune, noir, correspondent aux commutateurs des tableaux de même couleur dont nous avons parlé précédemment; les 8 lignes suivantes, portant les différents numéros depuis 1 jusqu'à 8, correspondent aux couples de tableaux portant les mêmes numéros, et enfin les 3 dernières lignes désignées par les couleurs rouge, verte et brune correspondent au tableau du milieu du compartiment. Les six commutateurs de chaque ligne sont reliés respectivement et dans le même ordre d'un tableau à l'autre et avec les tableaux supérieurs, de manière que les mêmes fils de chacun des différents bureaux se trouvent toujours placés à portée des différents commutateurs des abonnés,

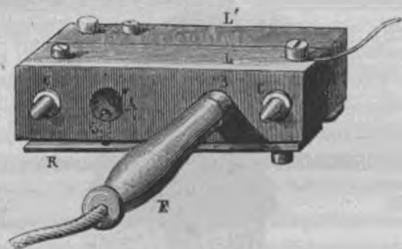


Fig. 122.

quelle que soit leur place. De cette manière, les liaisons deviennent faciles avec des fils courts. Comme il y a deux compartiments dans le bureau central de l'avenue de l'Opéra, il y a par le fait assez de commutateurs pour correspondre à 12 fils par bureau secondaire, et cela est plus que suffisant.

Pour rendre les liaisons plus simples et plus faciles, on a groupé ensemble, dans chaque tableau, les abonnés ayant les plus fréquents rapports, et l'expérience a montré que c'étaient ceux qui appartenaient à une même profession. Ainsi les notaires et gens d'affaires, les banquiers et agents de change, les commerçants et les industriels.

les journalistes et leurs imprimeries, les théâtres, les hôtels, etc., etc., forment autant de groupes occupant plus ou moins les différents tableaux réservés aux abonnés.

Avant d'aller plus loin dans notre description, nous devons indiquer la disposition du jack-knif employé dans les bureaux de Paris, et qui a été combinée par M. Brown. C'est une pièce de cuivre composée de deux plaques isolées l'une de l'autre L, L' (fig. 122), et qui sont mises en rapport, l'une avec la ligne de l'abonné, l'autre avec l'indicateur ou *annonciateur*, lequel est déjà en com-

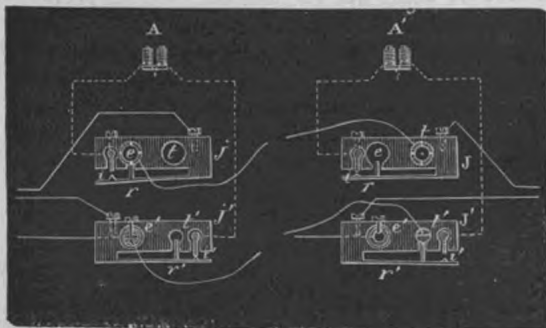


Fig. 125.

munication soit avec la terre, soit avec le fil de retour du circuit, quand on emploie deux fils. Ces plaques sont munies en dessous et dans le sens de leur épaisseur de deux lames de ressort R qui appuient en sens inverse, en temps normal, sur un contact dépendant du circuit local de l'indicateur, mais ce contact peut être coupé par une cheville d'ivoire G dont nous allons voir la disposition.

La double plaque dont nous venons de parler est percée de deux trous A,B dont le diamètre est différent d'une plaque à l'autre et qui sont destinés à recevoir, pour les liaisons, les fiches représentées en F. Ces trous sont

pourvus latéralement, dans l'épaisseur même des plaques, d'une petite ouverture dans laquelle est engagée la cheville d'ivoire G, dont la tête dépasse dans le trou, et qui, en appuyant séparément sur les ressorts R, peut les séparer de leur contact au moment où la fiche est enfoncée. Naturellement, ces chevilles correspondent à des plaques et à des trous différents. Ainsi la cheville qui correspond au ressort R de la plaque antérieure se montre dans le trou de gauche, et la seconde cheville, qui correspond au second ressort, se montre dans la partie la plus étroite du trou de droite qui est pratiqué dans la plaque de derrière. On peut facilement distinguer ces dispositions dans la figure 125, qui représente chaque commutateur dédoublé, les plaques du dessous représentant celles qui sont accolées derrière les plaques du dessus. Quand les lignes n'ont qu'un seul fil, un seul de ces disjoncteurs, celui de gauche, est utilisé, et il arrive qu'en établissant la communication électrique par le trou de gauche, on sépare l'annonceur de la ligne de l'abonné. Au contraire quand on l'établit par l'autre trou, l'annonceur est conservé, et il constitue une dérivation du circuit de l'abonné.

Les fiches F destinées à agir sur les *jack-knifs* sont composées de deux parties métalliques isolées l'une de l'autre et adaptées au même manche (voir figure 124). L'une d'elles, C, qui correspond à un des fils du cordon flexible, est enveloppée par l'autre C', dont elle est séparée par une bague en ébonite, et cette autre pièce C' correspond au second fil. Quand une fiche est enfoncée dans l'un ou l'autre des trous, le fil de l'abonné se continue à travers le cordon flexible pour regagner soit le téléphone portatif de l'employé du poste central, soit la ligne de l'abonné avec lequel la liaison est effectuée. Ces différentes liaisons sont indiquées, figure 125. Dans le cas où la ligne est composée de deux fils, les *jack-knifs* agissent par les deux ressorts disjoncteurs dont il a été

question, et pour peu qu'on suive les communications électriques sur la figure 123, on voit que quand les correspondants ne sont pas unis, le courant de l'abonné de gauche arrivant au jack-knif supérieur de gauche J , traverse par r l'annonceur correspondant A , et passe de là au jack-knif inférieur J' pour atteindre par lui et r' le fil de retour et revenir à la pile de l'abonné, car alors tous les ressorts des jack-knifs sont en contact avec leur contact isolé. Quand, au contraire, les communications sont établies entre les abonnés, comme sur la figure 125, les courants envoyés par l'abonné de gauche ne peuvent plus traverser l'annonceur A , mais ils passent par le fil de jonction e au jack-knif supérieur J de l'abonné de droite pour regagner, après avoir traversé le téléphone de celui-ci, le jack-knif inférieur du même côté J , et par le second fil de liaison t' , le jack-knif inférieur j' du côté gauche, d'où ils sortent pour regagner la pile de l'abonné de gauche; et il en serait de même, mais en sens inverse, si c'eût été l'abonné de droite qui eût transmis les courants. La marche de ces courants se devine, du reste, aisément, à l'inspection de la figure.



Fig. 124.

A Paris, le service des bureaux est fait le jour par de jeunes demoiselles qui s'en acquittent très bien, et la nuit par des jeunes gens. Ils n'ont pas de section spéciale qui leur soit affectée isolément, comme en Amérique. Tout le personnel est en expectative, attendant les appels sur un long banc placé en face des commutateurs, et lorsqu'une plaque tombe, la personne la plus voisine vient immédiatement la relever et se mettre en communication avec l'appelant, en reliant son téléphone avec le commutateur de celui-ci et la plaque du poste la plus à portée. Elle n'a pas du reste à chercher longtemps, car

les commutateurs des abonnés occupent, les uns par rapport aux autres, les mêmes positions relatives que les indicateurs. C'est dans le trou de gauche qu'elle doit placer la fiche du téléphone portatif, car par l'effet de l'enfoncement de cette fiche dans ce trou, la liaison de l'indicateur avec la ligne de l'abonné se trouve rompue ainsi qu'on l'a vu, et remplacée par la liaison de cette ligne avec le téléphone portatif. Dès lors, l'employé peut demander à l'abonné ce qu'il veut et recevoir sa réponse. Quand le nom ou le numéro du correspondant est indiqué, l'employé voit d'abord s'il peut effectuer directement la liaison avec les cordons de 1^m,50 qui sont à sa disposition, et cette liaison ne peut se faire qu'entre trois tableaux consécutifs au plus; mais si cette limite est dépassée, il faut avoir recours aux tableaux du bas dont nous avons indiqué précédemment la disposition. Dans tous les cas, l'employé doit commencer par appeler l'abonné auquel on veut parler, et cet appel s'effectue au moyen d'un interrupteur à friction et à 4 contacts qui existe entre les tableaux et que l'on tourne aussitôt qu'on a établi la communication avec le téléphone portatif. Après avoir crié *hallo, hallo*, on le prévient qu'il est invité à entrer en correspondance avec tel numéro. Dès lors, on opère la liaison des deux commutateurs avec un cordon flexible terminé par deux fiches que l'on enfonce d'un côté dans le trou de gauche du commutateur de l'appelant et de l'autre côté dans le trou de droite du commutateur de l'appelé, et la conversation s'établit entre les deux interlocuteurs jusqu'à ce que celui qui avait provoqué primitivement la liaison ait envoyé un second courant d'appel en faisant tomber sa plaque, ce qui prévient de la fin de la correspondance. Il n'y a pas en du reste jusqu'ici de temps limité pour cette correspondance.

Cet avertissement de la terminaison d'une conversation a été une des questions les plus délicates à résoudre, et

dans la disposition précédente, elle n'est encore qu'imparfaitement résolue, car, en plaçant la cheville de liaison de l'appelé dans le trou de droite de son commutateur, et en retirant celle de l'employé du trou de gauche, on remet l'électro-aimant de l'indicateur *A'* en liaison métallique avec le commutateur correspondant *J*, et dès lors, quand l'abonné parle à son interlocuteur, le courant qu'il envoie se bifurque au commutateur entre deux circuits : celui de l'indicateur et celui du correspondant, ce qui affaiblit par conséquent les effets produits. Cependant on parvient encore, malgré cela, à se faire entendre ; mais on a pu résoudre d'une manière plus complète le problème, en interposant dans le circuit de l'abonné un relais très peu résistant, qui alors réagit sur un circuit local dans lequel est interposé l'indicateur. Ce relais a été disposé d'une façon particulière par M. Ader, et nous en parlerons plus loin, mais il nécessite une disposition particulière des jacks-knifs et des fiches qu'on y enfonce. En ce moment, ce système n'est pas encore établi aux postes de la compagnie ; mais dans leur organisation, on a prévu le cas de leur emploi, et on laisse la place nécessaire pour l'adaptation des relais dont nous venons de parler.

Il est facile de comprendre que ce que nous venons de dire, pour la liaison des abonnés à l'intérieur d'un bureau, peut s'appliquer à la liaison des abonnés de bureaux à bureaux, de compartiments à compartiments : c'est le même mécanisme, et rien n'est plus facile. D'ailleurs, au bout de peu de temps, les employés connaissent si bien les abonnés et les commutateurs qui leur correspondent, qu'ils peuvent immédiatement les trouver, sans aucune recherche. Il est réellement curieux de voir la dextérité avec laquelle toutes ces opérations s'effectuent au milieu d'un bourdonnement de voix qu'on pourrait croire devoir tout embrouiller, et qui n'embrouille rien par le fait.

Nous n'avons pas besoin de nous arrêter sur le mécanisme de l'indicateur que l'on appelle maintenant *Annonciateur* du mot anglais *Anunciator*, par lequel il est désigné en Amérique. C'est, comme on le voit figure 125, un guichet G portant un numéro, devant lequel est appliquée une plaque articulée P, munie d'un contact bombé b. Cette plaque est accrochée sur une détente électro-magnétique c

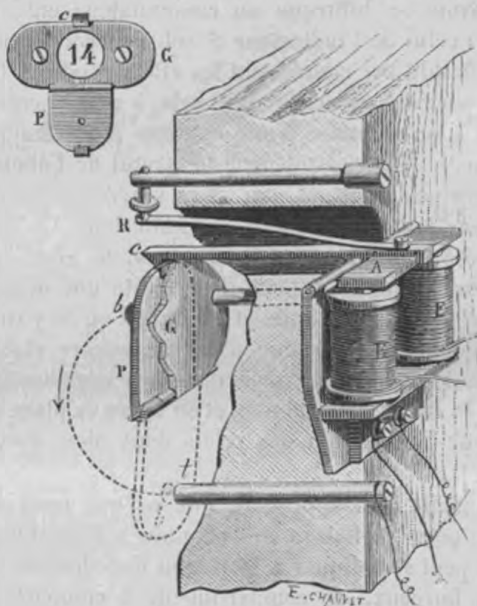


Fig. 125.

adaptée à l'armature A d'un électro-aimant EE placé derrière les cloisons qui portent les tableaux, et c'est derrière ces cloisons également, que viennent s'épanouir les fils des abonnés pour correspondre à leurs commutateurs respectifs, ainsi que les bobines d'induction des téléphones des employés, les relais Ader, et tous les fils de liaison des groupes de commutateurs entre eux et avec les commu-

tateurs des fils des bureaux. On comprend, dès lors, pourquoi il faut que le passage entre les deux cloisons soit assez grand, pour qu'on puisse y travailler à son aise, lors de la pose des fils et des réparations.

Les piles du poste sont en bas dans les caves, et se composent d'éléments Leclanché. On en emploie ordinairement deux par téléphone, mais ces piles doivent être en double, car on effectue leur changement toutes les demi-heures, afin d'éviter les effets d'une trop forte polarisation. La permutation s'effectue à l'aide de commutateurs à contacts multiples qui permettent d'obtenir la substitution par groupes, en tournant de simples manettes. En ce moment, cette manipulation est faite par un ouvrier, mais prochainement, on compte la faire automatiquement.

Nous allons maintenant examiner la manière dont les fils arrivent au bureau et sont mis en communication avec les commutateurs dont nous venons de parler. Ils sont maintenant, comme on le sait, souterrains, et traversent les égouts de la ville pour venir aboutir, au nombre de 5000 environ, au n° 27 de l'avenue de l'Opéra. Ils sont naturellement recouverts de gutta-percha et enveloppés, par faisceaux de 14, dans des tubes de plomb. Après avoir traversé le mur de la maison et avoir pénétré dans les caves, ils sont conduits par des espèces de caniveaux en bois, à deux chambres en planches, dont une est représentée, figure 126, et qui sont placées exactement au-dessous du bureau central. C'est dans ces chambres qu'ils s'épanouissent et qu'ils sont groupés, d'une manière convenable, pour être réunis ou aboutir aux commutateurs. Je dis « pour être réunis », car l'une des deux chambres est affectée aux fils qui, partant des différents bureaux secondaires de Paris, doivent fournir des liaisons directes d'un bureau à l'autre, et c'est au poste central que sont faites ces liaisons. Ces fils, ainsi reliés, sont en nombre variable suivant le nombre des abonnés

qui, relevant de ces bureaux, doivent être en correspondance entre eux. Ainsi, le bureau de la rue du Bac a 8 fils de liaison avec le bureau de la rue Logelbach, tandis que celui de la Villette n'en aura que deux avec le bureau de Passy. Le système de liaison des fils est d'ailleurs toujours le même, et, en conséquence, nous ne nous occuperons que de ceux de la première chambre.

L'épanouissement des fils dans les chambres se fait circulairement autour de grands trous pratiqués sur les 4 faces de chacune d'elles, et chaque fil aboutit à une plaque métallique formant serre-fil, devant laquelle est inscrit le nom de l'abonné et le bureau auquel appartient le fil. C'est sur ces plaques que sont greffés les fils de distribution qui vont aux commutateurs et qui sont réunis par faisceaux de manière à mettre ensemble, le plus possible, ceux des abonnés qui ont les plus fréquents rapports. Ces faisceaux se trouvent soutenus jusqu'au centre de la chambre, comme on le voit sur la figure 126, et à partir de là, ils s'élèvent verticalement par une espèce de cheminée pour aller regagner le petit corridor du bureau dont nous avons déjà parlé, et s'épanouir de nouveau sur les cloisons en se distribuant aux commutateurs. De cette manière, on peut suivre le fil de l'abonné depuis le bureau jusqu'à l'égout, et les réparations deviennent faciles. Les caves où se fait cette distribution des fils sont spacieuses, lambrissées et parfaitement assainies par une bonne ventilation et un échauffement au gaz, et constituent un bureau non moins bien installé que le bureau supérieur. C'est à la suite de cette cave que se trouve la salle des piles.

Les fils qui établissent les liaisons depuis les rosaces où s'épanouissent les fils des abonnés jusqu'aux commutateurs, sont isolés par un nouveau procédé qui a donné d'excellents résultats; ils sont recouverts d'une sorte de guipage noyé dans de la paraffine noircie. Cette substance a l'avantage de ne pas se gercer dans les intérieurs,

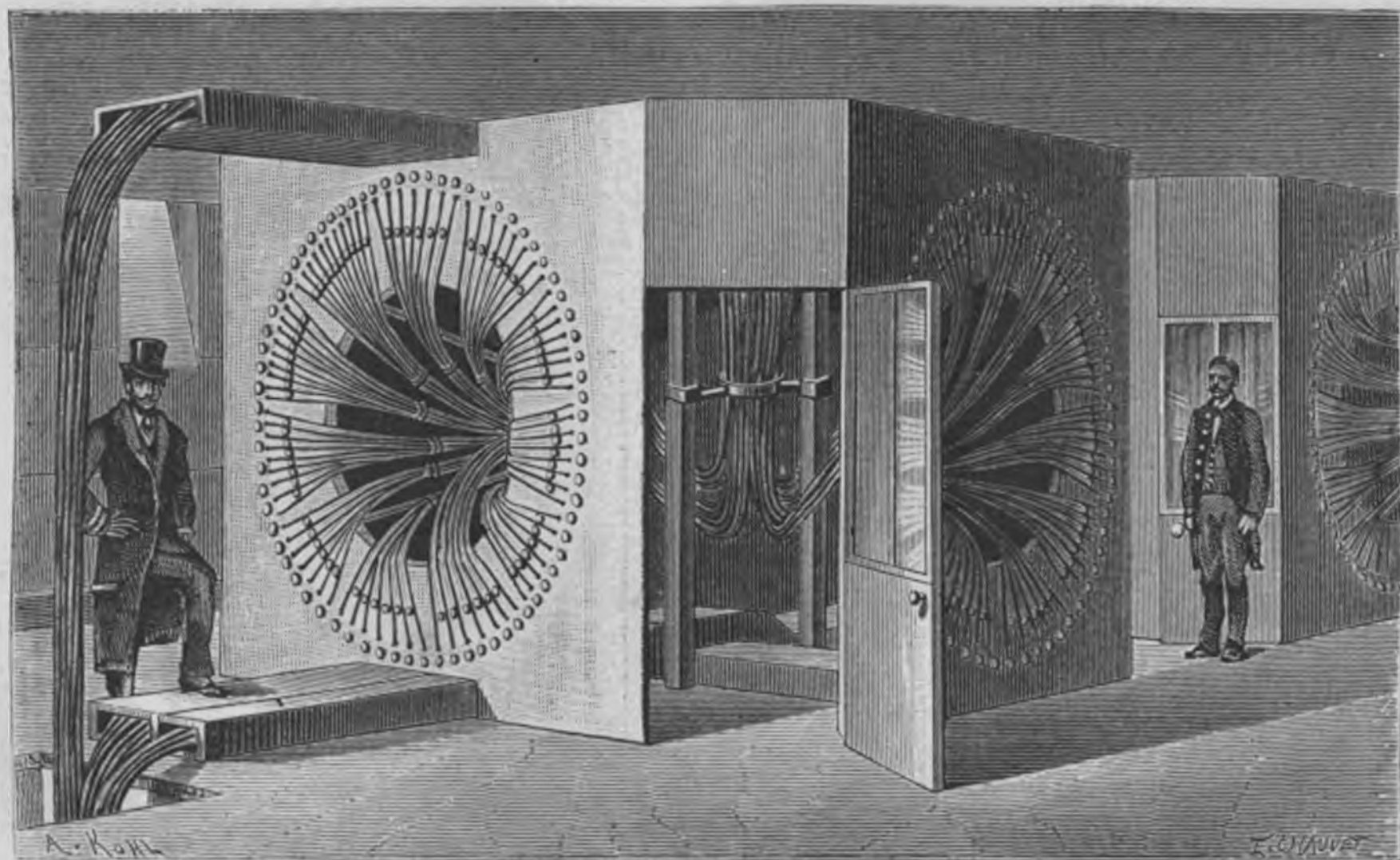


Fig. 126.

comme la gutta-percha, d'être malléable et de ne pas être dispendieuse.

Pour terminer avec cette description, nous devons ajouter que toutes les parois du bureau central sont capitonnées, afin d'amortir les sons, et sont recouvertes de molesquine, afin d'obtenir par le lavage un nettoyage facile. Tout a été parfaitement combiné et je crois qu'on peut citer ce bureau comme un modèle du genre.

Il existe, comme je le disais, 10 bureaux à Paris qui se trouvent situés : 4, rue Logelbach (parc Monceaux); 204 bis, boulevard de la Villette; 10, place de la République; 24 et 26, rue de Lyon; 20, avenue des Gobelins; 62, rue du Bac; 125, rue Lecourbe; 80, rue de Passy; 27, avenue de l'Opéra; 66, rue des Petits-Champs.

Celui de la rue des Petits-Champs, qui était l'ancien bureau central, a conservé ses fils aériens, et, en conséquence, les indicateurs ont dû être précédés par des paratonnerres. On a conservé également les commutateurs suisses primitivement employés, et leur manipulation n'est pas tout à fait la même que celle dont nous avons parlé. Nous en dirons quelques mots plus loin.

Aujourd'hui, le nombre des abonnés de Paris s'élève à 1500 et celui des employés à 80, mais ces nombres augmentent tous les jours. Nous ne parlerons pas de l'installation téléphonique des abonnés, car elle a été suffisamment décrite au chapitre des systèmes téléphoniques perfectionnés; elle peut, du reste, être aussi variée qu'on le désire, car on peut employer des systèmes téléphoniques différents pour correspondre au bureau central, et en ce moment tous les abonnés n'ont pas les mêmes appareils, ce qui est souvent une cause de réclamation; mais à mesure que la Société progresse, elle va successivement uniformiser son matériel, et les plaintes ne se renouvelleront plus.

Il nous reste maintenant à décrire le système de relais de M. Ader appliqué aux bureaux téléphoniques. Nous en

avons vu, page 529, l'opportunité, et il est probable que d'ici à peu de temps il sera mis en exploitation.

Le relais en lui-même consiste dans deux aimants en fer à cheval, AA, A'A' (fig. 127), disposés parallèlement l'un à côté de l'autre, et de manière à présenter les uns en face des autres des pôles de noms contraires. Une bobine très mince II est suspendue comme un pendule entre ces deux aimants, à hauteur des quatre pôles, et ceux-ci peuvent

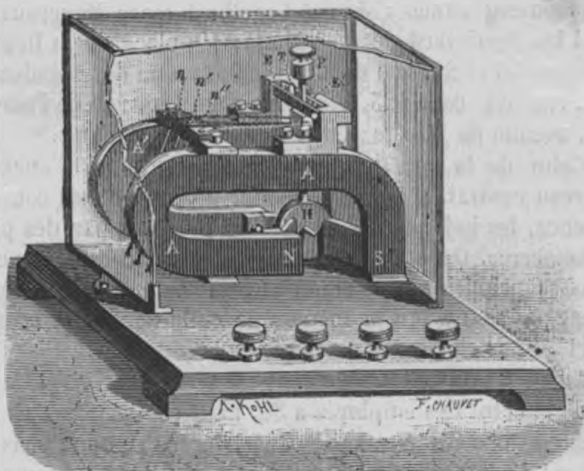


Fig. 127.

réagir sur elle, de manière à la faire osciller dans un sens ou dans l'autre, suivant le sens du courant qui la traverse. Un contrepoids P, fixé à l'extrémité de la bascule de suspension, permet de régler la puissance de la force antagoniste représentée ici par l'action de la pesanteur, et deux ressorts de contacts E, E', en rapport avec une pile locale et l'annonceur correspondant, effectuent la fermeture d'un circuit local à travers l'annonceur, aussitôt que la bascule s'incline dans un sens ou dans

l'autre, sous l'influence du courant transmis par l'abonné, et qui traverse l'hélice H. La pile locale peut d'ailleurs être commune à tous les circuits.

Chaque abonné a donc à l'extrémité de son fil un relais analogue à celui que nous venons de décrire, et quand la ligne téléphonique se compose de deux fils, comme cela doit être, pour éviter les effets des courants accidentels, le commutateur doit être disposé, par rap-

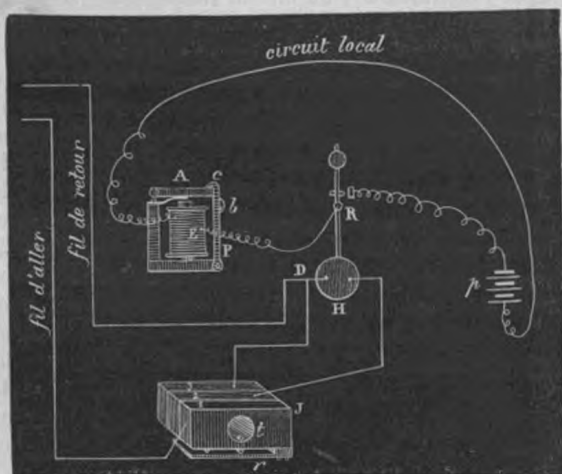


Fig. 128.

port aux autres appareils du poste central, comme l'indique la figure 128.

Le commutateur J, ou *Jack-knif*, doit être alors composé de 3 plaques isolées, et juxtaposées 1, 2, 3; l'une, celle qui est en avant, est en rapport avec l'un des fils du circuit de l'abonné; la seconde, avec l'une des extrémités de l'hélice H du relais; la troisième, avec l'autre extrémité de cette hélice et le second fil de l'abonné. Enfin le levier

de suspension de l'hélice du relais R correspond à l'annonceur A qui est lui-même relié aux contacts du relais par l'intermédiaire de la pile locale *p*. Dans ces conditions, les employés doivent faire usage de deux sortes de chevilles, ou fiches, que nous représentons figure 129, et qui ne diffèrent l'une de l'autre qu'en ce que la tige centrale est plus longue et plus mince dans l'une que dans l'autre, afin de relier la troisième ou la seconde plaque à la première, soit par l'intermédiaire du circuit téléphonique de l'employé, soit par le circuit du correspondant. Les commutateurs n'ont alors qu'un seul trou, comme dans le sys-

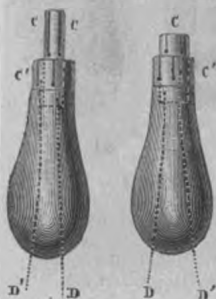


Fig. 129.

tème américain, mais ce trou change de diamètre à chaque plaque; de sorte que, quand on enfonce la fiche n° 1, on réunit la première et la troisième plaque, tandis que, quand on enfonce la fiche n° 2, on réunit la première et la seconde. De plus, le petit ergot en ivoire destiné, comme dans les autres jack-knifs, à soulever le ressort R, empêche la liaison directe de l'abonné

avec son relais, quand l'une ou l'autre des deux fiches est enfoncée dans le trou T.

C'est de la fiche n° 1 dont l'employé doit se servir quand il veut entrer en communication avec l'abonné. Cette fiche, en reliant directement la troisième plaque avec la première par l'intermédiaire du circuit de son téléphone, place le relais et l'annonceur en dehors du circuit, et la correspondance s'échange comme si l'employé était directement en communication avec l'abonné. Quand l'employé a effectué la jonction des deux abonnés par des fiches n° 2 enfoncées dans les trous des deux commutateurs, les circuits des abonnés n'en font plus qu'un

seul, et les courants transmis suivent la voie suivante : En partant de l'un des deux abonnés, il arrive dans la première plaque de son commutateur au bureau central, et de là regagne par le gros tube C' de la fiche et le fil souple qui lui correspond, l'autre fiche qui le conduit à la même plaque, puis à l'un des fils téléphoniques, et revient par l'autre fil à son relais, qui le conduit à la plaque du milieu de son commutateur, où la tige centrale C de la fiche le saisit pour lui faire suivre le même chemin à travers le commutateur et le relais du premier interlocuteur, et le conduire ensuite chez ce dernier. La conversation s'effectue alors à travers un circuit augmenté de la résistance des deux relais qui est du reste peu considérable, mais qui permet, quand elle est terminée, de lancer un courant capable d'actionner les relais et de déclancher les plaques des annonceurs, ce qui indique la fin de la conversation. En employant la fiche n° 1 pour le premier commutateur, et la fiche n° 2 pour le deuxième, on pourrait n'avoir qu'un seul relais dans le circuit, ce qui serait bien suffisant.

Un relais polarisé aurait pu résoudre le problème peut-être plus simplement, mais avec la disposition précédente, on évite les réglages et les effets du magnétisme rémanent.

Bureaux téléphoniques du merchant's telephone exchange de New-York. — Avant le jugement du procès Bell, plusieurs compagnies exploitaient la téléphonie en Amérique et avaient établi des bureaux sur une très grande échelle. L'un des principaux bureaux était établi à New-York, 198 Broadway, et nous en montrons l'aspect figure 150. On y voit des *switchman* (employés des commutateurs) occupés à établir les communications entre les abonnés et aux divers autres offices qui incombent à ce genre de télégraphie. Là, c'est un *switchman* correspondant avec un des abonnés qui a appelé; plus loin c'est

un autre employé occupé à relever un signal d'avertissement; en avant c'est un jeune employé qui vient chercher des fiches, et au premier plan un amateur qui vient voir toute cette organisation.

Dans cette administration, les abonnés sont munis du poste téléphonique représenté figure 59 et les *switchmen* entrent en correspondance avec les abonnés au moyen du système portatif que nous avons représenté figure 60, page 160.

Les différents *switchs* auxquels aboutissent les fils des abonnés et leur liaison avec les indicateurs présentent quelques différences avec le système que nous avons décrit précédemment. Car entre le *switch* et l'indicateur se trouvent un relais parleur et une clef Morse pour former un poste télégraphique, en cas de dérangement des appareils téléphoniques, et pour procéder aux premiers essais. La figure 151 page 545 indique ces dispositifs, et voici maintenant comment M. Ternant, dans son ouvrage sur les télégraphes, indique la manière dont se fait le service.

« Supposons que l'abonné 411, que nous nommerons Édouard, veuille correspondre avec l'abonné 151, que nous appellerons Léon : Édouard commence par appuyer plusieurs fois sur un petit bouton placé sur le côté droit du pupitre représenté figure 59. Comme le téléphone est suspendu, il en résulte que dans cette position, le courant de la pile d'Édouard traverse la ligne et actionne au poste central le petit électro-aimant de l'indicateur correspondant, dont la plaque se trouve déclanchée et tombée en faisant un bruit suffisant pour appeler l'attention de l'employé et découvrir le numéro 411. L'employé ainsi prévenu se met en communication avec Édouard, et la conversation s'engage alors en commençant par ce cri bizarre, mais paraît-il très commode : Hallo-Hallo.

« Édouard demande à l'employé de le mettre en correspondance avec le n° 151. Si ce numéro est libre en ce

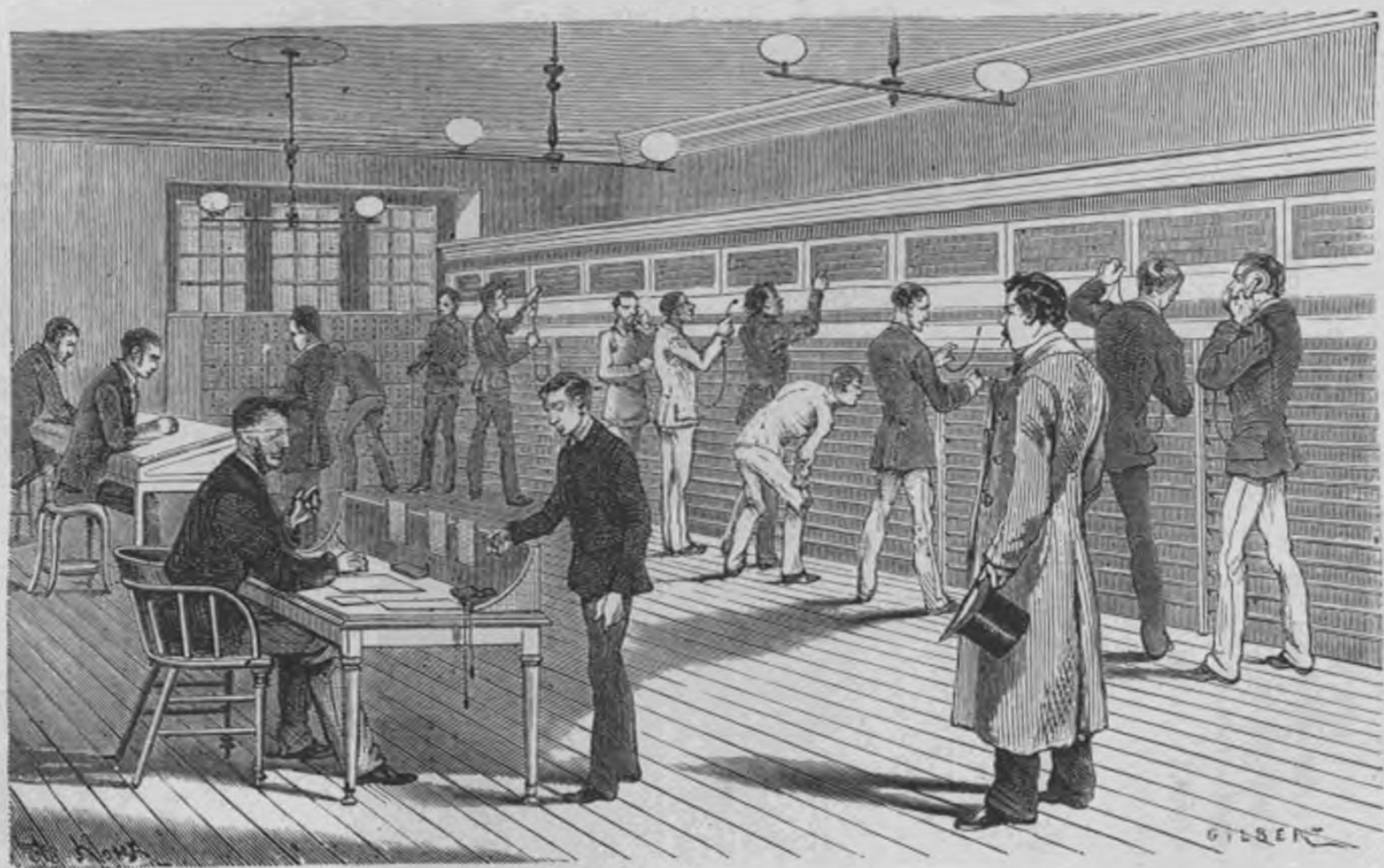


Fig. 150.

moment, l'employé appuie sur un bouton, après avoir relié le fil du 151 à ce bouton. La sonnerie de Léon fonctionne, et lorsque Léon l'entend, il appuie à son tour sur son bouton de sonnerie, ce qui a pour effet de faire découvrir le guichet correspondant à son numéro. En mettant alors un fil de communication directe entre les deux barres horizontales qui correspondent aux fils de ligne d'Édouard et de Léon, la communication directe entre ces deux cor-



Fig. 151.

respondants est établie. Si à ce moment on oblige l'employé à retirer son téléphone, la communication entre Édouard et Léon devient *secrète*. Si pendant que Léon et Édouard sont en conversation, le n° 42, que nous appellerons Jules, veut correspondre avec Léon, par exemple, l'employé peut se mêler à la conversation des deux interlocuteurs, comme le ferait un domestique venant annoncer un visiteur.

« La personne interpellée par l'employé peut donc répondre tout de suite ou faire annoncer à Jules dans combien de temps elle sera à ses ordres. S'il n'y a aucun inconvénient à ce que la conversation se fasse entre Édouard, Léon et Jules, on peut, en avisant l'employé, établir immédiatement une communication simultanée entre ces trois personnes. Cette manœuvre équivaut au *faites entrer* de la vie ordinaire.

« Signalons encore quelques dispositions de détail fort ingénieuses. Lorsque la conversation entre Édouard et Léon est terminée, ils accrochent chacun leur téléphone et appuient sur leurs boutons. Il en résulte que le numéro de chacun réapparaît au poste central, et l'employé sait alors que la conversation est finie entre les deux interlocuteurs. Il relève les plaques tombées, supprime la communication directe entre Léon et Édouard et tout est prêt pour un nouvel appel.

« Dans les postes où il y a 500 à 600 abonnés, on doit disposer les numéros par ordre dans des tableaux renfermant chacun 50 à 100 guichets. On emploie alors des commutateurs spéciaux pour faire communiquer les séries entre elles.

« A New-York, le bureau central ne fait pas moins de 6000 communications par jour, et tout se passe à la grande satisfaction des clients. Le téléphone est devenu pour ceux-ci aussi indispensable que les omnibus ou les tramways pour nous.

« Tous les mois on distribue aux abonnés la liste des souscripteurs par ordre alphabétique et par profession. Les listes de Philadelphie sont imprimées sous forme de répertoire, et il n'y manque même pas le trou à œillet nécessaire pour les suspendre en dehors du téléphone ; à Chicago, la liste forme déjà un volume. »

Bureaux de la district Telegraph Co de Chicago.

— Le journal *la Lumière électrique* a publié plusieurs

articles intéressants de M. C. C. Haskins superintendant d'une des compagnies téléphoniques de Chicago, sur l'organisation des bureaux téléphoniques en Amérique et sur un système qu'il a combiné de concert avec M. C. H. Wilson pour simplifier le service dans les bureaux où ces abonnés sont en grand nombre. Nous allons résumer ces communications en renvoyant le lecteur que cette question intéresse au tome I de ce journal, page 252, au tome II, pages 155 et 528, au tome III, page 225, et au tome IV, page 92.

Suivant les auteurs, les difficultés que l'on rencontre dans le service téléphonique, quand le nombre des lignes dépasse 400 à 500, dépendent du mode même des communications qui est bien différent de celui que comportent les systèmes télégraphiques. Dans ce dernier cas, on écrit la dépêche, on la paye et on la laisse à l'employé, qui l'expédie quand il le peut, sans que celui qui a intérêt à son envoi connaisse les retards qu'elle a subis dans sa transmission. Dans les correspondances téléphoniques, il n'en est pas de même, on est son propre expéditeur, et tout retard occasionne de l'ennui et de l'impatience. Il s'agit donc d'éviter ces retards par une manipulation prompte des *switch-boards*; mais là se présente une grande difficulté. C'est qu'on ne peut savoir à première vue si les lignes que l'on doit réunir ne sont pas déjà reliées ailleurs; or pour être facilement fixé à cet égard, il est nécessaire de prendre des informations, et MM. Haskins et Wilson ont trouvé plus simple de disposer les commutateurs de manière que par une simple épreuve sur ces commutateurs, on sache immédiatement à quoi s'en tenir. Voici comment le problème a été résolu.

Au lieu d'un seul tableau général (ou board) on en emploie plusieurs, et leur nombre est plus ou moins grand, suivant le nombre des abonnés et celui des employés du bureau central. A Chicago il y en a cinq en service, dont un se trouve en plus réuni à cinquante

tronçons de lignes destinées à faire communiquer les différents bureaux de district¹. Toutefois nous n'en avons représenté que trois sur la figure 152, qui indique la disposition générale du système.

Dans cette figure, les joncteurs de circuits ou *jack-knifs* auxquels correspondent les différentes lignes téléphoniques des abonnés, sont représentés en A, B, C, D, E, F, mais il n'y a que ceux du premier commutateur S_1 qui sont en rapport direct avec ces lignes, les autres n'en sont que la répétition sur les commutateurs S_2 , S_3 , et sont reliés aux premiers comme l'indique la figure afin de pouvoir diviser le travail et de faire facilement les épreuves pour les liaisons téléphoniques. On n'a représenté les liaisons de ces joncteurs entre eux que pour deux lignes d'abonnés seulement, celles qui aboutissent aux joncteurs A et B; toutefois il est facile de comprendre qu'elles seraient les mêmes pour tous les autres. Ici nous n'avons indiqué que six joncteurs par tableau, mais en réalité il y en a un bien plus grand nombre, et à Chicago on en compte 800 divisés en séries; de sorte que chaque tableau renferme 800 joncteurs ou *jack-knifs*. Chacun de ces appareils est constitué par une plaque métallique percée de 2 trous propres à recevoir des chevilles adaptées à l'extrémité de conducteurs flexibles mis en rapport avec les fils de réunion des lignes. Ces plaques sont disposées de manière que, en enfonçant une de ces chevilles ou fiches dans l'un ou l'autre des trous qu'elles portent, le circuit qui se trouve en temps normal fermé sur cette pièce, soit coupé et rétabli dans une autre direction, correspondant au fil auquel est attachée la cheville.

La disposition de cette plaque, à laquelle, comme je le disais, on a donné le nom de *jack-knif*, est représentée

¹ Il y a neuf de ces bureaux à Chicago, outre le bureau central, et chacun d'eux à un réseau de fils qui y convergent.

en grand figure 155. C'est une plaque fendue inférieurement dans son épaisseur, et qui porte, repliée comme la lame d'un couteau dans son manche, une lame N, articulée en R, dont un bout appuie contre la pointe d'un vis de contact P, et l'autre bout est pressé par un ressort O. Cette plaque est solidement fixée sur une planche adaptée au mur au moyen de boulons à écrous, et tous les boards ou tableaux sont reliés en temps normal les uns avec les autres, d'une série à l'autre, par les contacts P. Toutefois, ces liaisons sont rompues si on introduit dans l'un ou l'autre des trous de la plaque M une cheville, car alors la lame N n'appuie plus contre P, puisque la cheville se trouve alors avoir abaissé la lame N. Si on examine la marche du courant envoyé par un abonné à travers tous ces commutateurs sur la figure 1, on voit par exemple qu'à partir du premier board S_1 , il passe de la plaque

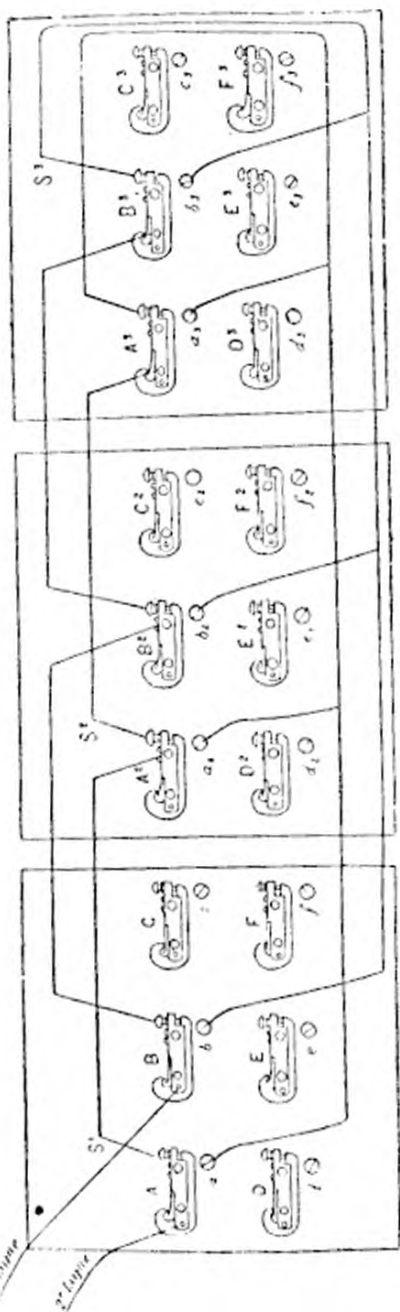


Fig. 152.

M au contact isolé P pour regagner le deuxième board S_2 , et le troisième S_3 , et ainsi de suite jusqu'au dernier board de la série, d'où il revient sur ses pas et se trouve alors aboutir à des têtes de vis ou plaques d'épreuve placées au-dessous de chaque plaque, et dont nous verrons à l'instant les fonctions. Pour ne pas s'embrouiller dans toutes ces communications, on a donné à la partie du circuit correspondant aux plaques M, le nom de *main circuit*, ou circuit principal, et à l'autre partie le nom de *try circuit*, ou circuit d'épreuve. Les lignes et leurs joncteurs respectifs M sont désignés par les lettres A, B, C, et les fils auxiliaires qui s'y rapportent, par les lettres *a*, *b*, *c*, etc. Le complément de ce *try circuit* est une *cheville d'épreuve* adaptée à l'extrémité d'un fil

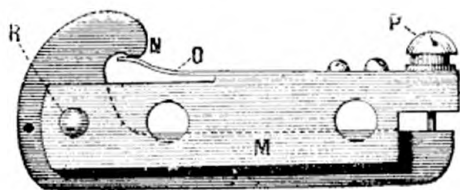


Fig. 155.

flexible qui correspond à une batterie et à la terre, par l'intermédiaire d'un appareil avertisseur, et avec laquelle on touche la plaque d'épreuve (*try plate*) pour s'assurer si le courant passe ou ne passe pas.

Il est facile de voir par l'inspection de la figure 152 que quand l'un des contacts P est séparé des lames N par l'insertion d'une cheville dans l'un des boards de la série, le *try circuit* correspondant est interrompu, et alors l'application de la cheville d'épreuve sur la *try plate*, ne fournit aucun signal. Au contraire, si tous les contacts P touchent les lames N, le courant de la batterie d'épreuve trouve toujours un chemin par un circuit complété par le *try circuit* et le circuit principal, jusqu'au switch-

board S_1 , d'où il passe à la terre chez l'abonné après avoir traversé la ligne.

Dans ces conditions, l'appareil aux signaux peut donc annoncer que la ligne est libre, soit sur l'un, soit sur l'autre des boards d'une des séries, et alors l'employé ainsi prévenu au bureau central, peut indiquer, au moyen d'une sonnerie placée à l'extrémité de la ligne chez l'abonné, que la ligne est libre. Le switchman n'a plus dès lors qu'à remplir ses fonctions, et si un autre switchman veut employer la ligne pour le service d'un autre abonné, il se trouve prévenu de la même manière par le *try circuit* que la ligne est occupée.

Avec ce système, le travail ordinaire des switchmen varie suivant les bureaux, à cause des épreuves que l'on a à faire de la ligne; mais les principes généraux sont toujours les mêmes, et comme l'épreuve de la ligne est toujours nécessaire, ils en contractent facilement l'habitude.

D'après la disposition indiquée sur la figure 152, chaque fil a son circuit ouvert au bureau central quand il n'est pas en fonction, puisque la ligne se termine aux têtes de vis ou plaques d'épreuve du *try circuit* sur les boards. Pour que les appels des abonnés soient reçus, il faut donc qu'ils soient transmis par un fil particulier, et ce fil a reçu le nom de *calling line* (ligne d'appel).

Aux bureaux de l'American District Telegraph Company de Chicago, on s'est servi pour cela des fils déjà existants et des appareils d'appel primitivement employés pour le service des télégraphes de quartier. Il a suffi d'ajouter à ceux-ci deux signaux de plus, c'est-à-dire les signaux *telephone use*, *telephone through*, le premier indiquant que le bureau central est requis, et le second que l'abonné a fini et peut être isolé de la ligne. Ce système télégraphique ne se rapportant pas directement à la téléphonie, nous n'en parlerons pas ici, nous dirons seulement qu'à Chicago la plupart de tous les appels des

abonnés sont reçus de cette manière, et par l'intermédiaire de fils séparés; mais quand on n'a à sa disposition qu'une seule ligne pour les signaux d'appel et l'échange des correspondances verbales, on peut employer les systèmes représentés figures 154 et 155.

Dans le premier de ces systèmes, les appareils commutateurs sont en tous points semblables à ceux qui sont représentés figure 152. Seulement un relais à armature polarisée est interposé dans une dérivation entre la ligne et la terre, et c'est lui qui actionne l'appareil d'appel. Cette dérivation est adaptée sur le fil de ligne à son entrée sur le premier board, et une résistance de

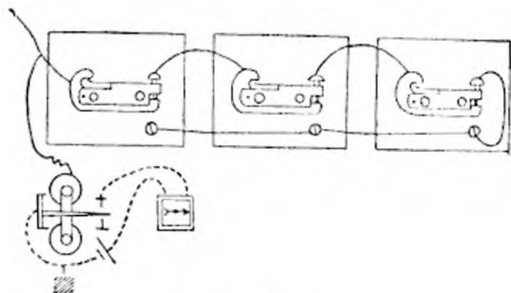


Fig. 154.

500 ohms est ajoutée à celle de cette dérivation. Sans doute cette dérivation écoule, au moment des correspondances, une certaine quantité d'électricité, mais l'expérience a montré que cet écoulement ne produit pas de perturbations fâcheuses dans les correspondances téléphoniques, en raison des courants induits qui actionnent les téléphones, et qui étant alternativement renversés et instantanés, n'affectent pas le relais polarisé, du moins quand la dérivation présente la résistance que nous avons indiquée.

La seconde combinaison est représentée figure 155. C'est une modification du *try circuit* combinée de manière à

produire les mêmes effets qu'avec la disposition de la figure 154, mais sans intervention de la dérivation.

Les commutateurs sont toujours les mêmes que ceux de la figure 152, mais les plaques d'épreuve correspondant au *try circuit* et qui constituent les *try plates*, sont remplacées par de petits ressorts de cuivre, et le *try circuit*, au lieu d'être embranché à chaque *try plate*, est relié d'abord à un manipulateur K, qui correspond au circuit principal sur le board S_3 , et à chacun des manipulateurs de la série par le butoir supérieur qui limite son mouve-

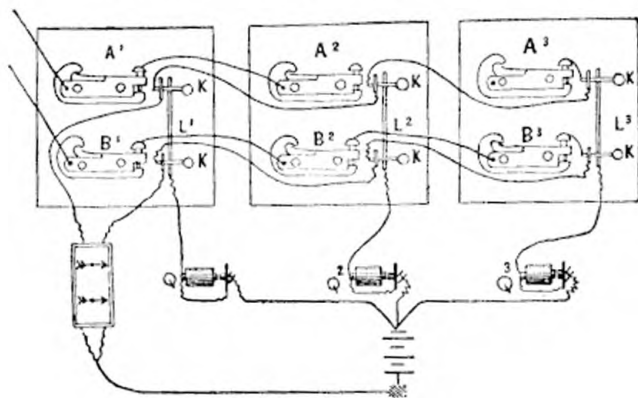


Fig. 155.

ment ascendant. Du butoir supérieur du manipulateur K correspondant au circuit principal du board S_1 , le *try circuit* passe au tableau indicateur des appareils pour la réception des signaux, et, de là, se termine à la terre, complétant ainsi le circuit de l'abonné au bureau central.

Les butoirs inférieurs des manipulateurs K, K, K sont constitués par des bandes métalliques appliquées devant chaque board et réunies à la terre à travers des relais à signaux et une batterie d'appel. L'insertion d'une cheville dans l'un des boards de la ligne, ouvre le *try circuit* comme dans le premier système, et si on abaisse alors un

des manipulateurs placés dans ce *try circuit*, aucun courant ne pourra passer, mais il n'en sera pas de même si ce board est resté dans son état normal. L'abaissement du manipulateur aura pour effet de faire circuler le courant de la batterie à travers le relais et à travers la ligne, pour prendre terre à l'extrémité de cette ligne.

Si donc en abaissant l'un des manipulateurs, le relais se refuse à répondre, on pourra conclure que la ligne est occupée ailleurs; mais si au contraire il parle, on introduira immédiatement la cheville de liaison dans l'un des trous du board correspondant, et la ligne peut se trouver réunie à un autre par un conducteur flexible.

« Le *modus operandi* pour la réponse aux appels, dit M. C. C. Haskins, est pour Chicago le suivant. L'abonné A dont le signal d'appel en appelant la ligne 25 est 226, met le pointeur de son télégraphe de quartier sur le signal *Telephone use*, et tire le levier de déclenchement: l'enregistreur télégraphique du bureau central commence à fonctionner et imprime le signal -- -- ----- —, qui est suivi du numéro de l'appareil qui a appelé. Ce numéro étant inscrit sur la liste des abonnés à côté du nom de celui auquel il se rapporte, on voit qui appelle et qui est appelé. Un autre numéro de la même liste indique le numéro du switch-board qui correspond à celui qui est appelé, et un switchman reçoit de celui qui est préposé à ce contrôle, un ticket sur lequel ces diverses indications sont inscrites. Il vérifie la ligne 226 de la manière qui a été indiquée précédemment, et si elle est libre, il introduit immédiatement dans le commutateur la cheville de communication de son appareil d'appel, et demande à l'abonné ce qu'il veut. En général, l'abonné ainsi appelé n'est pas longtemps à répondre. Par le même procédé, on vérifie si la ligne de M. B. demandé par M. A. est libre, et dans ce cas, on lui fait un appel. Alors l'employé, après avoir prévenu les deux abonnés, fait réunir leurs lignes par le switchman, qui établit alors la liaison

des deux boards au moyen d'un conducteur flexible dont il fixe les chevilles dans les trous des jack-knifs, pendant que l'autre employé retire le sien. Il a soin auparavant de s'assurer si les communications sont bien établies. Le signal qui indique la fin des communications téléphoniques est le même que celui qui en annonce le commencement; seulement, comme ce signal est placé après l'autre, il est suivi de deux barres au lieu d'une seule après le numéro de la boîte, de sorte qu'il devient
 ----- — — . Sur cet avis, le switchman retire les chevilles des deux boards, et la rupture du circuit est accomplie.

« Quoique les tickets soient employés pour empêcher les erreurs de se produire, la plupart des appels sont reconnus au son par les switchman, et il n'est pas rare de voir l'abonné recevoir sa réponse avant que le signal envoyé du bureau central lui soit parvenu. Moins d'une minute est nécessaire pour effectuer les liaisons, et s'il se passe plus de trois minutes, on peut supposer qu'il y a des recherches à faire. »

Bureaux téléphoniques avec appareils sans piles.

— Avant son organisation actuelle, le bureau central de la compagnie des téléphones de Paris était installé avec des appareils Gower qui n'exigeaient aucunes piles, pas même pour les appels, et il a fallu, en conséquence, organiser des appareils indicateurs fonctionnant sous l'influence seule des courants induits déterminés par les appels des Gower. Le bureau de la rue des Petits-Champs était alors disposé comme l'indique la figure 156. Chaque employé était chargé d'un certain nombre de lignes et avait un petit compartiment à lui, au fond duquel se trouvaient les plaques commutateurs et les indicateurs. Le téléphone Gower, au moyen duquel se faisaient les appels et la correspondance provisoire avec les abonnés, était accroché sur la cloison séparant chaque compartiment.

Les commutateurs étaient reliés à un commutateur général placé au fond de la salle, et sur ce commutateur se faisaient les liaisons des différents groupes; un surveillant, placé au milieu de la salle, indiquait aux employés à quels commutateurs ils devaient avoir affaire pour effectuer les liaisons.

A cette époque, on employait comme commutateurs le système connu sous le nom de *commutateur suisse*, appareil très usité en télégraphie, et les indicateurs étaient disposés comme on le voit figure 157. Ces indicateurs, imaginés par M. Ader, étaient très ingénieusement combinés, et résolvaient ce problème qu'on aurait pu croire insoluble : *déterminer le déclenchement d'une plaque sous l'influence des vibrations microscopiques fournies par le diaphragme d'un téléphone sans pile*. Voici comment on y est parvenu : chaque indicateur était muni d'un système électro-magnétique AA, figure 158, disposé dans le système Hughes, et l'armature était constituée par une lame de ressort R fixée d'une manière rigide par une de ses extrémités; cette lame portait à son bout libre une petite ouverture dans laquelle était engagé le crochet C d'une détente fixée à l'extrémité d'une bascule LX en équerre, et cette bascule, articulée en X, portait du côté opposé au bras de détente, un autre bras sur lequel pouvait réagir un contrepoids M et qui se terminait par un disque sur lequel était écrit le mot *répondez*. Quand le dégagement s'effectuait, ce disque apparaissait dans une fenêtre pratiquée sur le couvercle de la boîte qui renfermait l'appareil, comme dans les systèmes d'appel des sonneries domestiques.

Pour faire en sorte que le crochet de la détente C pût sortir facilement de l'ouverture dans laquelle il était engagé, la partie qui formait détente était entaillée en plan incliné et l'enclenchement n'était effectué que par le frottement déterminé sur ce plan incliné par la partie aigüe de l'ouverture servant de butoir. Tant qu'il ne se

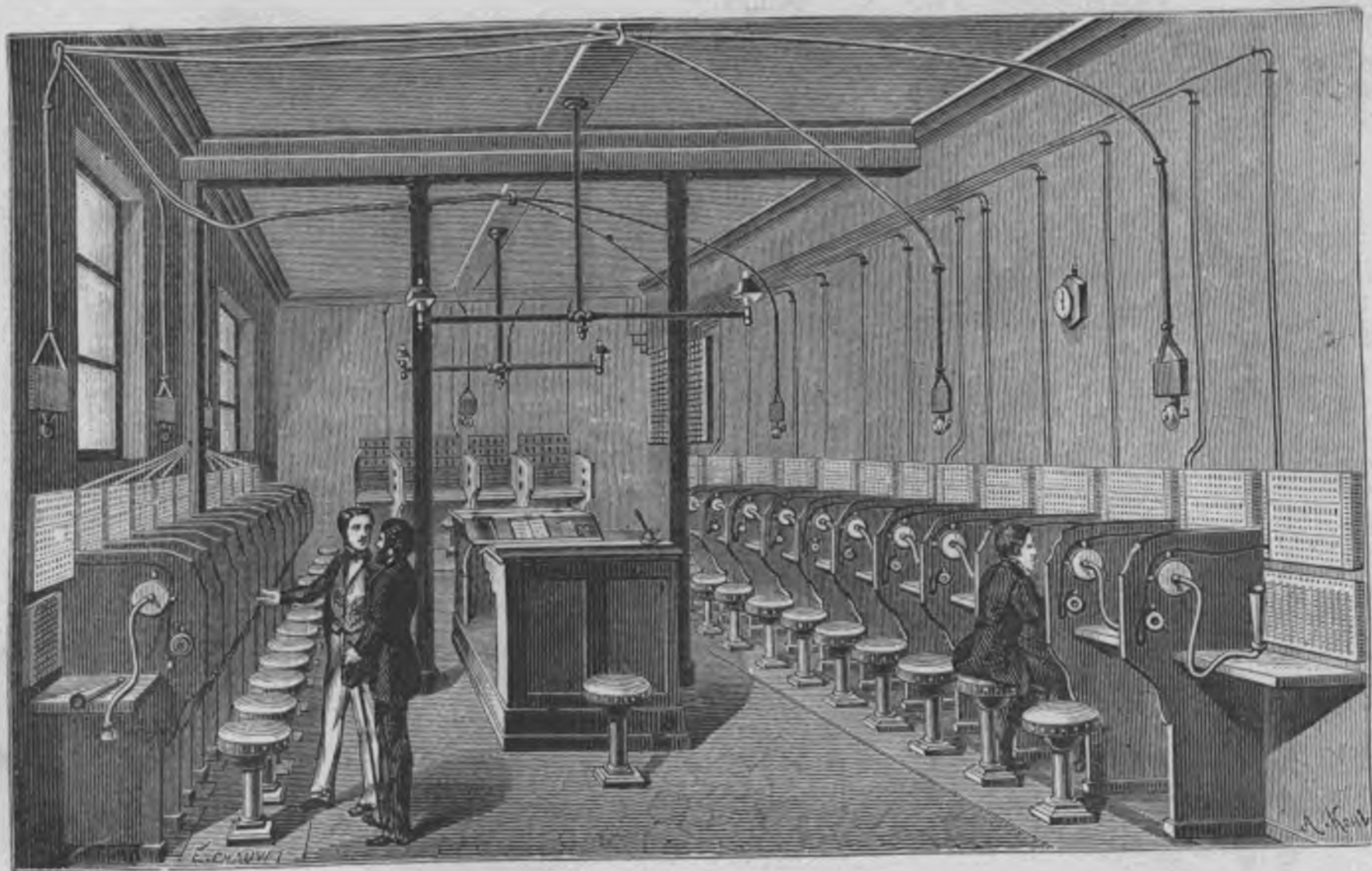


Fig. 156.

produisait aucune vibration dans le ressort, l'enclenchement se maintenait, mais, dès qu'une petite vibration se produisait, la partie aiguë du butoir accomplissait des mouvements de va-et-vient infiniment petits qui produisaient sur le plan incliné l'effet d'un cliquet d'impulsion

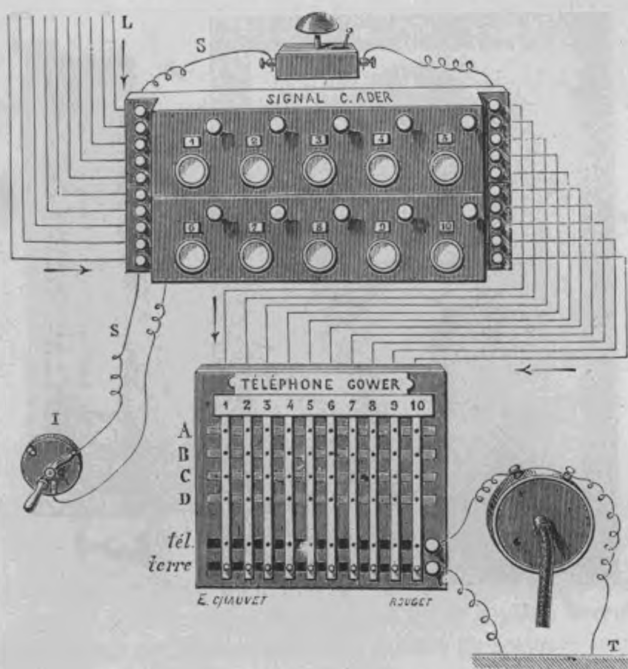


Fig. 157.

sur une roue à rochet, et finissaient par le pousser successivement hors de l'ouverture, et, dès lors, le déclenchement s'effectuait, laissant apparaître dans le guichet le signal *répondez*.

Pour obtenir ce résultat, il suffisait de souffler dans le téléphone Gower comme pour faire l'appel, et les cou-

rants qui étaient transmis étaient alors assez forts pour provoquer des vibrations microscopiques qui, en additionnant leurs effets, arrivaient à déterminer une action mécanique suffisante; mais il fallait pour cela que le ressort R vibrât à l'unisson du son émis par la plaque du

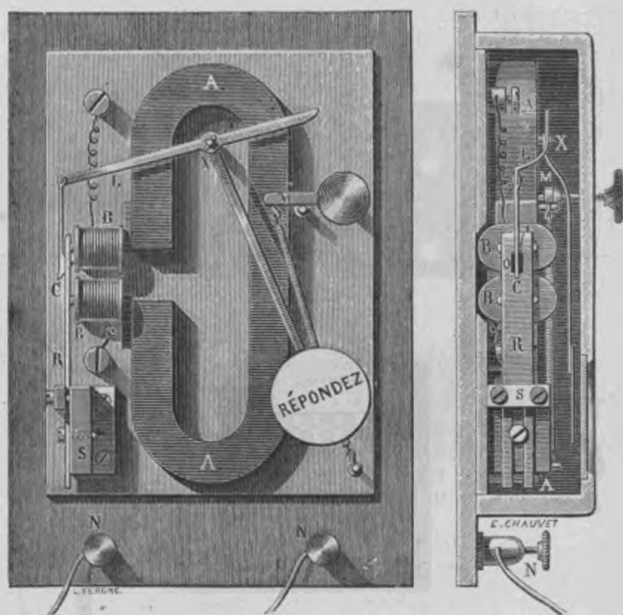


Fig. 158.

téléphone. Cet effet cependant ne se produisait pas sous la seule influence de l'émission de la parole.

Le problème a pu être encore résolu d'une manière plus satisfaisante en rendant droite la surface de détente du crochet C et en inclinant le ressort armature R, comme on le voit sur le dispositif de droite de la figure 159. Dans ces conditions, le ressort R accomplit, sous l'influence de l'action de l'aimant, des mouvements arqués qui réagissent

sur la partie droite du crochet comme un cliquet d'impulsion sur une crémaillère. C'est, du reste, toujours la même action qui est en jeu, et il suffit pour s'en convaincre de jeter les yeux sur les deux dispositifs de la figure 159. Avec le dernier système, le ressort R peut être substitué à l'une des bobines de l'aimant A, et par conséquent se trouve fixé sur l'un des pôles de cet aimant sous l'inclinaison voulue.

Avec cette dernière disposition on a pu simplifier le dispositif du signal. On a simplement fixé sur l'axe de

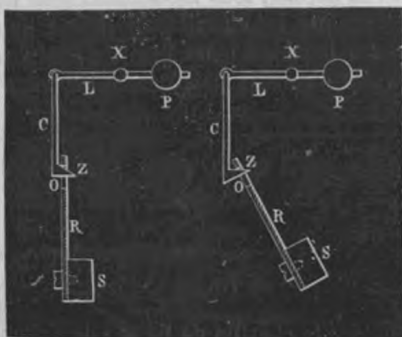


Fig. 159.

rotation du levier de détente le disque-signal qu'on a divisé en secteurs noirs et blancs et qu'on a placé derrière une glace circulaire également divisée en secteurs transparents et noirs pouvant coïncider avec ceux du disque. Quand l'appareil de détente était accroché, les secteurs noirs du disque correspondaient aux secteurs translucides de la glace et aucun signal n'apparaissait, mais aussitôt que le déclenchement était effectué, les secteurs blancs apparaissaient et indiquaient un appel. Les numéros des abonnés auxquels correspondaient ces différents indicateurs étaient d'ailleurs gravés au dessous de chaque

plaque, de sorte qu'il ne pouvait y avoir confusion. La figure 140 représente ce dispositif.

Dans le système que nous décrivons actuellement, chaque abonné est représenté, sur les commutateurs suisses, par une bande verticale de métal portant son numéro, et les bandes horizontales de ces mêmes commutateurs, placées derrière leur planchette de bois, se correspondent toutes entre elles, sauf les deux du bas représentées en noir sur la figure 157 qui établissent la communication avec la terre ou avec le téléphone de l'employé. A l'état normal, tous les abonnés sont réunis à la bande de terre par les chevilles de liaison que l'on enfonce dans ces bandes à leurs points d'intersection avec les bandes des abonnés; mais quand l'appel a eu lieu,

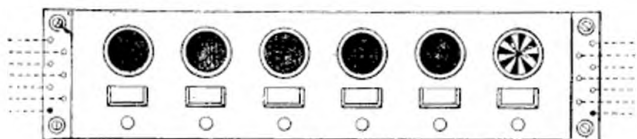


Fig. 140.

l'employé enlève la cheville de liaison de l'abonné qui a appelé pour la reporter sur la seconde bande, et alors il se trouve en communication directe par son téléphone avec l'abonné et peut recevoir ses ordres. Si le correspondant appelé a son fil dans le même compartiment que l'appelant, l'employé n'a qu'à retirer la cheville de terre de ce correspondant et la reporter sur la bande marquée *Tel*, et alors il peut à son tour l'appeler et correspondre avec lui. Il n'a plus dès lors qu'à enfoncer les chevilles des deux interlocuteurs sur une même ligne horizontale pour effectuer leur liaison, et le poste central ne communique plus avec eux; les signaux d'appel seront alors effacés sur les indicateurs, et lorsque la conversation sera terminée, les abonnés souffleront dans leur téléphone

pour faire apparaître de nouveau les signaux des indicateurs qui annonceront qu'ils ont terminé. Comme pendant la conversation échangée entre les interlocuteurs dont nous venons de parler, il peut y en avoir d'autres à réunir et que leur liaison ne peut se faire par la même bande métallique, on comprend pourquoi il est nécessaire d'en avoir un certain nombre de rechange, et c'est pour cela qu'il y a plusieurs bandes horizontales au commutateur.

Si l'abonné appelé n'est pas dans le même compartiment que l'abonné appelant, l'opération est un peu plus compliquée; l'employé commence d'abord par savoir à quel groupe il appartient, ce qui lui est indiqué par la valeur de son numéro, et fait savoir à l'employé de ce groupe la demande qui est faite. Celui-ci regarde d'abord quelle est celle des bandes horizontales de son commutateur dont il peut disposer pour la liaison, et après avoir prévenu l'abonné intéressé, il fait savoir à l'autre employé qu'il va réunir l'abonné demandé à telle bande libre du commutateur, et le premier employé n'a qu'à effectuer pareille liaison de l'abonné appelant avec la bande indiquée. Mais il faut alors qu'un troisième employé effectue la liaison des deux compartiments par la bande convenue, ce qu'il fait sur un commutateur spécial dit *général* qui est en dehors des autres.

Naturellement, après chaque terminaison de conversation, les employés replacent les chevilles des interlocuteurs sur la bande de terre, pour les mettre en situation de faire de nouveaux appels.

Autres systèmes. — On a cherché dernièrement à perfectionner ces divers systèmes, et nous représentons figure 141 une disposition combinée par M. Gilliland, de la *Western Electric Co.*, qui a figuré à l'Exposition de 1881 et qu'on prétend réunir beaucoup d'avantages en ce sens qu'avec 100 switches on pourrait obtenir toutes les combinaisons nécessaires pour les liaisons de 1000 abonnés.

On voit dans la figure une vue de face de l'un des tableaux de ce système; sa largeur est de 55 centimètres et sa hauteur 1^m,65. A la partie supérieure sont, comme dans les autres systèmes, les indicateurs des abonnés avec leur plaque tombante, et à la partie inférieure les *jacks-knifs* correspondants et qui sont au nombre de 50. Audessous se trouve une tablette portant 10 fiches qui contiennent en outre deux rangées de boutons, composées, l'une de 5 boutons, l'autre de 4 groupes de doubles boutons. Les 10 fiches sont disposées elles-mêmes de manière que 5 d'entre elles fournissent des liaisons simples et les 5 autres des liaisons doubles. Les fiches d'un même groupe ont des cordes de couleurs différentes, et au milieu de chaque corde est suspendu, par l'intermédiaire d'une poulie, un poids qui, en les maintenant tendues, les empêche de se mêler. Cinq relais à indicateur appelés *clearing out relay*, indiquent d'ailleurs la fin de la correspondance entre les abonnés. Voici maintenant comment s'effectue la manœuvre de ce système.

Un abonné, par exemple le n° 15, fait un appel; cet appel fait tomber la plaque correspondante de l'indicateur, et l'agent de la station place une fiche quelconque dans le commutateur 15, en interrompant par cette action la communication de ce commutateur avec la terre. Il abaisse alors celui des boutons de la rangée des 5 boutons simples correspondant à la fiche enlevée, et il peut dès lors correspondre avec le n° 15. Supposons que ce dernier demande à être mis en relation avec le n° 51. L'employé prend la seconde fiche qui communique avec la corde déjà employée et la place dans le commutateur 51. Les deux abonnés sont alors reliés directement entre eux, mais sans que le n° 51 en soit encore informé. Dans le système actuel, c'est ou l'abonné du 15 qui appelle directement son correspondant, ou la station centrale qui se charge de cet appel. Dans le dernier cas, la station centrale se sert des deux boutons de la rangée à 10 bou-

tons qui correspondent à la corde employée. En pressant

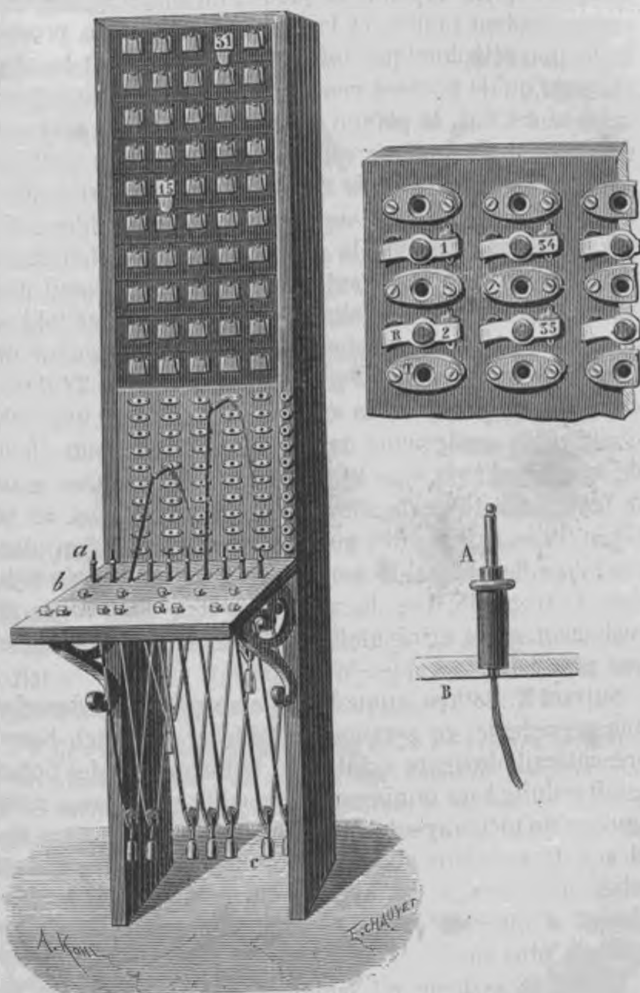


Fig. 141.

le bouton de droite, elle appelle le n° 51; en pressant le

bouton de gauche, elle pourrait appeler le n° 15. Quand l'abonné n° 51 répond, la plaque du clearing out relay correspondant tombe, et la station centrale en pressant le bouton téléphonique, informe simultanément les deux abonnés qu'ils peuvent commencer leur entretien. Quand celui-ci est fini, la plaque du clearing out relay retombe de nouveau et indique que la communication peut être enlevée. L'on peut établir à la fois cinq communications semblables entre les 59 abonnés d'un même tableau. S'il y a plusieurs tableaux, la communication se fait directement d'un tableau à l'autre, comme s'il s'agissait d'un même tableau. Si l'on doit combiner le premier tableau avec un autre assez éloigné pour que la longueur des cordes ne suffise plus, si par exemple l'abonné 22 désire entrer en communication avec le 405, on place une fiche d'une corde quelconque dans le trou 22 et l'autre fiche de la même corde dans le premier trou qui se trouve sur le bord à droite de la section des jacks-knifs, et au tableau 9 qui contient les numéros de 401 à 450, on place aussi une fiche dans le trou 1 du bord, et l'autre fiche dans le trou 405. Les deux abonnés sont ainsi reliés directement, et les manipulations ultérieures sont les mêmes que plus haut.

Suivant M. Rothen, auquel nous empruntons la description précédente, ce système de tableau en switch-board présenterait plusieurs avantages : la manœuvre des fiches serait réduite à un minimum, le meuble serait assez petit pour qu'un même agent pût facilement desservir trois tableaux. Quand deux abonnés d'un même tableau seraient reliés entre eux, il n'y aurait plus qu'un seul électro-aimant d'intercalé dans le circuit, ce qui rendrait les contacts plus sûrs.

Quand le système est employé avec des courants de machines magnéto-électriques, l'on ne peut plus faire, il est vrai, marcher la sonnerie en poussant simplement un bouton. Dans ce cas, il faut un appareil acces-

soire, sorte d'inverseur de courant qui, sous la pression d'un bouton d'appel, envoie des courants inverses sur la ligne.

Dans un autre système également exposé par la Western Electric Co, on trouvait des modèles de switchs, dont nous représentons un fragment dans la partie droite de la figure 141, dans lequel chaque commutateur d'abonné était accompagné en dessous d'un interrupteur à la fois disjoncteur et conjoncteur qui permettait d'effectuer immédiatement l'appel des abonnés sans aucune autre manœuvre. Il serait un peu long d'expliquer ce dispositif qui ne paraît pas, du reste, avoir été appliqué; de sorte que nous nous bornerons à le signaler.

Nous devons encore signaler un système qui a figuré à l'Exposition d'électricité de 1881 et qui a été combiné par M. Connolly; il a pour but de supprimer les employés du bureau central et de les remplacer par de grands commutateurs électro-magnétiques qui, étant manœuvrés directement et électriquement par les abonnés, établissent d'eux-mêmes les communications électriques.

Voici la description que M. Rothen donne de cette installation dans le *Journal télégraphique* de Berne du 25 décembre 1881.

« Pour que l'abonné puisse établir lui-même toutes les communications directes qu'il désire, son dispositif téléphonique est accompagné d'un appareil à cadran, à mouvement d'horlogerie muni d'une aiguille indicatrice qui à l'état normal pointe sur zéro. Le cadran a autant de numéros qu'il y a d'abonnés sur le réseau et à côté de chaque numéro se trouve un trou. S'il s'agit par exemple de se mettre en communication directe, au moyen du mécanisme de la station centrale avec l'abonné n° 17, il suffit de placer une fiche dans le trou correspondant au n° 17. Cette opération déclenche le mouvement d'horlogerie qui fait marcher l'aiguille, et quand celle-ci est arrêtée à 17, la communication directe se trouve établie, et l'abonné n'a plus qu'à appeler son correspondant. Voilà pour

la manœuvre au domicile de l'abonné, voici maintenant l'effet qui se produit à la station centrale. Dans cette station chaque ligne a deux électro-aimants dont l'un est polarisé. C'est à ce dernier qu'arrive directement le courant de ligne. Or, si le courant est établi par le mouvement de l'aiguille, il a une direction opposée à celle du courant engendré par la pression du bouton d'appel. Le courant envoyé par l'aiguille actionne l'électro-aimant polarisé dans ce sens que le mouvement de son armature ferme un fort courant qui passe par le second électro-aimant. L'aiguille, en passant devant les numéros du disque, émet à chaque numéro un courant dans la ligne. Ces courants entraînent à la station centrale la rotation d'un disque horizontal tournant autour d'un axe vertical qui porte autant de disques qu'il y a d'abonnés, chaque abonné ayant son disque spécial. Autour des disques il y a également autant de tiges verticales mobiles que d'abonnés. Quand le disque de l'abonné d'où émane l'appel est arrivé à la position voulue, il fait contact avec la tige de l'abonné 17 ; en même temps la terre se trouve exclue, et les pièces de contact des tiges vers les disques sont pour les deux tiges en question mises hors de portée ; de sorte que si pendant la communication des deux abonnés un tiers veut entrer en relation avec l'un ou l'autre d'entre eux, il ne peut le faire parce que son disque ne peut plus atteindre les tiges de ceux-ci. La communication entre deux abonnés étant ainsi établie, l'on peut appeler avec le bouton. Le courant émis ayant un sens inverse ne peut plus influencer l'électro-aimant simple et par son intermédiaire le disque. Quand la conversation est finie, l'abonné appelant place sa fiche sur le zéro du cadran, l'aiguille marche en avant jusqu'à ce qu'elle ait atteint la fiche et le tout reprend la position normale.

« L'installation centrale exposée à Paris ne desservait que huit stations d'abonnés, mais malgré ce réseau restreint aux plus simples conditions, le mécanisme était déjà si compliqué qu'il fallait une étude minutieuse de plusieurs heures et nombre d'explications verbales pour saisir le jeu de la multitude des pièces en mouvement. A quoi arriverait-on lorsqu'il s'agirait de desservir au moyen d'une installation pareille des centaines d'abonnés ? Le mécanisme, certainement, est très ingénieux, et nous pouvons constater qu'en notre présence cette petite sta-

tion centrale, avec son groupe de huit stations d'abonnés, a très bien fonctionné, mais en serait-il de même en travaillant sur de véritables lignes ? Les difficultés n'augmenteront-elles pas hors de proportion avec l'accroissement du nombre d'abonnés ? Nous ne pouvons pas dissimuler que le succès nous paraît très douteux. »

En Suisse, les installations des bureaux téléphoniques établies par M. A. de Wurstemberger se rapprochent un peu du système primitivement employé à Paris rue des Petits-Champs. Les commutateurs ou *schwitschs* sont constitués par les commutateurs suisses disposés pour 50 abonnés et appliqués séparément sur des espèces de pupitres au-dessus desquels s'élèvent des planchettes verticales où sont fixés les indicateurs, qui ne sont d'ailleurs autres que ceux employés en Amérique. Chaque employé a son pupitre, et le système téléphonique avec lequel il doit entrer en correspondance avec les abonnés est disposé d'une manière fixe à portée de son oreille et de la bouche, comme dans le système Edison que nous avons représenté page 159. Ce sont des téléphones Bell ordinaires qui servent de récepteurs et des microphones de Blake ou de Theiler qui servent de transmetteurs. Les fils sont aériens et les piles sont des éléments Leclanché et Callaud. On en emploie 4 éléments par ligne d'abonné, mais ils sont disposés de manière à ne former que deux éléments d'une surface double. Les sonneries sont à deux timbres et fonctionnent sous l'influence de courants magnéto-électriques, ce qui permet de pouvoir appeler simultanément jusqu'à 4 abonnés quand le cas se présente. Aujourd'hui les villes de Bâle, de Berne, de Zurich et de Genève sont pourvues de ces systèmes téléphoniques, et on en est si satisfait que les autres villes vont avoir aussi, d'ici à peu de temps, leur organisation téléphonique. Le prix de l'abonnement est beaucoup plus abordable qu'en France, car il n'est que de 150 francs au lieu de 600.

APPLICATIONS DU TÉLÉPHONE

Les applications du téléphone sont beaucoup plus nombreuses qu'on l'aurait pensé à première vue. Au point de vue du service télégraphique, son usage ne peut être évidemment qu'assez restreint, puisqu'il ne laisse pas de traces des dépêches transmises et que sa vitesse de transmission est moins grande que celle des télégraphes perfectionnés, mais il est une foule de cas où son emploi peut être précieux, même comme système télégraphique, car pour le faire fonctionner il n'est pas besoin d'une éducation télégraphique spéciale. Le premier venu peut transmettre et recevoir avec le téléphone, ce qu'on ne pourrait certainement pas faire avec les appareils télégraphiques, même les plus simples. Aussi ce système est-il employé maintenant pour le service des établissements publics et industriels, pour les services des mines, pour les travaux sous-marins, pour la marine militaire, surtout lorsque plusieurs vaisseaux marchent de conserve dans les mêmes eaux et à la remorque les uns des autres, enfin pour les opérations militaires, soit pour les transmissions d'ordres à divers corps d'armée, soit pour les correspondances à échanger dans les écoles de tir. En Amérique, le service des télégraphes municipaux et des télégraphes privés à l'intérieur des villes est effectué de cette manière, et il est probable que ce système va se généraliser en Europe. Déjà en Allemagne, un service de cette nature est établi depuis l'automne 1877 aux bureaux télégraphiques de certaines villes, et le Post-Office de Londres l'a établi en Angleterre. Il est à supposer que le réseau municipal de notre administration française sera un jour ou l'autre desservi ainsi. Mais indépendamment

des services qu'il peut rendre comme appareil de correspondance, les effets téléphoniques peuvent être d'un grand secours aux services télégraphiques eux-mêmes, en fournissant un moyen des plus simples pour obtenir un grand nombre de transmissions télégraphiques simultanées à travers un même fil, qui peuvent même être doublées par une association en *duplex* avec des télégraphes Morse. Ses applications sous la forme de microphone sont incalculables, et le proverbe qui dit que *les murs ont des oreilles* pourra devenir de cette manière matériellement vrai. On est effrayé des conséquences que pourrait avoir un organe aussi indiscret. MM. les diplomates devront évidemment redoubler de réserve, et les tendres confidences ne pourront plus se faire avec le même abandon. Y gagnera-t-on? Nous n'osons le croire, mais en revanche, le médecin pourra peut-être en tirer parti un jour pour étudier ce qui se passe dans notre corps.

Comme instruments de recherches scientifiques le téléphone peut être rangé au nombre des plus importants, car comme on l'a vu, on a reconnu que c'était l'organe le plus sensible pour révéler la présence des courants électriques les plus faibles. L'un des principaux instruments qui ont été la conséquence de cette découverte a été la balance d'induction de M. Hughes qui a permis non seulement de reconnaître la nature chimique des corps conducteurs que l'on y expose, mais encore leur état physique et moléculaire. Cette balance combinée d'une certaine manière a pu constituer même un excellent explorateur chirurgical, pour reconnaître les points occupés par des projectiles enfoncés dans les chairs, et pour apprécier même la profondeur à laquelle ils ont pénétré. Le sonomètre propre à mesurer le degré de délicatesse de l'ouïe a été encore une dérivation du téléphone, et il est même un complément nécessaire de la balance d'induction. Pour les recherches physiologiques, pour l'étude

des poissons électriques etc., le téléphone est aujourd'hui d'un usage continuuel et MM. Warren de la Rue et Spottiswoode s'en servent pour leurs études sur les décharges d'électricité statique. On a encore eu l'idée de l'appliquer à la mesure de la torsion de l'arbre moteur des machines en mouvement, à la surveillance de la ventilation dans les mines, à la constatation des bruits précurseurs des tremblements de terre, à la détermination de la position du méridien magnétique, aux avertissements de l'approche des navires dans le voisinage des torpilles, au contrôle de l'état du circuit de ces torpilles. Enfin on a appliqué avec succès le téléphone aux écoles de tir et aux manœuvres militaires et maritimes. A Chicago, en Amérique, le téléphone est devenu l'accessoire inséparable des télégraphes de quartier, et la police s'en sert journellement pour communiquer avec les bureaux de police en cas de rixes, de troubles, d'accidents ou d'incendie. C'est encore un progrès que nous avons à réaliser en Europe.

Comme on le voit, peu de découvertes ont produit en si peu de temps des résultats plus importants et plus imprévus, et si l'on considère que la téléphonie a donné naissance à la *radiophonie*, cette autre merveilleuse découverte qui a en quelque sorte matérialisé la lumière en la faisant agir mécaniquement, on peut dire qu'il est aujourd'hui impossible de nier qu'un phénomène physique ne puisse être produit, quelque invraisemblable qu'il puisse paraître à première vue. Ainsi on nous annonce que nous pourrons un jour *voir par le télégraphe*. Nous aurions ri autrefois d'une telle prétention, et aujourd'hui nous sommes réduits à dire : cela est bien extraordinaire, mais cela pourra être. Nous avons même de bonnes raisons de croire que la chose n'est pas impossible. Que de chemin fait depuis quelques années en dehors du domaine du scepticisme et de l'incrédulité!!!

Applications aux usages domestiques. — Nous avons vu que le téléphone pouvait être employé avec beaucoup d'avantages aux services des établissements publics et privés ; ils sont en effet d'une installation beaucoup moins dispendieuse que les tubes acoustiques, et peuvent s'appliquer dans des cas où ceux-ci ne pourraient jamais être employés. Grâce aux avertisseurs dont nous avons parlé, ils présentent les mêmes avantages, et la liaison des appareils entre eux peut être beaucoup mieux dissimulée. La différence du prix d'installation est d'ailleurs environ dans le rapport de 1 à 7.

Pour ce genre d'application, les téléphones magnéto-électriques sont évidemment ceux auxquels on doit donner la préférence, car ils ne nécessitent pas de pile et sont toujours prêts à fonctionner. On les emploie déjà dans la plupart des bureaux des ministères, et il est probable que d'ici à peu de temps ils seront l'accompagnement des sonneries électriques pour le service des hôtels et des grands établissements publics et privés ; on pourra même les employer dans les maisons particulières pour donner des ordres aux domestiques éloignés ou aux concierges qui, par leur intermédiaire, pourront éviter aux visiteurs la fatigue de monter inutilement plusieurs étages. Dans ce cas, ces appareils devront être accompagnés de commutateurs et de boutons d'appel dont la disposition se devine du reste aisément.

Dans les établissements industriels, les téléphones remplaceront évidemment prochainement les systèmes télégraphiques déjà installés dans beaucoup d'entre eux. Ils pourront alors servir non seulement à la transmission des ordres ordinaires, mais encore aux services de secours en cas d'incendie, et ils feront partie intégrante des divers systèmes déjà établis dans ce but.

Applications aux services télégraphiques. — Les avantages que le téléphone peut rendre aux services

télégraphiques sont, comme nous l'avons déjà dit, assez restreints, car au point de vue de la célérité de la transmission des dépêches il aurait évidemment une moindre valeur que beaucoup de nos appareils télégraphiques actuellement en usage, et les dépêches qu'il fournirait ne seraient pas susceptibles d'être contrôlées. Néanmoins, dans les bureaux municipaux peu chargés de dépêches, il pourrait présenter des avantages, en ce sens que l'on n'aurait pas besoin de former des employés. Mais sur les lignes un peu longues, son emploi serait évidemment moins avantageux. Le *Journal télégraphique* de Berne a publié à cet égard des considérations d'un grand intérêt sur lesquelles nous appellerons l'attention du lecteur et qu'il résume ainsi :

« 1^{re} Pour transmettre une dépêche avec tous les avantages que comporte le système, il faudrait que l'expéditeur pût parler directement au destinataire sans l'intermédiaire d'employés. Et tous ceux qui connaissent l'organisation des réseaux savent que cela n'est pas possible, qu'il faut nécessairement des bureaux intermédiaires de dépôts, et que le public ne peut être admis dans les bureaux de transmission et de réception ; par conséquent l'expéditeur devra remettre sa dépêche écrite.

« 2^{re} L'employé une fois chargé de ce soin, l'appareil a déjà perdu un de ses principaux avantages, car cet employé va lire la dépêche et devra la prononcer à son correspondant ; mais si cette dépêche est écrite dans une langue étrangère, cela devient évidemment impossible.

« 3^{re} Enfin, aujourd'hui, les administrations possèdent des instruments qui permettent d'exprimer les dépêches avec une vitesse plus grande que celle qu'on obtiendrait en les expédiant par la voix. »

Cependant on a installé en Allemagne, dans différents bureaux télégraphiques, un service téléphonique, et au 1^{er} décembre 1878, il y en avait deux cent vingt où ce système de transmission de la pensée était appliqué. Pour qu'on puisse comprendre les avantages qu'on peut y trouver, il suffira de se reporter à la circulaire admi-

nistrative qui a créé l'établissement de ces services. Voici cette circulaire :

« Les bureaux qui seront ouverts au public pour le service des dépêches téléphoniques en Allemagne seront considérés comme des établissements indépendants; mais ils seront en même temps rattachés aux bureaux télégraphiques ordinaires, lesquels se chargeront de la transmission, sur leurs fils, des télégrammes envoyés au moyen du téléphone.

« La transmission aura lieu d' la manière suivante : le bureau qui aura un télégramme à expédier invitera le bureau de destination à mettre l'appareil en place. Dès que les cornets auront été ajustés, le bureau de transmission donnera le signal de l'envoi de la dépêche verbale.

« L'expéditeur devra parler lentement, d'une manière claire et sans forcer la voix; les syllabes seules seront nettement séparées dans la prononciation; on aura soin surtout de bien articuler les syllabes finales et d'observer une pause après chaque mot, afin de donner à l'employé récepteur le temps nécessaire à la transcription.

« Lorsque le télégramme a été reçu et transmis, l'employé du bureau de destination vérifie le nombre de mots envoyés; puis il répète, à l'aide du téléphone, le télégramme entier, rapidement et sans pause, afin de constater qu'aucune erreur n'a été commise.

« Pour assurer le secret des correspondances, les instruments téléphoniques sont installés dans des locaux particuliers, où les personnes étrangères au service ne peuvent entendre celui qui envoie la dépêche verbale, et il est interdit aux employés de communiquer à qui que ce soit le nom de l'expéditeur ou celui du destinataire.

« Les taxes à percevoir pour les dépêches téléphoniques sont calculées à tant par mot, comme sur les lignes télégraphiques ordinaires. »

Les bureaux téléphoniques se multiplient du reste tous les jours dans les différents pays; ainsi, au mois de mai 1879, on en avait créé vingt-quatre dans l'Alsace-Lorraine, et du 15 au 25 mai, cinq autres stations ont encore été créées en Allemagne; pendant le mois d'août il a en-

core été créé dans ce pays vingt et un bureaux. Enfin, dans le *Journal officiel* français du 9 octobre 1879, nous voyons que six cent quatre-vingt-cinq localités qui n'étaient pas considérées comme assez importantes pour avoir des stations télégraphiques, seront pourvues de bureaux téléphoniques, et se trouveront par conséquent en communication avec le réseau général. Nous ignorons ce qui est advenu de cette décision.

On a eu l'idée d'employer le téléphone pour vérifier la perfection des joints dans les lignes télégraphiques. Il est certain que si le joint est bon on n'entendra pas de bruits anormaux, du moins des bruits autres que ceux qui résultent des courants accidentels; mais si le joint est mauvais, les contacts imparfaits qui auront lieu alors, détermineront des variations d'intensité électrique qui se traduiront par des sons plus ou moins marqués que l'on percevra dans le téléphone.

Dernièrement, M. Mauborgne, électricien attaché au chemin de fer du Nord, a eu l'idée de substituer le téléphone au galvanomètre pour s'assurer du bon état des circuits correspondant aux appareils de signaux électriques. Les réactions produites sur l'aiguille des galvanomètres par toutes les pièces en fer qui encombrant les abords des chemins de fer, en rendaient souvent les indications incertaines, et les vents très forts provoquaient de la part de ces instruments des mouvements insolites qui nuisaient aux observations. Il fallait d'ailleurs les orienter, attendre l'immobilité de leur aiguille, ce qui entraînait des pertes de temps qui pouvaient être préjudiciables. Avec le téléphone, l'opération s'effectue de la manière la plus facile, puisque les battements de la sonnerie d'avertissement y sont reproduits nettement, et que, pour les provoquer, il suffit de faire fonctionner à la main les contacts que l'on doit vérifier et qui peuvent en même temps indiquer si l'état de la pile est satisfaisant.

Applications aux arts militaires. — Depuis la découverte du téléphone, de nombreuses expériences ont été entreprises dans les différents pays, pour reconnaître les avantages que pourrait fournir son emploi à l'armée pour les opérations militaires. Jusqu'à présent ces expériences n'ont été que médiocrement satisfaisantes à cause des bruits qui existent toujours dans une armée et qui empêchent le plus souvent d'entendre; et l'on recherche pour cela avec empressement tous les moyens de rendre les bruits du téléphone plus accentués. Au moment de la découverte du microphone, on avait cru un instant le problème résolu, et plusieurs écoles militaires m'avaient demandé des renseignements à cet égard; mais je ne vois pas jusqu'ici que la question ait bien avancé sous ce rapport. Quoi qu'il en soit, le téléphone est un instrument excessivement utile dans les écoles de tir et sur les polygones d'artillerie. Avec la grande portée qu'ont aujourd'hui les armes à feu, il devenait nécessaire, pour juger de la justesse du tir, d'être prévenu télégraphiquement de la position des points frappés des cibles, et l'on avait même imaginé pour cela des cibles télégraphiques; mais le téléphone est bien préférable, et on l'emploie aujourd'hui avec un grand succès.

Si le téléphone présente des inconvénients pour le service de la télégraphie volante en campagne, en revanche, il peut être d'un grand secours pour la défense des places, pour la transmission des ordres du commandant aux différentes batteries et même pour l'échange des correspondances avec des ballons captifs lancés au-dessus des champs de bataille. Le système téléphonique adopté en France pour l'armée est celui de MM. Gower et Siemens.

Malgré les difficultés de son emploi à l'armée, des essais ont été tentés par les Russes à leur dernière guerre; le câble des fils de communication était assez léger pour être posé par un seul homme et avait de quatre à cinq cents mètres. « Le mauvais temps, dit le *Telegraphic*

Journal du 15 mars 1878, ne troubla pas le fonctionnement des appareils; mais le bruit empêchait d'entendre, et l'on était obligé de se couvrir la tête avec le capuchon d'un grand manteau pour intercepter les sons extérieurs. » Les résultats n'ont donc pas été très satisfaisants. Toutefois le téléphone peut rendre à l'armée de grands services, en permettant d'intercepter au passage les dépêches de l'ennemi; ainsi un homme résolu muni d'un téléphone de poche pourra, en se plaçant dans un endroit écarté, établir des dérivations entre le fil télégraphique de l'ennemi et son téléphone, et saisir parfaitement, ainsi qu'on l'a vu, toutes les dépêches transmises. Il pourra même obtenir ce résultat en prenant des dérivations à la terre ou sur un rail de chemin de fer. Bien des recherches sont du reste encore à tenter dans cet ordre d'idées, et il est probable que l'on arrivera quelque jour à des combinaisons tout à fait pratiques.

Applications à la marine. — L'un des plus grands avantages du téléphone est celui qu'il peut rendre à la marine pour le service des électro-sémaphores, des forts en mer, et des navires mouillés en rade. « Les essais faits entre la préfecture maritime de Cherbourg, les sémaphores et les forts de la digue, dit M. Pollard, ont fait ressortir les avantages qu'il y aurait à munir ces postes de téléphones, ce qui assurerait une communication facile entre les bâtiments d'une escadre et la terre ou entre ces navires eux-mêmes. En mouillant de petits câbles qui viendraient à la surface de la mer le long des chaînes des corps-morts et aboutiraient aux bouées ou coffres disposés en permanence dans la rade, les navires de guerre, en s'amarrant, se mettraient de cette manière en relation avec la préfecture maritime, et en mouillant temporairement des câbles légers d'un bâtiment à l'autre, l'amiral entrerait en communication intime avec les bâtiments de son escadre. »

On a essayé l'application du téléphone à bord des navires pour la transmission des ordres, mais le bruit qui existe toujours sur un bâtiment empêche d'entendre, et les résultats ont été négatifs.

C'est surtout pour les torpilles sous-marines que l'usage du téléphone peut être utile. Nous avons déjà vu le genre de service qu'il peut rendre quand il est accompagné d'un microphone; mais il peut encore être très utile pour la mise à feu des torpilles, lorsqu'il s'agit de connaître la position exacte du navire ennemi d'après deux visées faites en deux points différents de la côte.

On peut d'un autre côté, au moyen du téléphone, vérifier à chaque instant l'état des torpilles et reconnaître si la continuité du circuit au sein des amorces ne présente pas de défauts. On sait que pour faire ces vérifications, il faut employer un courant excessivement faible, et les galvanomètres ne sont pas toujours suffisants pour faire ces expériences. Or le téléphone, en raison de son extrême sensibilité, permet de les faire de la manière la plus simple et la plus facile.

M. Mac Evoy, capitaine de l'armée américaine, a eu encore l'idée de faire savoir à terre si les conditions matérielles des torpilles immergées entre deux eaux sont bonnes, en reliant au rivage les bouées qui les soutiennent par une ligne téléphonique. Si l'on place, en effet, dans la bouée qui soutient la torpille, des disques métalliques disposés de manière à entrer en vibration à chaque mouvement imprimé à la bouée par les vagues, on entendra dans le téléphone, après avoir complété le circuit téléphonique par ces disques, un bruit continu qui durera tant que les disques seront en mouvement oscillatoire, mais qui cessera aussitôt que la bouée sera enfoncée sous l'eau. On saura donc, quand cet effet se produira, qu'il provient d'une cause accidentelle ou du passage d'un navire ennemi au-dessus de la bouée.

D'un autre côté, M. Trève a montré qu'on pouvait encore employer avec avantage le téléphone pour relier télégraphiquement des navires marchant à la remorque l'un de l'autre, et M. des Portes en a fait une très heureuse application pour les recherches que l'on est souvent appelé à faire au fond de la mer à l'aide du scaphandre. Dans ce cas, on remplace une glace du casque par une plaque en cuivre dans laquelle est enchâssé le téléphone, ce qui fait que le scaphandrier n'a qu'un léger mouvement de tête à faire, soit pour recevoir des communications de l'extérieur, soit pour en adresser. Avec ce système, on peut visiter les carènes des navires et rendre compte de tout ce que l'on voit, sans qu'il soit besoin de ramener les scaphandriers hors de l'eau, comme on était obligé de le faire jusque-là.

M. de Parville, le spirituel et savant rédacteur scientifique du *Journal officiel* et du *Journal des Débats*, a aussi imaginé une nouvelle application du téléphone qui présente un certain intérêt. Il s'agit de la possibilité que le téléphone peut donner de déterminer exactement la position du méridien magnétique, c'est-à-dire la véritable direction de l'aiguille aimantée.

On prendrait pour cela un téléphone Bell, dont le noyau magnétique serait constitué par une tige de fer de 1 mètre de longueur et qui serait soutenue, par une suspension à la cardan, sous un angle d'inclinaison voisin de celui donné par la boussole d'inclinaison. Sous l'influence du magnétisme terrestre, cette tige s'aimanterait, et le téléphone pourra transmettre les bruits produits par un vibreur quelconque placé dans le voisinage de son embouchure. Ces bruits seront naturellement d'autant plus forts que l'aimantation du barreau de fer sera plus énergique, et si l'on tourne le téléphone autour de l'horizon en conservant au barreau la même inclinaison, les sons transmis dans le téléphone de réception seront *maxima* quand l'axe du

barreau sera dans le plan du méridien magnétique, et *minima*, quand il en sera à 90°. On pourra donc, par la direction qu'occupera cet axe au moment où les sons ne seront plus entendus du tout, reconnaître la direction exacte de la ligne nord-sud de l'aiguille aimantée; car elle sera donnée par la perpendiculaire à la ligne suivant laquelle est dirigé l'axe du barreau de fer en ce moment.

Il serait peut-être possible qu'avec ce système l'influence des masses de fer qui troublent d'une manière si sensible la direction de l'aiguille aimantée sur les navires en fer fût à peu près nulle, et l'on pourrait alors obtenir ainsi une orientation plus exacte que celle de la boussole.

Le même procédé permettrait d'apprécier et de mesurer les variations du magnétisme terrestre.

M. de Parville n'a pas, il est vrai, expérimenté ce système, mais les expériences de M. Blake que nous avons rapportées page 50, permettent de croire qu'il pourrait être utilement appliqué.

Applications Industrielles. — L'une des premières et des plus importantes applications qui ont été faites du téléphone est celle qui a été tentée dès l'automne de 1877, en Angleterre et en Amérique, pour le service des mines. Les galeries de mines sont, comme on le sait, souvent bien longues, et les transmissions des ordres de service avaient déjà nécessité l'emploi de télégraphes électriques; mais les mineurs sont loin d'être exercés à la manœuvre de ces appareils, et ce service laissait beaucoup à désirer. Grâce au téléphone qui permet au premier venu de transmettre et de recevoir, rien ne s'oppose plus maintenant à un échange facile de communications entre les galeries et le dehors.

On a pu aussi, à l'aide du téléphone, surveiller la ventilation dans les mines. Un téléphone étant placé près

d'une roue mise en mouvement par l'air servant à la ventilation et étant relié à un autre téléphone placé dans le bureau de l'ingénieur, celui-ci pourra constater par le bruit qu'il entendra, si la ventilation se fait dans les conditions convenables et si la machine fonctionne régulièrement.

La curieuse disposition que M. Ader a donnée au téléphone en le faisant consister dans un simple fil de fer piqué par une extrémité dans une planche, lui a permis d'en faire un objet de curiosité qui pourrait avoir son intérêt dans les expériences de physique amusante, car, par ce système, on peut faire parler des tables et des portes. Il suffit pour cela de fixer par deux vis au-dessous de la table une plaque circulaire de cuivre (d'environ 5 centimètres de diamètre sur 1 centimètre d'épaisseur), au centre de laquelle est soudé un fil de fer de 1 millimètre de diamètre sur 2 centimètres de longueur, qui porte, à son extrémité libre, un contrepoids en cuivre de 5 centimètres de diamètre sur 2 centimètres d'épaisseur, et qui est recouvert d'une bobine ayant une résistance de 1 ou 2 ohms au plus.

Si l'on emploie le parleur microphonique décrit page 145, animé par une pile Leclanché de 5 éléments du nouveau modèle, et que la résistance du circuit extérieur soit rendue très faible par l'emploi de gros conducteurs en cuivre de 2 millimètres de diamètre, on pourra, si la distance séparant le transmetteur de la table ne dépasse pas celle séparant deux appartements contigus à doubles portes, entendre la table parler à distance, et les spectateurs seront d'autant plus étonnés, que le téléphone étant caché, ils ne peuvent deviner d'où viennent les sons, qui semblent sortir du bois même de la table. Dans les conditions les plus défavorables, il suffit d'appliquer l'oreille contre la table pour entendre distinctement la parole qu'elle reproduit.

Naturellement on peut employer le même moyen pour

faire parler une porte ou un meuble quelconque, car il suffit d'appliquer derrière cette porte ou ce meuble le petit appareil téléphonique que nous venons de décrire.

Déjà M. Carpentier, successeur de Ruhmkorff, était parvenu, par un moyen analogue, à faire parler les différentes parties du chambranle d'une porte sur lequel l'appareil d'Ader avait été fixé, et cette expérience avait étonné, dans l'origine, bien des incrédules à ma théorie.

Applications aux recherches scientifiques. — Les expériences de M. d'Arsonval, que nous avons rapportées page 256, nous ont montré qu'on pouvait employer le téléphone comme un galvanoscope des plus sensibles; mais, comme cet appareil ne peut fournir des sous que sous l'influence de courants interrompus, il faut que le circuit sur lequel on expérimente soit coupé à des intervalles plus ou moins rapprochés. Il n'est même pas nécessaire, comme on l'a vu, que le téléphone soit interposé dans le circuit: il peut être impressionné à distance, soit directement, soit par l'induction du courant interrompu sur un autre circuit placé parallèlement à côté du premier, et l'on peut augmenter la puissance de ces effets par la réaction d'un noyau de fer autour duquel on enroule le circuit inducteur. Les inconvénients que l'on aurait pu reprocher à ce système étaient le sens du courant qu'il semblait ne pas pouvoir indiquer et la difficulté de l'employer comme instrument mesureur; mais, dernièrement, M. des Portes est parvenu à vaincre l'un de ces inconvénients. L'instrument est d'ailleurs tellement sensible, tellement facile à installer et si peu coûteux, qu'employé comme galvanoscope il peut rendre les plus grands services.

Pour constater le sens du courant avec le téléphone, voici le moyen que M. des Portes emploie. Il prend d'abord des téléphones dont l'embouchure s'adapte sur la coque de l'appareil à l'aide d'un pas de vis, ce qui

permet de serrer plus ou moins le diaphragme. Les boutons d'attache des fils sont marqués + et —, de manière que quand le fil positif est attaché au bouton + et le fil négatif au bouton —, le courant de la pile se trouve dirigé à travers la bobine de manière à marcher parallèlement dans le même sens que le courant magnétique de l'aimant. Au contraire, quand l'attache de ces fils s'effectue d'une manière inverse, le courant marche en sens contraire du courant magnétique. Or il arrive qu'en faisant des interruptions de courant sur le circuit ainsi disposé, les sons produits sont beaucoup plus forts quand les courants marchent dans le même sens que le courant magnétique qu'en sens contraire; mais il faut pour cela que l'embouchure soit un peu desserrée de la coque du téléphone. Si le serrage est complet, les sons sont à peu près égaux de part et d'autre. En outre de leur différence d'intensité, les sons ont encore un caractère très différent qu'il est très facile de distinguer avec un peu d'habitude. Cette différence s'accroît avec la plus grande énergie que l'on donne à la pile. Pour reconnaître le sens d'un courant continu, il suffira donc de mettre un des fils du circuit sur l'une des bornes du téléphone et de toucher l'autre borne avec le deuxième fil, recommencer la même opération en changeant les fils de borne, et examiner celle des deux dispositions qui a donné les sons les plus forts. Celle-là correspondra au courant passant dans le sens du courant magnétique de l'aimant, et l'électrode positive correspondra, en conséquence, à la borne + du téléphone, et l'électrode négative à la borne —.

Ces expériences montrent l'influence considérable que produit la pression exercée sur les bords du diaphragme par le couvercle de l'embouchure, fait déjà signalé par M. Decharme.

M. Warren de la Rue a employé aussi le téléphone dans ses recherches sur les décharges électriques des

piles de haute tension pour suivre les différentes phases de la décharge pendant les phénomènes lumineux qu'elle détermine. C'est ainsi qu'il a reconnu que quand un condensateur, mis en rapport avec une pile d'un nombre considérable d'éléments isolés, se décharge graduellement à travers un tube de Geissler, un son sourd et faible est entendu dans le téléphone tout le temps que les stratifications de la lumière restent en apparence parfaitement stables ; mais ce son augmente considérablement de force et devient quelquefois perçant à mesure que ces stratifications se diffusent et se rapprochent davantage du point de leur extinction, ce qui démontre, par conséquent, que *la décharge d'une pile dans les tubes où le vide a été fait est intermittente.*

M. Spottiswoode, qui a répété les mêmes expériences avec des décharges de machines de Holtz et de grands condensateurs, a trouvé que les bruits les plus perçants produits par le téléphone coïncidaient avec le plus grand développement des stratifications. Ces sons cependant s'éteignaient par moments. On pouvait même reconnaître, par l'intensité des sons développés, les différences de tension qui pouvaient se manifester dans la charge du condensateur et le ralentissement du mouvement de la machine, et les différences d'intensité de ces sons pouvaient, dans certains cas, dépasser une octave. Les chutes se manifestaient plus souvent par demi-tons que graduellement, et l'introduction de résistances dans le circuit modifiait beaucoup ces sons ; on pouvait même les rendre plus forts en approchant le doigt du tube de décharge.

Lors des essais que l'on a faits du téléphone entre Calais et Boulogne, on a constaté un résultat qui semblerait indiquer une application avantageuse de cet appareil à l'étude de la balistique. En effet, des expériences de tir étant faites sur la plage de Boulogne, on a placé près de la pièce de canon un téléphone, et l'on a perçu la déto-

nation à trois kilomètres (point de chute). En mesurant le temps écoulé entre la sortie du projectile et sa chute, on a pu calculer sa vitesse. Cette appréciation se fait ordinairement par l'observation visuelle de la flamme qui accompagne la sortie du projectile; mais dans certaines circonstances, telles que le brouillard ou le tir à longue portée, le téléphone remplacerait peut-être avec avantage l'observation visuelle. Sur le champ de bataille un observateur muni d'un téléphone et placé sur une éminence pourrait, à distance, rectifier le tir de sa batterie établie généralement dans un endroit abrité et moins élevé.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

LE TÉLÉPHONE BELL

UN COUP D'ŒIL HISTORIQUE.	1
-----------------------------------	---

TÉLÉPHONES MUSICAUX

Téléphone de M. Reiss.	12
Téléphone de MM. Cécil et Léonard Wray.	15
Téléphone de M. Elisha Gray.	17
Téléphone de MM. Wright et Varley.	21
Condensateur chantant de MM. Pollard et Garner.	25
Disposition de M. Janssens.	26
Expériences de M. Coulon.	27

TÉLÉPHONES PARLANTS

Téléphones à ficelle.	28
Téléphone électrique de M. Graham Bell.	55
Histoire de la découverte de M. Bell.	51

EXAMEN DES PRINCIPES FONDAMENTAUX SUR LESQUELS REPOSE LE TÉLÉPHONE BELL

Exposition de ces principes.	57
--------------------------------------	----

DISPOSITION ORDINAIRE DES TÉLÉPHONES BELL

Description et étude.	60
Différentes dispositions.	68

MODIFICATIONS APPORTÉES A LA CONSTRUCTION DES TÉLÉPHONES BELL *

Système Siemens.	75
Système Gower.	77
Système Ader.	80
Système Muller.	85
Téléphones à diaphragmes multiples.	84
Système de M. Elisha Gray.	86
Systèmes de M. Phelps.	87
Système de M. Cox-Walker.	90
Système de M. Trouvé.	91
Système de M. Demoget.	95
Système de M. Mac-Tighe.	94
Système de M. de Sars.	94

INSTALLATION DES POSTES TÉLÉPHONIQUES

Système de MM. Pollard et Garnier.	97
Systèmes primitifs.	98
Sonneries d'appel et avertisseurs.	101
Système de M. de Weinhold.	105
Système de M. Perrodon.	104
Avertisseurs à friction.	107

DEUXIÈME PARTIE

LES TÉLÉPHONES A PILE

Coup d'œil général sur les perfectionnements accomplis dans la téléphonie depuis les premiers appareils de Bell.	109
--	-----

TÉLÉPHONES A CHARBON

Historique.	119
Principe des téléphones à charbon.	121

TÉLÉPHONES HISTORIQUES

Téléphones à charbon de M. Edison.	124
Téléphones du colonel Navez.	150
Téléphone de MM. Pollard et Garnier.	155
Téléphone à réaction de M. Hellesen.	155
Téléphone à réaction de MM. Thomson et Houston.	156
Téléphone de M. Righi.	158
Autres systèmes téléphoniques basés sur l'emploi de contacts pulvérulents.	140
Électrophone de M. Ader.	142
Système téléphonique de M. Boudet de Paris.	144

TÉLÉPHONES PERFECTIONNÉS

Principes de bonne construction des transmetteurs télépho- niques.	145
---	-----

DIFFÉRENTS SYSTÈMES

Système de M. Edison.	158
Système de M. Blake.	160
Système de M. Crossley.	165
Système de M. Ader.	165
Expériences des auditions théâtrales.	168
Système de M. Boudet de Paris.	176
Système de MM. P. Bert et d'Arsoval.	180
Système de M. de Loch-Laby.	184
Système Gower-Bell.	186
Systèmes de M. Maiche.	188
Système du Dr Herz.	192

TÉLÉPHONES A TRANSMETTEURS LIQUIDES

Systèmes Richemond, Salet, Luvini et C. Résio.	200
--	-----

TÉLÉPHONES A PILES ET A ARCS VOLTAIQUES

Système de MM. Trouvé, de Lalagade, Amsler.	204
---	-----

TROISIÈME PARTIE

EXPÉRIENCES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉPHONES PARTICULIERS

Expériences sur les effets produits par les courants voltaïques et les courants induits.	207
Effets de la polarisation préventive des récepteurs téléphoniques.	215
Expériences sur les effets résultant de chocs mécaniques communiqués à différentes parties d'un téléphone.	216
Expériences de M. R. Coulon sur le condensateur chantant.	227
Effets mécaniques produits dans un noyau magnétique soumis à des actions d'aimantation.	252
Expériences de M. d'Arsonval sur la sensibilité du téléphone.	256
Expériences de MM. Demoget, Warren de la Rue, Brough, Peirce, Galileo Ferraris, Bosscha, sur l'intensité des courants développés dans le téléphone.	258
Expériences de M. Hellesen sur les effets produits par les différentes parties d'un téléphone.	241
Expériences de M. Zetzche sur la vitesse de la production des sons dans le téléphone.	242
Expériences montrant que la transmission des sons peut être faite par un téléphone appliqué sur les différentes parties du corps.	245
Expériences de MM. J. E. Watson et Ader sur des circuits ouverts.	244
Transmission simultanée et séparée de sons différents à travers un même fil.	246
Expériences de M. Crépeux sur la reproduction des sons sans récepteur téléphonique.	249
Expériences de M. Decharme sur les effets résultant du mode de fixation des diaphragmes.	250

THÉORIE DU TÉLÉPHONE BELL

Exposé de cette théorie.	251
Expériences de M. Ader.	256

TABLE DES MATIÈRES. 589

Expériences complémentaires.	260
Conclusion.	266

TÉLÉPHONES FONDÉS SUR DES EFFETS AUTRES QUE CEUX QUI SONT
EN JEU DANS LE TÉLÉPHONE BELL

Téléphone à fil de fer de M. Ader.	271
Téléphone de M. Millar.	272
Téléphone de MM. Lockwood et Bartlett.	272
Téléphone de M. Boudet de Paris.	275
Téléphone de M. Perceival-Jenns.	275
Téléphone de M. Wiesendanger.	276
Thermophone de M. Preece.	277
Téléphone chimique de M. Edison.	280
Téléphone de M. Dolbear.	284
Téléphone à mercure de M. A. Breguet.	286
Téléphone à friction de M. E. Gray.	289
Condensateurs parlants.	290
Microphones récepteurs.	297

QUATRIÈME PARTIE

INSTALLATIONS TÉLÉPHONIQUES ET APPLICATIONS DU TÉLÉPHONE

HISTORIQUE DE LA QUESTION.	299
------------------------------------	-----

EFFETS DES ACTIONS EXTÉRIEURES SUR LES TRANSMISSIONS
TÉLÉPHONIQUES

Exposé de la question et moyens d'y remédier. Expériences de MM. de Champvallier, Izarn, Zetzche, Demoget, Preece, Hughes, Edison, Jones, Maiche, Gressier, Th. du Moncel.	301
--	-----

ORGANISATION DES BUREAUX TÉLÉPHONIQUES

Considérations générales.	316
Bureaux de la Société générale des téléphones de Paris.	317
Bureaux du Merchant's Telephone Exchange Co de New-York.	339

Bureaux de la District telegraph Co de Chicago. (Système de MM. C. C. Haskins et C. H. Wilson).	544
Bureaux téléphoniques avec appareils sans pile.	555
Autres systèmes.	562

APPLICATIONS DU TÉLÉPHONE

Exposé général.	568
Applications aux usages domestiques.	570
Applications aux services télégraphiques.	571
Applications aux arts militaires.	574
Applications à la marine.	576
Applications industrielles.	579
Applications aux recherches scientifiques.	581
TABLE DES MATIÈRES.	585



