ment sur le récepteur de l'autre station. Les solutions de ce problème sont nombreuses; voici l'une des plus curieuses, qui est une application du pont de Wheatstone.

La figure 1079 représente un schéma de ce dispositif. A chaque station se trouve une pile P dont un pôle est à la terre et dont l'autre communique au manipulateur M. A partir du manipulateur le courant se bifurque en deux branches, AB, AC d'un côté, et A′B′, A′C′ de l'autre. Entre B et C d'une part et B′ et C′ d'autre part, on jette le pont sur lequel on place le galvanomètre. Enfin les branches AB et A′B′ se relient au fil de ligne, tandis que les branches AC et A′C′ vont à la terre. On peut, comme on le sait, proportionner les résistances en AB et en AC jusqu'à ce que l'intensité du courant soit nulle dans le pont. On reconnaît qu'il en est ainsi lorsque l'aiguille du galvanomètre reste au zéro. A ce moment, on n'a plus qu'à remplacer le galvanomètre par le récepteur et le duplex est monté.

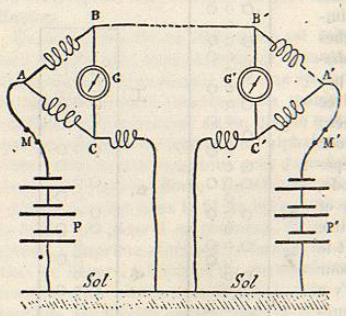

Fig. 1079.

1155. **Comparaison des divers télégraphes au point de vue de la rapidité de la transmission.** — Les résultats obtenus à l'aide de ces différents systèmes sont consignés dans le tableau suivant. On a pris pour unité le nombre de dépêches (de 20 mots) envoyées à l'heure.

Télégraphe Morse, monté en simple.		25
Le même,	— en duplex.	45
Télégraphe Wheatstone, monté en simple . . .		90
Le même,	— en duplex. . . .	160
Télégraphe Hughes,	— en simple. . . .	60
Le même,	— en duplex. . . .	110
Télégraphe Baudot, à six claviers		240

1156. **Télégraphes transatlantiques.** — On a décrit plus haut le câble sous-marin qui sert à la transmission dans le télégraphe transatlantique (1142). De la structure de ce câble et de son immense développement il résulte des perturbations qui ne permettent pas d'appliquer à la télégraphie sous-marine les télégraphes qui viennent d'être décrits. En effet, le câble sous-marin, formé de deux parties métalliques séparées par une couche isolante, n'est autre chose qu'un énorme condensateur. Par suite, lorsqu'on lance dans l'âme du câble un courant positif, par exemple, celui-ci agissant par influence sur les fils d'acier qui forment l'armature du câble, ces fils se chargent d'électricité négative, tandis que la positive est repoussée. De là des contre-courants, qui non seulement prolongent considérablement la durée de l'état variable dans l'âme du câble, mais aussi la durée de son retour à l'état neutre lorsqu'on interrompt le courant.

Systèmes sous-marins. — Pour combattre l'effet nuisible de la condensation, les physiciens anglais ont adopté deux systèmes. Dans le premier, dû à Whitehouse, au moyen d'un manipulateur inverseur à deux touches, on fait passer alternativement dans le câble un courant positif, puis un courant négatif. Un second flux, contraire au premier, vient ainsi le neutraliser aussitôt qu'il a agi sur le récepteur du poste auquel on expédie, et le câble, revenu à l'état neutre, est prêt à recevoir un second flux.

Dans le second système, dû à M. Varley, on établit dans chaque poste, entre la ligne et les appareils, un immense condensateur, d'environ 4500 mètres carrés de superficie, qui établit une solution de continuité entre la ligne et les appareils Il suit de là que, lorsque Brest, par exemple, expédie à Terre-Neuve, ce n'est pas le courant de la pile de Brest qui fait marcher le récepteur de Terre-Neuve, mais le condensateur. En effet, supposons qu'à Brest on appuie sur la touche positive du manipulateur : le flux positif qui s'élance dans le câble charge d'électricité de nom contraire l'armature du condensateur qui ne communique pas avec la pile, et repousse l'électricité de même nom que la sienne dans le récepteur de Terre-Neuve, et de là dans le sol. Or les appareils sont disposés de manière que la touche qu'on a abaissée à Brest, en se relevant, fait communiquer avec la terre l'armature du condensateur déjà en communication avec la ligne; les deux armatures se déchargent donc dans le sol aux deux extrémités de la ligne. C'est alors qu'appuyant sur la touche négative, un flux de même nom s'élance dans le câble, et le ramène instantanément à l'état neutre, ce qui permet de faire passer aussitôt un flux nouveau, positif ou négatif.

Dans cette manière d'opérer, le flux qui arrive au récepteur est extrêmement faible, $\frac{1}{100}$ environ du flux lancé dans le câble. De là la nécessité de n'employer pour récepteurs que des appareils extrêmement sensibles, condition qui est remplie par le galvanomètre de M. Thomson, lequel est tellement sensible, qu'il permet de télégraphier de Brest à Terre-Neuve avec une pile de cinq couples de Daniell; car il est indispensable ici de ne faire usage que d'un courant de ligne très faible pour réduire l'effet induisant.

1157. **Galvanomètre récepteur à réflexion de Thomson.** — L'appareil récepteur du télégraphe transatlantique est un galvanomètre à miroir de Thomson modifié par M. Varley. Son circuit est formé d'un fil de cuivre recouvert de soie, n'ayant qu'un dixième de millimètre de diamètre et faisant près de 20 000 tours ; d'où résulte une résistance considérable, en rapport avec celle que présente le câble sous-marin. Au centre est un miroir de verre *m* (fig. 1080), concave et suspendu à trois fils de cocon. Derrière le miroir est fixé un petit barreau aimanté, le tout si léger, que miroir et barreau ne pèsent pas ensemble plus d'un décigramme. L'aimant mobile *a* sert à la fois à maintenir le miroir dans une position déterminée tant que le courant ne passe pas et à rendre l'aiguille presque astatique.

A 1 mètre environ en avant du miroir est un écran E, derrière lequel est une lampe. Par une petite ouverture pratiquée dans l'écran passe un faisceau lumineux qui tombe sur le miroir, s'y réfléchit et vient projeter une image de l'ouverture sur des divisions tracées le long d'une bande de papier collée sur l'écran. Cette image revient vers l'ouverture tant que le courant ne passe pas dans le galvanomètre ; mais, dès qu'il arrive, le barreau et le miroir dévient à droite ou à gauche suivant le sens du courant, et avec eux l'image. On est convenu que les déviations à gauche donnent les *points*, et les déviations à

droite les *traits* de l'alphabet de Morse. D'après la distance à laquelle est placé l'écran, les plus légères déviations sont appréciables dans l'obscurité pour l'employé qui les observe et les inscrit ; et par ce système appliqué à la ligne décrite ci-dessus (1156) on obtient aujourd'hui la même vitesse qu'avec les télégraphes terrestres.

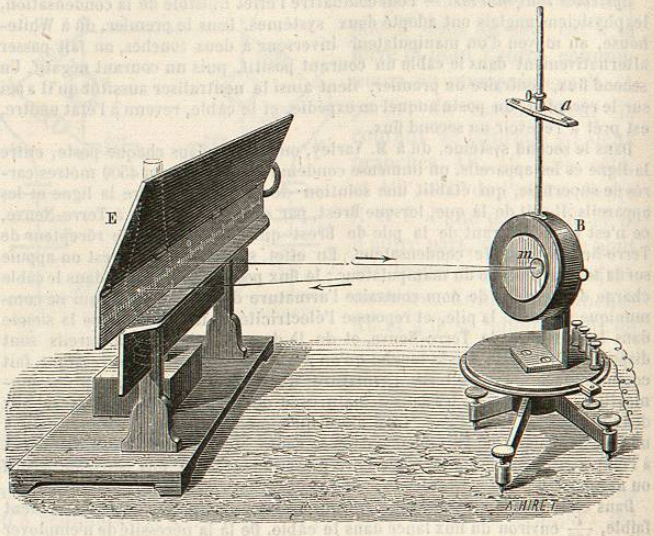

Fig. 1080.

TÉLÉPHONIE.

1158. **Définitions et classification.** — Nous avons appelé *téléphonie* l'ensemble des procédés employés pour transmettre la parole à distance à l'aide de l'électricité, et *téléphones* les appareils qui servent à cette transmission. Ce mode de correspondance présente de nombreux avantages sur la télégraphie.

1° Les frais de premier établissement sont moins élevés.

2° Les appareils sont beaucoup plus simples et beaucoup moins susceptibles de se déranger.

3° L'emploi du téléphone, n'exigeant aucun apprentissage, est à la portée du public.

4° La correspondance entre les deux postes est une véritable conversation.

Tout appareil téléphonique comprend deux organes *essentiels*, placés, l'un à la station de départ, l'autre à la station d'arrivée, et

reliés entre eux par un fil de ligne comme deux appareils télégraphiques. L'organe de la station de départ s'appelle le *parleur* ou *transmetteur ;* il est analogue au manipulateur des télégraphes ; l'organe de la station d'arrivée s'appelle le *récepteur*, comme l'organe similaire des télégraphes. Le *transmetteur* reçoit la parole de la bouche de la personne qui parle, et le *récepteur* la communique à l'oreille de la personne qui écoute.

Quoique le téléphone ne soit inventé que depuis 1876, il en existe déjà une infinité de systèmes ; mais ils peuvent se ramener tous à deux types :

1° Les téléphones magnétiques ;

2° Les téléphones à pile.

Dans les premiers, le transmetteur et le récepteur sont deux appareils identiques ; dans les autres, le transmetteur est complètement différent du récepteur.

1159. **Téléphones magnétiques. — Téléphone Bell.** — Le type des téléphones magnétiques est celui qui a été inventé le premier, en 1876, par le professeur Graham Bell, de Philadelphie.

I. *Description.* — La figure 1081 représente cet appareil à peu près en demi-grandeur, et la figure 1082 en donne une coupe lon-

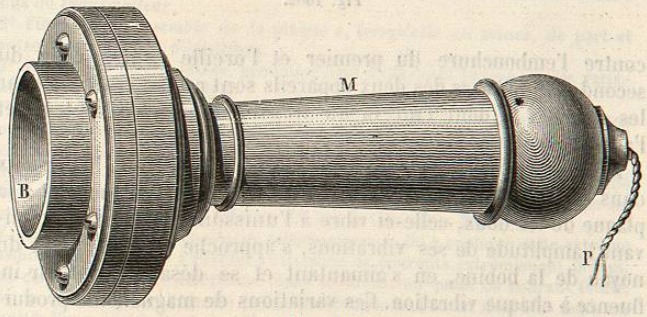

Fig. 1081.

gitudinale. L'enveloppe extérieure est un étui de bois M, terminé à une extrémité par une petite boîte de même matière, munie d'une embouchure B. Dans la boîte est une bobine *b*, formée d'un noyau de fer doux sur lequel s'enroule un grand nombre de fois un fil fin de cuivre recouvert de soie. Les deux bouts vont se relier à deux fils de cuivre plus gros *m* et *n*, recouverts de soie et de gutta-percha, et sortant en torsade à l'autre bout, en P. Entre l'embouchure et la bobine est une plaque de fer doux *o*, très

mince, très flexible et très rapprochée du noyau de la bobine, mais pas assez pour arriver en contact avec lui lorsqu'elle vibre. Enfin, sur l'autre face de la bobine est un barreau aimanté A, fixé par une vis à la pièce E, qui est elle-même maintenue par une petite plaque liée à un étui. Ce barreau aimante par influence le noyau de la bobine.

Cet organe étant pris pour *transmetteur* ou *parleur*, on se sert d'un appareil identique comme *récepteur :* on applique la bouche

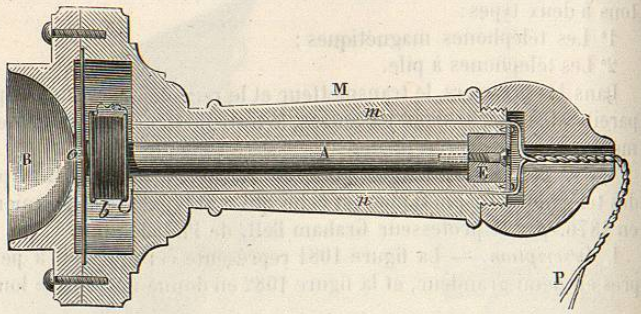

Fig. 1082.

contre l'embouchure du premier et l'oreille contre celle du second. Les bobines des deux appareils sont reliées entre elles par les deux fils P, dont l'un va du transmetteur au récepteur, et l'autre en sens contraire.

II. *Fonctionnement et théorie.* — Lorsqu'on parle à haute voix dans l'embouchure, les ondulations de l'air se transmettant à la plaque de fer doux, celle-ci vibre à l'unisson de la voix, et, suivant l'amplitude de ses vibrations, s'approche plus ou moins du noyau de la bobine, en s'aimantant et se désaimantant par influence à chaque vibration. Ces variations de magnétisme produisent dans le fil de la bobine des courants induits qui se propagent du transmetteur au récepteur dans le circuit fermé *m*, P, *n*. Ces courants, d'autant plus intenses que l'amplitude et la vitesse des vibrations sont plus grandes, passent dans la bobine du récepteur en y reproduisant les variations de magnétisme qui leur ont donné naissance, et ces variations de magnétisme elles-mêmes provoquent dans la plaque de fer doux du récepteur des oscillations semblables à celles du transmetteur : la deuxième plaque se met donc à vibrer à l'*unisson* de la première; ses vibrations se transmettant à l'air, si l'on applique l'oreille contre l'embouchure, on perçoit les sons émis à l'embouchure du transmetteur.

Ces sons seront d'ailleurs plus ou moins affaiblis, par suite d'une perte de force vive plus ou moins grande dans la transmission et la transformation du mouvement moléculaire.

III. *Objections à la théorie élémentaire.* — De nombreuses objections ont été faites à cette théorie élémentaire, qui fut admise tout d'abord à cause de sa simplicité.

Et d'abord l'on peut augmenter l'épaisseur de la plaque vibrante *o* — ce qui en diminue sensiblement l'élasticité — sans diminuer sensiblement l'intensité du son. Cela prouve que le son transmis ne provient pas uniquement des vibrations d'ensemble de la plaque élastique de part et d'autre de sa position d'équilibre, mais aussi des vibrations moléculaires qui se produisent dans l'intérieur de la masse même de la plaque.

On a démontré en outre que le son transmis ne cesse pas d'être perceptible non seulement quand on supprime la plaque vibrante, *mais même lorsqu'on enlève le noyau aimanté* (à la condition toutefois que les spires du fil ne soient pas serrées) [1].

Sans doute les sons transmis dans ces expériences sont incomparablement plus faibles que les sons transmis par l'instrument complet ; mais leur existence même démontre que le phénomène est beaucoup plus complexe qu'il ne paraît au premier abord. On doit donc attribuer les sons produits par le téléphone Bell à des causes multiples :

1° *Vibrations moléculaires* qui résultent, dans le noyau et dans la plaque, des aimantations et désaimantations successives dues aux courants induits venus du *transmetteur*.

2° *Vibrations d'ensemble* de la plaque *o*, *lorsqu'elle est mince*, de part et d'autre de sa position d'équilibre.

3° *Vibrations moléculaires*, produites dans le fil de la bobine par les variations de ces courants induits.

IV. *Sensibilité du téléphone Bell.* — On peut se faire une idée de l'extrême sensibilité de cet appareil d'après la faiblesse du courant qui suffit pour l'impressionner. L'intensité du courant produit par un téléphone Bell, pour une vibration sonore correspondante au *la* normal, est égale à celle du courant que donnerait un seul élément Daniell dans un circuit télégraphique (fil de fer de 4 millimètres de diamètre) faisant 290 fois le tour de la Terre [2].

V. *Application de la sensibilité téléphonique.* — On a appliqué cette extrême sensibilité de l'appareil à révéler l'existence de courants extrêmement faibles. Pour cela, on place un téléphone dans le circuit où passe ce courant faible, puis on coupe le circuit en un point quelconque et l'on en frotte les deux extrémités l'une contre l'autre : s'il y passe le moindre courant, on entend dans le téléphone des crachements qui correspondent à chaque ouverture ou fermeture du circuit.

VI. *Installation d'un téléphone magnétique.* — L'installation complète comprend deux appareils identiques, placés, l'un à la station de départ et l'autre à la station d'arrivée. Les deux appareils peuvent être reliés par deux fils métalliques attachés à chacun

1. R. Colson, *Traité élémentaire d'électricité.*
2. R. Colson, *loc. cit.*

d'eux; ils sont alors dans un circuit complètement fermé : c'est la disposition la plus avantageuse.

Dans le cas où la distance des deux postes est assez grande, on peut relier les deux appareils, comme des appareils télégraphiques, par *un seul fil de ligne*, à la condition de mettre à la terre le second fil de chaque appareil.

On emploie souvent aussi deux appareils à chaque station. La personne qui parle en tient un à l'oreille et l'autre à la bouche ; l'auditeur les applique tous deux à l'une et l'autre oreille, ce qui double l'intensité de la sensation.

Remarque. — Lorsque le téléphone Bell est établi dans de bonnes conditions d'isolement, le fonctionnement en est excellent; mais dans la pratique, comme les fils conducteurs des lignes un peu longues subissent des déperditions ou des perturbations nombreuses et très diverses, les courants induits et, par suite, la parole transmise arrivent au récepteur considérablement affaiblis.

1160. **Téléphones à pile. — Téléphone Ader.** — Nous prendrons pour type de ces appareils le téléphone Ader, qui est presque exclusivement employé sur les lignes téléphoniques françaises. Dans ce téléphone le récepteur est un *téléphone Bell, modifié par Ader*, tandis que le transmetteur est un appareil tout différent, qui est fondé sur le *microphone Hughes*.

1° *Récepteur*. — Le récepteur Ader est un téléphone magnétique analogue à celui de Bell.

Il s'en distingue par la forme circulaire de son aimant A qui peut servir de poignée et par l'addition d'un anneau en fer doux XX qui sert d'armure à l'aimant et en *surexcite* les réactions magnétiques. La bobine induite est partagée en deux hélices BB, enroulées chacune autour d'un pôle de l'aimant. Le diaphragme vibrant est une plaque métallique placée en face et tout près des deux pôles (fig. 1083).

Ce téléphone ne fonctionne que comme récepteur, mais il pourrait fonctionner aussi comme transmetteur, de la même manière que le téléphone ordinaire de Bell.

2° *Transmetteur microphonique*. — Le principe de ce transmetteur est le suivant : On utilise les vibrations sonores de la plaque, non plus pour engendrer des courants induits qui doivent être lancés dans le fil de ligne, mais pour produire des variations d'intensité dans un courant voltaïque provenant d'une pile locale. L'organe essentiel de ce transmetteur est le *microphone de Hughes*.

1161. **Microphone de Hughes.** — Le microphone est fondé sur ce principe que, si dans un circuit parcouru par un courant on place un téléphone, et en même temps un cylindre de charbon pouvant être ébranlé sur ses contacts, les plus légères vibrations imprimées au charbon modifient assez la *résistance* des points de contact, et par suite l'intensité du courant, pour produire des effets téléphoniques. Quoique le microphone soit tout récent, on en a déjà varié beaucoup la forme. La figure 1084 représente la plus généralement adoptée.

Sur une planchette horizontale en est fixée une seconde, traversée par deux charbons de cornue *n* et *o*, qui communiquent respectivement avec deux bornes métalliques derrière la planchette. Chaque charbon porte une cavité où s'en-

gage un charbon *c* un peu gros, long de 4 centimètres environ, et libre assez

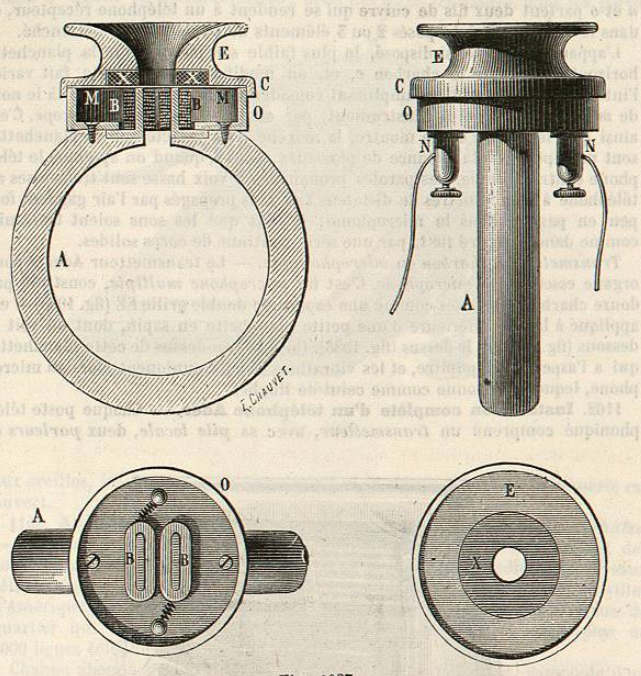

Fig. 1083.

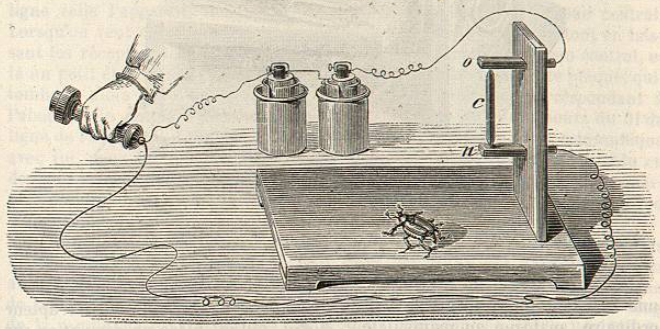

Fig. 1084.

pour pouvoir ballotter légèrement dans la cavité supérieure. Pour écarter les

vibrations extérieures, on place sous la planchette horizontale des tubes de caoutchouc ou de la ouate. Enfin, des deux bornes en contact avec les charbons *n* et *o* partent deux fils de cuivre qui se rendent à un téléphone récepteur, et dans le circuit sont interposés 2 ou 3 éléments de Daniell ou de Leclanché.

L'appareil étant ainsi disposé, le plus faible son produit sur la planchette horizontale ébranle le charbon *c*, et, en modifiant ses contacts, fait varier l'intensité du courant en amplifiant considérablement le son : de là le nom de *microphone* donné à l'instrument, par analogie avec le *microscope*. C'est ainsi que le tic-tac d'une montre, la marche d'un insecte sur la planchette, sont perceptibles à la distance de plusieurs mètres, quand on applique le téléphone contre l'oreille. Les paroles prononcées à voix basse sont transmises au téléphone à 8 ou 9 mètres de distance. Les sons propagés par l'air gagnent fort peu en passant dans le microphone; il faut que les sons soient transmis comme dans la figure 1084, par une série continue de corps solides.

Transmetteur à charbon ou *microphonique*. — Le transmetteur Ader a pour organe essentiel un *microphone*. C'est un *microphone multiple*, constitué par douze charbons, disposés comme une espèce de double grille EE (fig. 1085). Il est appliqué à la face inférieure d'une petite planchette en sapin, dont on voit le dessous (fig. 1085) et le dessus (fig. 1086). On parle au-dessus de cette planchette, qui a l'aspect d'un pupitre, et les vibrations se communiquent alors au microphone, lequel fonctionne comme celui de Hughes.

1162. **Installation complète d'un téléphone Ader.** — Chaque poste téléphonique comprend un *transmetteur*, avec sa *pile locale*, deux *parleurs* et

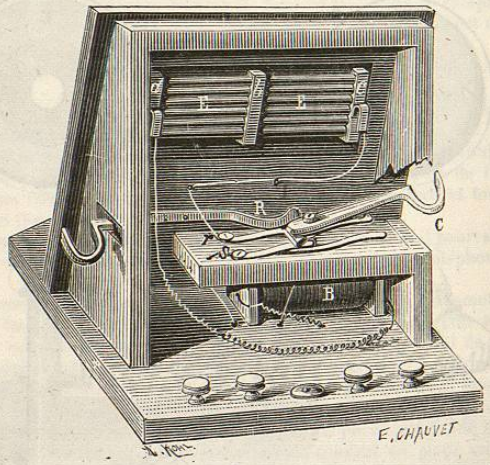

Fig. 1085.

une *sonnerie*. On voit en M le bouton de la sonnerie. C'est un interrupteur ordinaire, analogue au manipulateur Morse, qui est placé en *dérivation* sur un fil spécial dans le circuit général. En pressant le bouton à la station de départ, on ferme le circuit dérivé, on lance le courant dans la sonnerie de la station d'arrivée, qui fonctionne si les deux parleurs *sont en place* : en effet le circuit de la sonnette n'est fermé qu'autant que les deux récepteurs sont

accrochés aux crochets *c*; ils appuient alors sur deux ressorts R et S de manière à établir la communication; mais dès qu'on les enlève, pour les porter

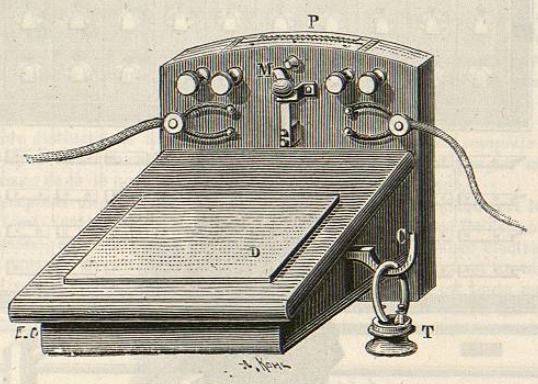

Fig. 1086.

aux oreilles, les deux ressorts se relèvent et le circuit dérivé de la sonnerie est ouvert.

1163. **Applications des téléphones à pile.** — 1° *Correspondances verbales.* — La principale application des téléphones à pile, c'est l'établissement des communications verbales entre les particuliers, par l'intermédiaire de bureaux téléphoniques. A Paris, où l'on est fort en retard sur ce point sur les villes d'Amérique, il y a déjà un bureau téléphonique central et dix bureaux de quartier qui fonctionnent régulièrement et desservaient en 1883 plus de 4000 lignes téléphoniques particulières.

Chaque abonné possède une station téléphonique complète, composée d'un *transmetteur*, de deux *récepteurs* et d'une *sonnerie d'appel;* un double fil de ligne relie l'appareil, non pas à un autre abonné, mais au bureau central. Lorsqu'on veut correspondre, on presse le bouton de la sonnerie, tout en laissant les récepteurs en place. On produit ainsi un *signal* au bureau central, et là un petit électro-aimant spécial devient actif et attire une petite plaque, qui, tombant alors avec un bruit sec, découvre un numéro, correspondant à l'abonné. Un employé accroche alors son récepteur aux deux bouts du fil de ligne de l'abonné, lui renvoie d'abord un appel de sonnerie, puis communique avec lui, pour lui demander ses ordres (fig. 1087). Dès qu'on lui a répondu en donnant le nom et l'adresse du correspondant, il envoie un appel à ce dernier, puis établit directement la communication entre les deux abonnés, au moyen d'un fil qui réunit leurs deux lignes.

2° *Auditions théâtrales.* — Parmi les applications les plus intéressantes du téléphone microphonique, il faut citer les *auditions théâtrales* qu'on avait installées, en 1881, à l'Exposition d'Électricité de Paris. Une douzaine de transmetteurs Ader étaient disposés sur la scène de l'Opéra, tout le long de la rampe, de part et d'autre du trou du souffleur (fig. 1088). Des fils de ligne souterrains reliaient chacun des transmetteurs à quatre paires de récepteurs Ader, disposés le long des murs, dans une salle du Palais de l'Industrie, une distance de 2 kilomètres. M. Ader avait établi les communications de telle manière que le téléphone droit de chaque récepteur fût relié à un transmetteur

placé du côté droit de la scène et le téléphone gauche à un transmetteur de

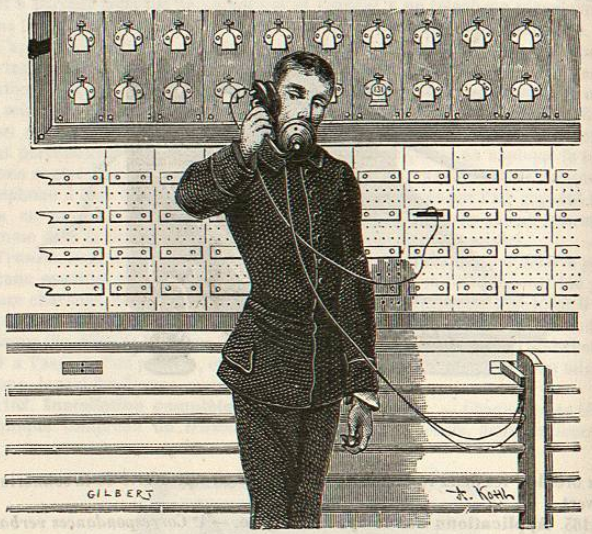

Fig. 1087.

gauche. Grâce à cette ingénieuse disposition, non seulement l'auditeur perce-

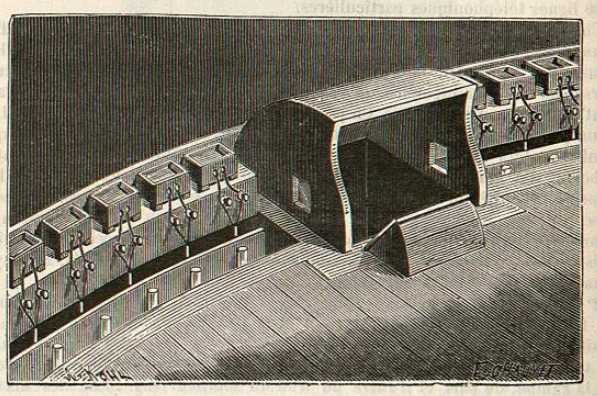

Fig. 1088.

vait les sons avec une fidélité surprenante, mais il pouvait suivre aisément,

à l'oreille, les déplacements de l'acteur, l'oreille droite ou l'oreille gauche étant plus ou moins impressionnée, suivant que le chanteur se tenait à droite ou à gauche du souffleur.

1161. **Photophone de Graham Bell.** — A la catégorie des téléphones à pile on peut rattacher le curieux appareil récemment inventé par le professeur Bell, sous le nom de *photophone*. Il est destiné, comme le téléphone ordinaire, à transmettre à distance les sons articulés, et il comporte, comme tous les systèmes téléphoniques, un *transmetteur à pile* et un *récepteur*. Ces deux organes sont déjà très différents de ceux que nous avons décrits plus haut; mais le caractère distinctif de l'appareil réside dans *la suppression complète de tout fil de ligne :* les deux stations téléphoniques ne sont reliées que *par un rayon lumineux :* de là le nom de *photophone*, donné à l'instrument.

1° *Récepteur au sélénium.* — L'organe essentiel du photophone est le *récepteur*. Il est analogue à un *parleur microphonique*, car il est fondé, comme le microphone, sur l'interposition d'une substance de résistance électrique variable dans un circuit fermé, comprenant une pile au départ, et un téléphone ordinaire à l'arrivée. Mais ici la substance microphonique est toute nouvelle : c'est du sélénium fondu à l'état dit *métallique*, et l'agent qui en fait varier la conductibilité est tout à fait imprévu : c'est la lumière.

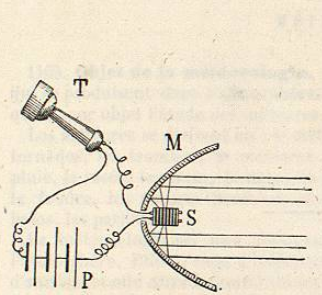

Fig. 1089.

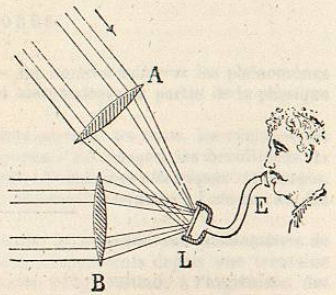

Fig. 1090.

L'appareil se compose tout simplement d'un petit cylindre de sélénium placé au foyer d'un réflecteur parabolique en cuivre argenté, et faisant partie du circuit d'une pile locale avec un téléphone de Bell (fig. 1089). Toutes les fois qu'un rayon lumineux réfléchi par le miroir vient frapper le sélénium, sa *résistance électrique est diminuée*, et cette *diminution* augmente avec l'intensité du rayon incident. Si donc on fait varier cette intensité d'une manière continue, la résistance du sélénium variera de même, et il en résultera, dans le téléphone, une suite de courants induits et des variations de magnétisme qui mettront la plaque en vibration. Si ces variations correspondent aux mouvements vibratoires d'un parleur téléphonique, elles reproduiront, dans le téléphone récepteur, des vibrations identiques, à l'intensité près, et *la parole sera transmise :* c'est précisément ce qui a lieu ici.

2° *Parleur* ou *transmetteur.* — On prévoit que cet organe ne doit nullement ressembler à celui des téléphones ordinaires, car ici il n'a pas d'autre fonction que de produire des variations d'intensité lumineuse. Il se compose simplement d'une mince lame de verre ou de mica argenté, formant miroir, fixée au fond d'une boîte téléphonique L. Sur ce miroir viennent tomber, d'une ma-

nière permanente, les rayons d'une source puissante, telle que la lumière électrique, ou mieux encore du soleil (fig. 1090). Ces rayons sont concentrés par une lentille A sur le miroir plan, et, après leur réflexion, ils sont rendus parallèles par une lentille B, convenablement placée, et viennent alors tomber sur le miroir aplanétique M, qui les concentre à son tour sur le sélénium S, placé en son foyer. Tant que la plaque est en repos, le faisceau lumineux est transmis sans la moindre variation d'intensité ; dès qu'on parle dans l'embouchure E du transmetteur, les vibrations de la voix impriment au miroir plan des déplacements et des changements de forme qui produisent des variations correspondantes dans l'intensité du faisceau réfléchi.

Cet appareil reproduit avec une grande netteté soit la parole articulée, soit les airs de musique ; mais la distance à laquelle il a pu jusqu'ici fonctionner est très faible, même quand on emploie la lumière solaire. Il est évident, en outre, qu'il ne peut servir dans les cas où il n'y a pas de corps opaque interposé entre les deux stations. Ces graves inconvénients compensent largement l'économie qu'on réalise par la suppression des fils de ligne : de sorte que les photophones, si intéressants au point de vue théorique, n'auront probablement dans la pratique qu'un emploi très limité.

MÉTÉOROLOGIE

ET

CLIMATOLOGIE

CHAPITRE PREMIER

MÉTÉORES.

1165. **Objet de la météorologie.** — On nomme *météores* les phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère, et *météorologie* la partie de la physique qui a pour objet l'étude des météores.

Les météores se divisent en : 1° *météores aériens :* les vents, les cyclones, les tornados, les trombes ; 2° *météores aqueux :* les nuages, les brouillards, la pluie, la rosée, le serein, la neige, la grêle ; 3° *météores électriques :* les orages, la foudre, les aurores boréales, et 4° *météores lumineux :* l'arc-en-ciel, les halos, les parhélies.

La météorologie est une application de la physique aux phénomènes de l'atmosphère. Elle a reçu d'importants développements depuis une trentaine d'années, et elle offre aujourd'hui au marin, à l'agriculteur, à l'hygiéniste, des applications d'un haut intérêt.

MÉTÉORES AÉRIENS.

1166. **Vents, leur cause.** — Les *vents* sont des courants aériens qui ont pour cause des différences de température et par suite de densité entre des régions de l'atmosphère plus ou moins distantes. L'air échauffé au contact du sol s'élevant par le même effet que les gaz de la combustion dans nos cheminées, il se produit une convection semblable à celle qu'on a vue se former dans les liquides chauffés par leur partie inférieure. De là des courants ascendants d'abord ; puis, se dilatant à mesure que la pression diminue, l'air se refroidit et cesse de s'élever. Les courants deviennent alors horizontaux et se dirigent, dans les hautes régions de l'atmosphère, des régions chaudes vers les régions froides ; ce sont des *vents d'impulsion*. Au contraire, dans les basses régions, l'air chaud qui s'élève faisant appel comme dans le tirage des cheminées, des courants se produisent des parties froides vers les parties chaudes ; ce sont les *vents d'aspiration*.

1167. **Direction et vitesse des vents.** — Quoique les vents soufflent dans toutes les directions, on en distingue huit principales, qui sont le *nord*, le *nord-est*, l'*est*, le *sud-est*, le *sud*, le *sud-ouest*, l'*ouest* et le *nord-ouest*. Les